

# CO<sub>2</sub> Less project: Warmtenet Bornem

Haalbaarheidsstudie kleinschalig warmtenet Breeven

**Kevin COX**

Promotor(en): Bert Vande Meerssche

Co-promotor(en): Maarten Kegels

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

Academiejaar 2017-2018



© 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 Geel, Kleinhoefstraat 4, B-2440 Geel, +32 14 80 22 40 of via e-mail [iiw.geel@kuleuven.be](mailto:iiw.geel@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

Om mijn masteropleiding industrieel ingenieur in de energie af te sluiten heb ik gekozen om deel te nemen aan het Less CO<sub>2</sub> project van Voka. Hier was mijn opdracht, gegeven door de gemeente Bornem, om de haalbaarheid van een warmtenet op houtsnippers te bekijken.

Op voorhand wist ik dat dit geen gemakkelijk onderwerp zou zijn daar het allemaal nog vrij onbekend is in België. Door de hulp van verschillende bedrijven zoals Viessmann, Logstor Carnoy, ... heb ik dit toch tot een goed einde kunnen brengen. Hiervoor zou ik dan ook alle contactpersonen willen bedanken voor hun tijd en moeite die ze erin gestoken hebben om mij verder te helpen.

Ook zou ik graag de leider van het less CO<sub>2</sub> project Chris Block en mijn promotoren Bert Vande Meerssche en Maarten Kegels willen bedanken voor hun begeleiding in het project. Zij hebben ervoor gezorgd dat ik het gewenste resultaat bereikt heb en nergens vast ben komen zitten.

Een zeer belangrijk deel van dit project is de financiële kant, hiervoor heb ik de hulp gehad van 3 laatstejaarsstudenten handelswetenschappen van de KU Leuven campus Carolus te Antwerpen. Daarom zou ik hier dan ook zeer graag Annefleur Bauwens, Siham Boucherit en Ima Houvenaghel willen bedanken voor hun fijne samenwerking met mij.

Als laatste zou ik ook mijn ouders, broer en vrienden willen bedanken om me altijd te blijven steunen doorheen mijn volledige opleidingscarrière.



# Samenvatting

Deze masterproef kadert in het Less CO<sub>2</sub> project van Voka om zo de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de bedrijven te verminderen. De gemeente Bornem streeft ernaar een energie-neutrale organisatie te zijn tegen 2020. Zij hebben mij gevraagd om een onderzoek te doen naar de haalbaarheid van een kleinschalig warmtenet met als warmtebron een houtverbrandingsketel op lokaal geproduceerde houtsnippers. Het is dus de bedoeling dat we voor dit warmtenet gebruik gaan maken van de restwarmte uit het landschap, met name door verbranding van de houtkanten. Dit warmtenet zou rond het zwembad van Bornem komen te liggen. Hierbij moet gekeken worden wat dit financieel en ecologisch op zal gaan brengen voor de gemeente.

Ik ben begonnen met te kijken hoe we dit project zullen aanpakken, waarna we alle beschikbare gegevens hebben gezocht en/of aangevraagd. Met deze algemene gegevens hebben we dus een nulmeting opgesteld die de huidige verbruikersinfrastructuur en de verbruiken weergeeft. We zijn begonnen met een verbruik van 3184MWh aardgas, dat een CO<sub>2</sub>-uitstoot vertegenwoordigt van 719ton.

Dan hebben we bekeken hoe we het leidingnetwerk kunnen aanleggen. Hierbij heb ik bekeken welk type van materiaal voor de leidingen en welk soort van leidingen we nodig hebben. Hier zijn we uitgekomen dat we een stalen dubbelbuis zullen gaan gebruiken waarbij er een detectiesysteem voorzien is voor een eventuele lekkage. Voor de juiste dimensionering zijn er ook verschillende mogelijkheden. Ik heb gekozen om een software te gebruiken van Liandon genaamd "Pipelab". Dit is een software die nog in experimentele versie is en speciaal geschreven is voor warmtenetten. Ik heb dan enkele belangrijke gegevens vanuit de software gekregen om de verdere dimensionering van de componenten te doen zoals de nodige pomp en de warmtestations. Als vermogen voor de warmtestations zijn we vertrokken uit het momenteel geïnstalleerd vermogen.

Het volgende dat we gedaan hebben is de kant van de voeding bekeken. Hier is het volledige proces van hout tot warmte benaderd en heb ik samen met Viessmann bekeken welke verwarmingsketel en toevoersystemen er moeten komen. De uitwerking van de productie van de houtsnippers moet ik niet tot mijn rekening nemen, maar daar dit toch ook een belangrijk deel van het verhaal is, heb ik dit toch kort beschreven. Voor het warmtenet hebben we hier gekozen voor een houtketel van 950kW met een houtsnipperopslag van 250m<sup>3</sup>. Deze houtsnippers worden door middel van een walking floor en vijzels toegevoerd tot de ketel.

Welke impact de houtketel op het milieu heeft werd ook bekeken. Vooral de onderwerpen CO<sub>2</sub> en fijnstof spelen een belangrijke rol voor de houtketels in het algemeen. Er worden dan ook oplossingen tot vermindering van deze emissies beschreven.

Als conclusie kunnen we stellen dat we een vermindering van CO<sub>2</sub> krijgen van 537,5ton en dat dit project financieel haalbaar is. Het project zou een netto actuele waarde hebben van iets meer dan een half miljoen euro en zal na iets meer dan 16 jaar terugverdiend zijn. De financiële haalbaarheid heb ik kort opgenomen in deze masterproef, maar voor de diepere uitwerking ervan verwijs ik graag naar de studie van de economiestudenten van de KULeuven campus Carolus, die samen met mij dit project uitgewerkt hebben [1].

# Abstract

This master thesis is part of the Less CO<sub>2</sub> project of Voka in order to reduce the CO<sub>2</sub> emissions of the companies. The municipality of Bornem strives to be an energy-neutral organization by 2020. They have asked me to carry out a study into the feasibility of a small-scale heating network fired on woodchips around the Bornem swimming pool. It is therefore the intention that we use the residual heat from the landscape for this heat network, in particular by burning the woodchips. The financial and ecological revenue has to be considered for the municipality.

We were interested by this request so we started by looking at how we could handle this project, so we started digging into all the possible avenues and available data. With the general information provided to us by the municipality and the data we collected we were able to draw up a baseline measurement that gives a good representation of the average level of consumption by the consumers. We started off our calculations with a consumption of 3184MWh of natural gas, which represents a CO<sub>2</sub> emission of 719tons.

After knowing our CO<sub>2</sub> emission we started looking at how we can build the pipeline network. Here I have looked at what type of material and what kind of pipes we need. The conclusion of this analysis is that the best pipe to use is a steel double pipe with a detection system that warns us for any potential leaks. For an correct dimensioning there are various options. I have chosen to use a software called pipelab created by Liandon. This software is created specifically for heating networks and is currently still in its beta development. With this software I was able to make a couple important conclusions to find the right dimensions for the components in our heating network, for example which pump and heating stations. As power for the heat stations we have started from the currently installed power.

Even though the process of producing the wood chips does not really matter to us, we decided to look into it, as this also is of big significance. Specifically, this involves the entire process from wood to creating the energy by heating, for which we decided to get some information with Viessmann. We considered which boiler and woodchip supply systems need to be installed to be able to sustain the system. For the heating network to be sustainable we have opted for a wood boiler of 950kW with a woodchip storage of 250m<sup>3</sup>. These woodchips are supplied to the boiler by means of a walking floor and jacks.

I have therefore looked at the impact of the wood boiler on the environment. Especially the topics CO<sub>2</sub> and particulate matter play an important role for the wood boilers in general. We have also looked at the solutions to reduce these emissions.

And as a conclusion we can state that we realize a reduction of CO<sub>2</sub> with 537,5tons and that this project is financially feasible. The project would have a net present value of half a million euros and will be recouped after 16 years. I briefly included the financial feasibility study in this master's thesis, but for its deeper elaboration I refer to the study of the economics students of the KULeuven campus Carolus, who worked out this project together with me [1].

**Keywords:** Heat network, woodchips, biomass heating, CO<sub>2</sub> reduction

# INHOUD

<b>Voorwoord</b> .....	<b>i</b>
<b>Samenvatting</b> .....	<b>ii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iii</b>
<b>Lijst van figuren en tabellen</b> .....	<b>vii</b>
<i>Lijst van figuren</i> .....	<i>vii</i>
<i>Lijst van tabellen</i> .....	<i>viii</i>
<b>Symbolenlijst</b> .....	<b>ix</b>
<b>Lijst met afkortingen</b> .....	<b>ix</b>
<b>1 Situering</b> .....	<b>1</b>
1.1 <i>Less CO<sub>2</sub>-project</i> .....	1
1.1.1 Algemeen.....	1
1.1.2 Verloop .....	1
1.2 <i>De onderneming</i> .....	2
<b>2 Plan van aanpak</b> .....	<b>3</b>
2.1 <i>Literatuuronderzoek</i> .....	3
2.2 <i>Andere warmtenetten</i> .....	3
2.3 <i>Nulmeting</i> .....	3
2.4 <i>Andere partijen</i> .....	4
2.5 <i>Uitwerking</i> .....	4
<b>3 Regio</b> .....	<b>5</b>
3.1 <i>Klein-Brabant</i> .....	5
3.2 <i>Sport- en recreatiedomein Breeven</i> .....	6
<b>4 Nulmeting</b> .....	<b>7</b>
4.1 <i>Zwembad en sportcomplex Breeven</i> .....	7
4.1.1 Gas verbruik.....	7
4.1.2 Installatie.....	8
4.2 <i>Tennisclub</i> .....	10
4.2.1 Verbruik .....	10
4.2.2 Installatie.....	10
4.3 <i>KSV Bornem</i> .....	13
4.3.1 Verbruik .....	13

4.3.2	Installatie.....	13
4.4	<i>Chalets voetbal/atletiek</i> .....	15
4.4.1	Verbruik .....	15
4.4.2	Installatie.....	16
4.5	<i>Kadee</i> .....	17
4.6	<i>Woningen</i> .....	17
4.7	<i>CO<sub>2</sub> – uitstoot aardgas</i> .....	18
4.7.1	Berekening eigenschappen Gronings gas.....	18
4.8	<i>Samengevat</i> .....	21
<b>5</b>	<b>Warmtenetwerk</b> .....	<b>22</b>
5.1	<i>Wat is een warmtenet?</i> .....	22
5.2	<i>Historische netten</i> .....	22
5.2.1	Eerste generatie.....	22
5.2.2	Tweede generatie .....	23
5.2.3	Derde generatie .....	23
5.2.4	Vierde generatie.....	23
5.2.5	Waar moeten we vandaag naartoe? .....	24
5.3	<i>Topologie</i> .....	25
5.3.1	Netwerkstructuur.....	25
5.3.2	Onderstation .....	26
5.4	<i>Warmtenetwerk Breeven</i> .....	27
5.4.1	Vergelijking enkele buizen versus dubbele buis .....	27
5.4.2	Dubbelbuis.....	30
5.4.3	Dimensionering netwerk.....	31
5.4.4	Dimensionering van de onderstations .....	32
<b>6</b>	<b>Biomassa - houtkanten</b> .....	<b>33</b>
6.1	<i>Intro</i> .....	33
6.2	<i>Oogsten en drogen</i> .....	34
6.2.1	Natuurlijke droging .....	34
6.2.2	Geforceerde droging .....	35
6.3	<i>CO<sub>2</sub>-uitstoot - Houtkanten</i> .....	36
6.4	<i>Biomassaketel</i> .....	37
6.4.1	Types .....	37
6.4.2	Emissie .....	38

6.4.3 Vermogen .....	39
6.5 <i>Stookinrichting warmtenet Bornem</i> .....	40
6.5.1 Houtketel voor de volledige warmtevraag.....	40
6.5.2 Houtketel als basisverwarming.....	41
6.5.3 Houtsnipperopslag .....	42
6.5.4 Conclusie .....	43
<b>7 Milieu</b> .....	<b>44</b>
7.1 <i>Algemeen</i> .....	44
7.2 <i>Koolstof bevattende gassen</i> .....	45
7.2.1 CO <sub>2</sub> .....	45
7.2.2 CO .....	47
7.3 <i>Stikstof bevattende gassen</i> .....	48
7.3.1 NO <sub>x</sub> .....	48
7.4 <i>Fijnstof</i> .....	49
7.4.1 Wat is fijnstof?.....	49
7.4.2 Effecten van fijnstof.....	49
<b>8 Conclusie</b> .....	<b>50</b>
8.1 <i>Technisch</i> .....	50
8.2 <i>Ecologisch</i> .....	51
8.3 <i>Financieel</i> .....	51
<b>Referenties</b> .....	<b>52</b>
<b>Bijlagen</b> .....	<b>53</b>
<b>Bijlage A</b> <b>Enquête/brief bewoners Breevendreef</b> .....	<b>54</b>
<b>Bijlage B</b> <b>Dimensioneringsrapport leidingen</b> .....	<b>56</b>
<b>Bijlage C</b> <b>Samenvatting pompgegevens</b> .....	<b>58</b>
<b>Bijlage D</b> <b>Dimensionering expansievat</b> .....	<b>59</b>
<b>Bijlage E</b> <b>Offertes componenten</b> .....	<b>60</b>

# Lijst van figuren en tabellen

## Lijst van figuren

Figuur 3-1 Positie Klein-Brabant in de provincie Antwerpen .....	5
Figuur 3-2 Houtige reststromen Klein-Brabant [1].....	5
Figuur 3-3 Luchtfoto Breeven met aanduiding potentiële actoren .....	6
Figuur 4-1 Remeha gas 610 eco - 2x8 met kenplaat .....	9
Figuur 4-2 De Dietrich GT 413 kenplaat .....	9
Figuur 4-3 Oude gasgestookte luchtverwarming met kenplaat .....	11
Figuur 4-4 Mark GSD 95 .....	11
Figuur 4-5 Remeha quinta pro 65.....	12
Figuur 4-6 Logo KSV Bornem.....	13
Figuur 4-7 Viessmann Paromat-Simplex kenplaat met voorraadvaten.....	14
Figuur 4-8 Remeha 210 ECO PRO 160 met kenplaat .....	14
Figuur 4-9 Gas convectoren kantine chalet .....	16
Figuur 4-10 Simen CV met kenplaat (links) en Junkers CelsiusPur (rechts) .....	16
Figuur 5-1 Het concept van de 4de generatie warmtenetten i.v.m. de andere generaties.....	24
Figuur 5-2 Netwerktopologieën.....	25
Figuur 5-3 Voorbeeld drukdiagram traditioneel en ringstructuur .....	25
Figuur 5-4 Effect van het waterdebiet ( $q$ ) op de warmteafgifte ( $Q$ ) procentueel bekeken .....	26
Figuur 5-5 Simplistische voorstelling van een warmtenet gekoppeld huis [6].....	27
Figuur 5-6 Sleuf voor dubbele buis (links) en sleuf voor de enkele buizen (rechts).....	28
Figuur 5-7 Dubbelbuis Logstor Carnoy .....	30
Figuur 5-8 Hydraulisch schema van een onderstation voor verwarming en SWW .....	32
Figuur 6-1 Landschapsfoto met houtkanten.....	33
Figuur 6-2 Keep it local [8].....	33
Figuur 6-3 Vochtverdeling snipperhoop na 6 maanden [8].....	35
Figuur 6-4 Biomassawerf (Steiermark, Oostenrijk) met passieve droging in open lucht .....	35
Figuur 6-5 Kringproces CO <sub>2</sub> houtverbranding [10] .....	36
Figuur 6-6 Netto uitstoot CO <sub>2</sub> voor een energieverbruik van 27MWh [11].....	36
Figuur 6-7 Onderschroefstoker.....	37
Figuur 6-8 Vlakke roosterbrander .....	37
Figuur 6-9 Trappenroosterbrander .....	38

Figuur 6-10 Jaarverbruiksprofielen per typetoepassing (jaar duurcurve) [10].....	41
Figuur 6-11 Bunker met veerarm [9] .....	42
Figuur 6-12 Bunker met bewegende bodem [9].....	42
Figuur 6-13 Opslag met silosysteem .....	43
Figuur 7-1 Beelden Paaseiland .....	44
Figuur 7-2 Molecule CO <sub>2</sub> [15].....	45
Figuur 7-3 Toename van CO <sub>2</sub> in de atmosfeer gemeten in Hawaï [12] .....	46
Figuur 7-4 CO <sub>2</sub> cyclus [13] .....	46
Figuur 7-5 Trias energetica .....	47
Figuur 7-6 Luchtvermaat bij verbranding .....	47

## Lijst van tabellen

Tabel 4-1 Verbruik zwembad verrekend met graaddagen .....	7
Tabel 4-2 Genormaliseerd verbruik kantine Sparta.....	15
Tabel 4-3 Samenstelling Gronings aardgas [2].....	18
Tabel 4-4 Berekening stookwaarde Gronings aardgas .....	20
Tabel 4-5 Berekening molaire massa en dichtheid Gronings aardgas .....	20
Tabel 4-6 Samenvatting eigenschappen Gronings aardgas .....	21
Tabel 4-7 Samenvatting Nulmeting .....	21
Tabel 5-1 Vergelijking van warmteverlies tussen een dubbele buis en enkele buizen .....	28
Tabel 5-2 Vergelijking van sleufafmetingen tussen een dubbele buis en enkele buizen .....	29
Tabel 8-1 samenvattende tabel CO <sub>2</sub> -emissie.....	51
Tabel 8-2 financiële resultaten [1].....	51

## Symbolenlijst

$\dot{m}$	Massadebiet	[kg/s]
$c$	Soortelijke warmte	[J/kg.K]
$\Delta T$	Vershil in temperatuur	[K]
$L_{th}$	Theoretische luchtbehoefte	$\left[ \frac{Nm^3_{lucht}}{Nm^3_{brandstof}} \right]$
$Q$	Warmtevermogen	[W]
$V_m$	Molair volume	[l/mol]
$\lambda$	Warmtegeleidingscoëfficiënt	[W/mK]
$\lambda$	Luchtvermaat	[]

## Lijst met afkortingen

KLE	Kleine landschap elementen
CO <sub>2</sub>	Koolstofdioxide
SWW	Sanitair warm water
MWh	Mega Watt uur
VEN	Vlaams ecologisch netwerk
OVW	Onderste verbrandingswaarde
BVW	Bovenste verbrandingswaarde



# 1 SITUERING

---

## 1.1 Less CO<sub>2</sub>-project

### 1.1.1 Algemeen

Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) is een broeikasgas dat samen met andere gassen de oorzaak is van “de opwarming van de aarde”. In de less CO<sub>2</sub>-projecten gaan studenten van de KU Leuven ondernemingen bijstaan om hun ecologische voetafdruk te verkleinen. Ze gaan door middel van suggesties de ondernemingen trachten meer laten realiseren met minder CO<sub>2</sub>-uitstoot. Dit project kadert ook perfect in het Europese energie- en klimaatbeleid. Dit beleid wil tegen 2030 een vermindering van CO<sub>2</sub>-uitstoot met 40% realiseren ten opzichte van 1990. Ook is het doel om tegen 2030 27% van de totale Europese energiebehoefte te voorzien met hernieuwbare energie technologieën.

De projecten zijn voor de studenten zeer leerrijk, op deze manier kunnen ze de theoretisch verworven kennis toepassen op bepaalde praktische cases. Ook voor de ondernemingen heeft het less CO<sub>2</sub>-project vele voordelen.

De vier belangrijkste redenen voor de ondernemingen om mee te doen aan dit project zijn:

- Het is een sociale verantwoordelijkheid: “opwarming van de aarde”
- Een verbetering van het imago
- Vermindering van de kosten: Om een vermindering te realiseren op het gebied van CO<sub>2</sub> is het vaak zo dat er een besparing zal zijn op vlak van energie.
- Gratis: Het kost de onderneming niets om aan het project deel te nemen, enkel de moeite van een werknemer die de studenten begeleid. Hiervoor krijgen ze dan in de plaats een volledig uitgewerkt dossier (zowel technisch als financieel)

### 1.1.2 Verloop

Zoals hoger geschreven is dit een project tussen verschillende partners. Afgestudeerde ingenieursstudenten werken samen met laatstejaars economiestudenten onder begeleiding van de door school toegewezen promotor en een externe promotor van de onderneming. De ingenieursstudenten bekijken welke verbeteringen er kunnen gebeuren om zo het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-uitstoot te kunnen verminderen. De economiestudenten gaan op hun beurt (2 maanden later) aan de slag met de maatregelen die zouden geïmplementeerd kunnen worden. Zij bekijken of dit financieel wel gunstig is voor de onderneming. Dit tezamen geeft een goed beeld aan de onderneming van wat er technisch en financieel haalbaar is. Tijdens dit project komen alle betrokken personen tezamen op de zogenaamde kenniskringen om aan elkaar de stand van zaken te geven en eventuele ideeën op te doen van de andere projecten. Dit gebeurt door middel van korte presentaties gegeven door de studenten.

Tijdens de volledige looptijd van de projecten zijn er ook 2 infosessies in bedrijven die de studenten mogelijks kunnen helpen om een goed resultaat te bekomen. Dit jaar is de eerste infosessie geweest bij Viessmann in Zaventem. Hier hebben ze kort gezegd wie ze zijn en wat ze voor ons kunnen betekenen, waarna ze nog wat extra uitleg hebben gegeven rond hun producten. De tweede infosessie vond plaats in de Big Blue van Van Marcke in Zaventem. Hier heeft Mr. Prinzie ons in een snel tempo alles uitgelegd rond warmtenetten. Hierbij hebben we ook een rondleiding gekregen in het gebouw dat zeer energetisch uitgerust is.

## **1.2 De onderneming**

De onderneming die een onderzoeksvraag gesteld heeft die leidt tot deze masterproef is de gemeente Bornem. De gemeente Bornem streeft ernaar een energie-neutrale organisatie te zijn tegen 2020. Zij hebben mij gevraagd om een onderzoek te doen naar de haalbaarheid van een kleinschalig warmtenet gestookt op hout afkomstig van houtkanten rond het zwembad van Bornem. Het is dus de bedoeling dat we voor dit warmtenet gebruik gaan maken van de restwarmte uit het landschap, met name door verbranding van de houtkanten. Hierbij moet gekeken worden wat dit financieel en ecologisch op zal gaan brengen voor de gemeente.

De provincie en VITO hebben ervoor gekozen hebben om in 2017 in de regio van Klein Brabant een grootschalig onderzoek te doen naar energie uit restwarmte en de potentie van warmtenet(ten) in Bornem. Vooral rond dit laatste hebben zij samen met de gemeenten Puurs en Sint-Amands reeds heel wat gedaan. Helaas zijn de besprekingen vroegtijdig moeten stopgezet worden daar er te weinig potentiële restwarmtebronnen uit de industrie zijn om een rendabel warmtenetwerk uit te kunnen bouwen. Dit staat echter los van de onderzoeksvraag, maar zou eventueel interessant geweest kunnen zijn om daarop aan te kunnen sluiten.

## 2 PLAN VAN AANPAK

---

### 2.1 Literatuuronderzoek

We beginnen met een literatuuronderzoek. Warmtenetten is voor mij nog een vrij onbekend onderwerp waar ik nog veel over moet leren en waar nog wel wat opzoekingswerk voor nodig is. Het verbranden van hout lijkt op het eerste zicht vrij simpel en men heeft mij verteld dat ik me geen zorgen moet maken waar de houtsnippers vandaan komen, maar het lijkt me toch heel nuttig om in die richting genoeg informatie op te zoeken. De informatie die ik wens te verkrijgen gaat voornamelijk over warmtenetten en stoken op hout, maar ook het proces voor het verkrijgen van het hout als brandstof lijkt mij een nuttige en nodige aanvulling voor het project.

### 2.2 Andere warmtenetten

Een ander deel voor het verwerven van informatie rond het hele project is het in werkelijkheid zien van bestaande voorbeelden. Door andere warmtenetten onder de loep te nemen kan ik zien hoe deze praktisch verwezenlijkt zijn en advies krijgen over hoe het beter gedaan zou kunnen worden. Het is echter ook heel fijn voor mij om de theorie die ik haal uit de lessen, cursussen en andere wetenschappelijke werken eens te zien in de praktijk.

Eén van de bestaande warmtenetten is het warmtenet in Bocholt. Dit warmtenet is het eerste, en voor zover dat we weten het enige warmtenet in België dat aangestookt wordt met houtkanten. Hier ben ik ook eens gaan kijken om te weten hoe zij dat aangepakt hebben en wat er beter kan. Naast het bezoek aan de installatie zelf om van start te kunnen gaan ben ik ook naar de question & answer event geweest waar het totale project door de verantwoordelijke uit de doeken gedaan werd. Hier werd minder diep ingegaan op de technische kant, maar meer naar het landschapseffect.

### 2.3 Nulmeting

Om verbeteringen aan te brengen moeten we de huidige stand van zaken kennen. In dit geval gaat het over de verwarming van gebouwen en sanitair warm water van verschillende gebouwen gelegen in het sport- en recreatiedomein Breeven. Daarom zal ik mijn nulmeting vooral richten op de elementen die eenvoudig gerealiseerd kunnen worden door het potentiële warmtenetwerk van het domein. Hierbij hebben we gelet op de manier van verwarmen, op welke locatie de verwarming staat en waar we het warmtenet op kunnen aansluiten. Daarnaast hebben we getracht een correct verbruik toe te kennen aan de gebouwen. De verbruiken komen uit verkregen Excels en facturen. Dit omwille van het feit dat zelf een gedetailleerd profiel van iedere gebruiker opstellen in dit geval te veel tijd zou innemen en toch niet voldoende meerwaarde zal creëren voor het project. Met deze gegevens kunnen we dan geschikte verwarmingstoestellen toewijzen aan de gebruikers, alsook de besparingen in kaart brengen van de CO<sub>2</sub>.

## **2.4 Andere partijen**

De vraag voor het warmtenetwerk gestookt op houtkanten komt volledig van de gemeente Bornem, maar tussen en rond de gebouwen in eigendom van de gemeenten liggen nog andere mogelijke partijen die misschien mede een rendabel netwerk mogelijk kunnen maken. Vanzelfsprekend is het niet de bedoeling van de gemeente om hier enkel financiële voordelen uit te halen, maar ook ecologisch beter te scoren. Het imago is ook zeer belangrijk, het naar de buitenwereld kunnen zeggen en laten zien dat ze een “energie neutrale” gemeente zijn. Het zou dus fijn kunnen zijn als er meerdere partijen deel zouden willen nemen waardoor het een grootse samenwerking wordt. Deze andere partijen zijn een combinatie van grote en kleine afnemers zoals de tennisclub met zijn grote hal, de woningen tegen het domein, ...

Naast de potentiële afnemers van het project moeten we ook zorgen voor de houtsnippers. Hiervoor hebben we nood aan partijen zoals agrobeheergroepen en mensen van het regionale landschap. Zonder hen zal het vrijwel onmogelijk zijn om een rendabel project op te stellen.

## **2.5 Uitwerking**

Als we weten van waaruit we vertrekken (de nulmeting) en waar we naartoe willen gaan, kunnen we stilaan alles beginnen uitwerken. In eerste instantie kort geschetst welke de potentiële mogelijkheden zijn om ons doel te bekomen. Als we dan exact weten hoe we het gaan doen, zal dit in detail uitgewerkt worden. Indien men dan het project in de uitvoeringsfase wil brengen is het duidelijk wat er juist nodig is. Alle tussentijds bekomen resultaten zullen ook altijd gebriefd worden naar de gemeente en alle andere betrokken partijen zodanig dat deze altijd weten waar ik mee bezig ben en zo stap voor stap weten wat ik ga doen. Dit is nodig zodat er ingegrepen kan worden als ik een pad insla wat niet de bedoeling is en men mij misschien al extra informatie kan geven die uit vorige onderzoeken voortgekomen zijn.

## 3 REGIO

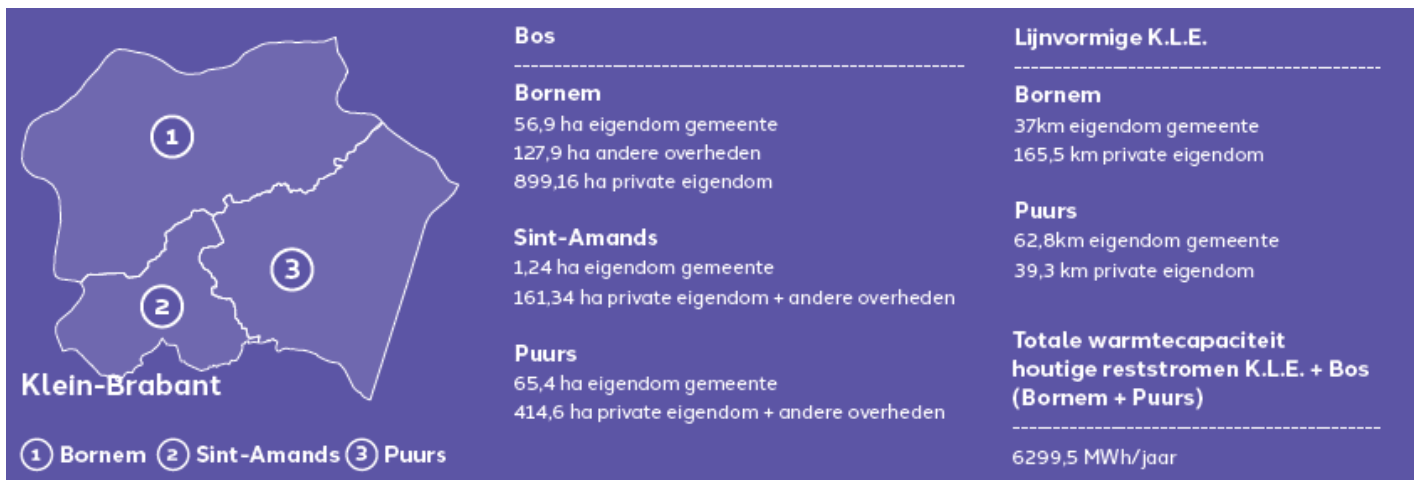
### 3.1 Klein-Brabant

Klein-Brabant is een streek in Vlaanderen die gelegen is tussen de Schelde en de Rupel. Het is dus helemaal zuidwestelijk gelegen in de provincie Antwerpen. De huidige vorm van de streek Klein-Brabant wordt gevormd door de 3 gemeenten Bornem, Puurs en Sint-Amands. De streek wordt gekenmerkt door zijn natuurlijk landschap, bestaande uit de vele akkers, polderweides en uitgestrekte bossen.



**Figuur 3-1 Positie Klein-Brabant in de provincie Antwerpen**

De brandstof, met name houtsnippers van de houtkanten, die we zullen gaan gebruiken voor het warmtenet zijn afkomstig uit dit gebied. Uit een studie van Living Lab een paar jaar geleden toont aan dat er een totale warmtecapaciteit van houtige reststromen is van 6299,5MWh/jaar. Van deze warmtecapaciteit in reststroom is er 1256MWh/jaar in eigendom van de gemeenten en 5043MWh/jaar in private eigendom. In deze studie is er enkel gekeken naar de houtkanten als product zelf om te verkopen en niet zo zeer naar de verbranding in eigen beheer. [2]



**Figuur 3-2 Houtige reststromen Klein-Brabant [1]**

Naast de huidig bestaande houtreststroom is er ook nog veel mogelijk potentieel. We zouden tot ongeveer 1645MWh/jaar extra kunnen verkrijgen door de aanplant van lijnvormige KLE (Kleine landschap elementen) tussen en aan de randen van VEN-gebieden (Vlaams ecologisch netwerk), langs waterlopen, een raster van paden te creëren voor wandelaars en fietsers, ...

Deze maatregelen zijn niet enkel positief voor de energietoepassingen, maar hebben ook voordelen op ecologisch gebied. Het ecologisch aspect ervan wordt verder in dit document beschreven.

## 3.2 Sport- en recreatiedomein Breeven

In de landelijke gemeente Bornem bevindt zich het sport- en recreatiedomein Breeven. Dit is een 65ha groot park met een overdekt zwembad, een ruime sporthal met 2 squashlokalen en een indoorklimmuur. In het park is er ook nog een speeltuin, lig- en speelweiden, sportterreinen, hengelgelegenheid en kan men er aan minigolf doen. Het warmtenet waarover deze masterproef gaat zal in dit domein komen te liggen als het een haalbaar project is.



**Figuur 3-3 Luchtfoto Breeven met aanduiding potentiële actoren**

Het warmtenet zal de bovenstaande actoren met elkaar verbinden en zal dan een lengte hebben van ongeveer 1000m naargelang welke actoren in dit project mee willen gaan. Naast de potentiële actoren die we op Figuur 3-3 zien is er ook een mogelijkheid om de bewoners rond het domein mee te laten participeren en zo eventueel het rendement van het warmtenetwerk te verbeteren. Dit zou mogelijk kunnen zijn doordat we minder lange afstanden moeten afleggen tussen de verschillende actoren en kleine verbruikers betalen meer per energie-eenheid dan grote afnemers. Zo zou het kunnen dat de terugverdientijd hiermee verkort en we een betere NAW (netto actuele waarde) krijgen. De bekomen resultaten hiervan kan u verder in dit document terugvinden.

## 4 NULMETING

---

Om dit project op een goede manier aan te vangen, moet het geweten zijn van waar men vertrekt. Men moet zich goed realiseren wat er precies gemeten/geanalyseerd moet worden. In eerste instantie is het niet de bedoeling om besparingen door te voeren op energetisch vlak, maar in het kader van het CO<sub>2</sub>-less project tracht men vooral een vermindering te realiseren op de uitstoot van het koolstofdioxide gas. In dit project wordt er enkel de verwarming en SWW onder de loep genomen en zijn metingen op elektrisch gebied niet van toepassing.

Als nulmeting is er dan ook bij alle mogelijke afnemers gekeken op welke manier men verwarmt en werden zowel de vermogens als de verbruiken opgelijst. Met deze gegevens kunnen er dan geschikte verwarmingstoestellen toegewezen worden aan de verbruikers, alsook de besparingen in kaart gebracht worden. Door een gebrek aan tijd is het echter niet mogelijk om de metingen uit te voeren. De nulmeting is dus gebaseerd op de facturen van de afgelopen 3 jaren indien deze beschikbaar waren. Hiervan is dan het gemiddelde genomen als referentiepunt. Het uitvoeren van metingen op het verbruik zou ook weinig meerwaarde bieden voor deze masterproef om een juist besluit te kunnen trekken.

### 4.1 Zwembad en sportcomplex Breeven

Het zwembad en sportcomplex is de grootste en dus ook de belangrijkste verbruiker van het volledige netwerk om te bekijken. Het is daarom dan ook dat de stookplaats van het netwerk, samen met de buffer met de houtsnippers hier in de buurt geplaatst zal worden. Op deze manier bespaard men op de leidingen omdat er dan kleinere diameters gekozen kunnen worden.

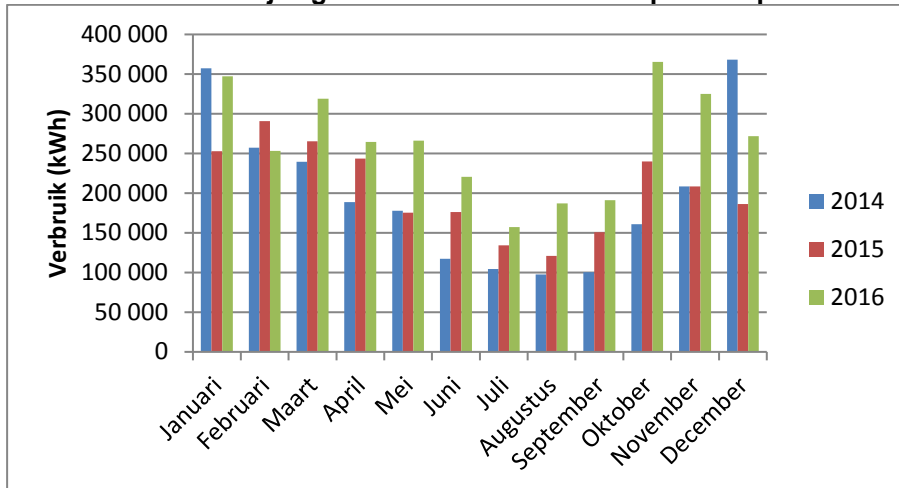
#### 4.1.1 Gasverbruik

Het gasverbruik wordt maandelijks opgenomen en verwerkt in een Excel werkblad. De verkregen gegevens beslaan de laatste 3 volledige jaren. Het overzicht van deze gegevens zijn verwerkt in Grafiek 4-1. Deze verbruiken zijn werkelijke waarden en zeggen dus weinig over de situatie buiten. Voor het vergelijken van de verbruiken overheen de verschillende jaren wordt er vaak gebruik gemaakt van graaddagen. In dit geval is het zeer moeilijk omdat er in deze gegevens ook het sanitair warm water (SWW) opgenomen is en we er niet vanuit kunnen gaan dat dit constant blijft. We hebben er toch eens de graaddagen bijgenomen en hebben de gegevens verwerkt in Tabel 4-1. We zien dan dat in 2015 het gebouw zuiniger was dan de overige jaren.

**Tabel 4-1 Verbruik zwembad verrekend met graaddagen**

Jaar	Verbruik [m <sup>3</sup> ]	Graaddagen	M <sup>3</sup> /GD
2014	227612	1829	124
2015	225273	2112	107
2015	289210	2329	124

**Grafiek 4-1 Maandelijks gasverbruik zwembad en sportcomplex**



Als we dat dan verwerken in een gemiddeld jaarlijks verbruik, wordt een verbruik van 247365m<sup>3</sup>/jaar aardgas of een energie equivalent van 2664MWh/jaar bekomen. Het verbruik zou over 2 jaar redelijk kunnen gaan dalen doordat het huidige ventilatiesysteem zonder warmterecuperatiesysteem vervangen zal worden door één met warmterecuperatiesysteem.

#### 4.1.2 Installatie

De verwarming gebeurt momenteel door middel van twee gasketels die centraal in de kelder van het gebouw gelegen zijn. De ketels hebben tezamen een vermogen van 1633kW en zorgen naast de behoefte aan verwarming van de ruimte en het zwembadwater ook voor de productie van het SWW.

##### 4.1.2.1 Remeha gas 610 eco - 2x8

De Remeha gas 610 eco ketel is de recentste ketel van de twee. Het is een condenserende gasketel met een gebruiksrendement (Hi) van 108,9%. De ketel draagt hierdoor dan ook het HR TOP-label.

Hij is symmetrisch opgebouwd uit twee gelijke delen die elk een eigen warmtewisselaar, ventilator en besturing hebben. Hij is zo gebouwd dat er gemakkelijk onderhoud en herstellingen aan kunnen gebeuren. Dit komt doordat de buitenmantel bestaat uit losse platen die eenvoudig verwijderd kunnen worden en doordat de servicegevoelige onderdelen zo geplaatst zijn dat men er gemakkelijk bij kan.

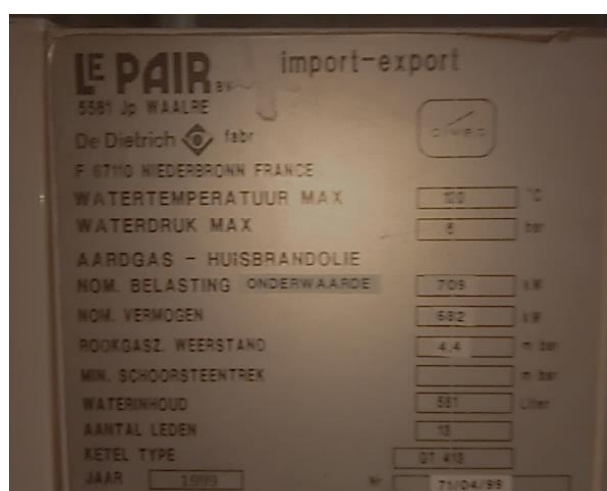




Figuur 4-1 Remeha gas 610 eco - 2x8 met kenplaat

#### 4.1.2.2 De Dietrich GT 413

Deze ketel van 1999 heeft een vermogen van 709kW. Hij wordt gebruikt als hoofdketel doordat er op die manier een hoger rendement zou bereikt kunnen worden. Aan het rookgaskanaal is een warmtewisselaar geplaatst die een deel van de warmte recupereert die anders door de rookgassen verloren zouden gaan.



Figuur 4-2 De Dietrich GT 413 kenplaat

## 4.2 Tennisclub

Een tweede grote verbruiker is de tennishal. Dit gebouw is niet in beheer van de gemeente Bornem, maar ze waren zelf al aan het rondkijken om de verwarming van het gebouw te vernieuwen. Dit maakt dat zij willen participeren in het warmtenetwerk als wij hun een aantrekkelijk voorstel kunnen bieden. De tennishal ligt relatief kort tegen de Breevendreef, de straat met woningen die we ook willen betrekken in het project om zo minder meters te moeten afleggen zonder afname.

### 4.2.1 Verbruik

Doordat de tennisclub niet in beheer is van de gemeente was het bekomen van de verbruiken iets moeilijker. We hebben één factuur ter beschikking gekregen van 2015-2016. Daaruit kunnen we halen dat de tennisclub dat jaar een verbruik had van 22687m<sup>3</sup> aardgas met een energie equivalent van 231059kWh. Een ander interessant gegeven uit de factuur is dat ze dat jaar 7631,54€ betaald hebben voor het gas. Dus voor het gas betalen ze op dit moment 33,03€/MWh exclusief BTW. Deze prijzen zijn iets lager dan de gasprijzen voor particuliere klanten. Dit zorgt er dan ook voor dat het moeilijker is om een rendabel project op te zetten.

### 4.2.2 Installatie

De verwarming van dat gebouw gebeurt door verschillende systemen die tezamen een vermogen hebben van 400kW. De systemen zijn verdeeld over het volledige gebouw. De tennishallen worden verwarmd tot 16°C door middel van luchtverwarming gestookt op gas. Voor de kantine en kleedkamers wordt er gebruik gemaakt van centraal gelegen condenserende gaswandketels.

#### 4.2.2.1 *Oude gasgestookte luchtverwarming*

In de linker tennishal, tevens de grootste van de twee, hangen twee identieke luchtverwarmingssystemen. Deze zijn ongeveer 30 jaar oud. Door de leeftijd wordt er verondersteld dat het rendement niet optimaal is en dat er zo een te groot deel van de warmte door de schoorsteen naar buiten verloren gaat. Elk hebben ze een nominaal globaal vermogen van 97,7kW. Bij deze hal wordt er getracht een temperatuur te behouden van 16°C om zo zuiniger om te springen met het gas en dat dit voldoende is als men actief tennist.



**Figuur 4-3 Oude gasgestookte luchtverwarming met kenplaat**

#### 4.2.2.2 **Mark GSD 95**

In de kleinere tennishal hangt er ook een gasgestookte luchtverwarming. Deze is van het merk Mark en is al een opvolger van de vorig beschreven luchtverwarming. Toch heeft dit verwarmingssysteem al een leeftijd van ongeveer 15 jaar. Het vermogen dat deze kan afleveren is 91,8kW. Dit verwarmingssysteem is eigenlijk nog te nieuw om zomaar te vervangen, maar indien men optimaal gebruik wil gaan maken van het warmtenet is men toch verplicht om over te stappen naar een systeem op water.



**Figuur 4-4 Mark GSD 95**

#### 4.2.2.3 *Vaillant VHR BE45S 45kW*

Voor de verwarming van de kantine maken ze gebruik van een condenserende gaswandketel van Vaillant in combinatie met radiatoren. Deze ketel is nog heel nieuw. Hij is ongeveer 4 jaar geleden geplaatst. Deze ketel nu al vervangen is economisch niet zinvol. Het is aangeraden om als het warmtenetwerk aangelegd wordt de ketel tot einde levensduur te gebruiken en daarna over te schakelen naar het warmtenetwerk. Door het kleine verbruik gaat dit niet veel verschil maken op de haalbaarheid van het warmtenetwerk.

#### 4.2.2.4 *Remeha quinta pro 65*

Voor de kleedkamers is er een aparte ketel voorzien. Deze zorgt samen met een extern voorraadvat van 260l voor het warme water in de kleedkamers. Deze ketel is ook nog te recent om te vervangen. Pas vanaf het moment dat de ketel versleten is, wordt aangeraden om over te gaan naar het systeem van het warmtenetwerk. We gaan het financieel volledig doorrekenen of het eventueel voor de tennisclub nu al interessant is om over te gaan of beter later pas over te stappen.



**Figuur 4-5 Remeha quinta pro 65**

## 4.3 KSV Bornem

De kantine en kleedkamers van de voetbalclub hebben ook een redelijk gasverbruik. Deze zijn wel in het beheer van de gemeente en zouden indien mogelijk ook betrokken kunnen worden in het warmtenet. De voetbalclub bestaat uit 2 verschillende gebouwen, één links en één rechts van het voetbalveld die elk een eigen verwarmingssysteem hebben. Hiervoor zullen we dan ook voor het warmtenet voor elk gebouw een eigen aftappunt plaatsen.



**Figuur 4-6 Logo KSV Bornem**

### 4.3.1 Verbruik

Om het jaarlijks verbruik te bepalen van de voetbalclub is juist dezelfde werkwijze gebruikt dan bij het zwembad en sportcomplex. Het gemiddelde verbruik is berekend uit de verbruiken van drie volledige. We krijgen dan een gemiddelde van 21612m<sup>3</sup> aardgas met een energie equivalent van 216190kWh. Het gebruik maken van graaddagen om een gemiddelde te verkrijgen hebben we niet gebruikt omdat er bij de verbruiken een zeer groot deel bestaat uit sanitair warm water die we niet uit het gasverbruik kunnen halen. Daarom denken we dat een wiskundig gemiddelde over de 3 jaar correcter is.

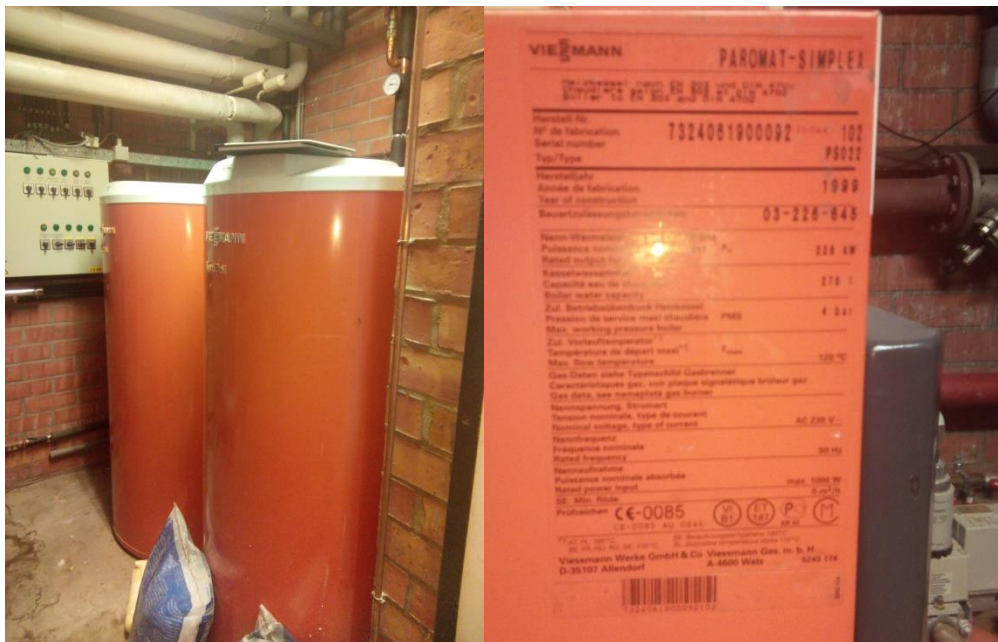
### 4.3.2 Installatie

De voetbalclub maakt gebruik van 2 verschillende ketels, één in elk gebouw. Om alles te verwarmen maken hebben ze een nominaal vermogen van 420kW beschikbaar.

#### 4.3.2.1 Viessmann Paromat-Simplex

Om de kleine kantine en de kleedkamers aan die kant van het veld te verwarmen is er een ketel van Viessmann geïnstalleerd, een Paromat-Simplex met een nominaal vermogen van 225kW. Er wordt ook gebruik gemaakt van 2 grote voorraadvaten bij de productie van het sanitaire warme water. De ketel is geïnstalleerd in 1999 en heeft dus een leeftijd van 19 jaar. Tijdens het bekijken merkten we dat er veel van de opgewekte warmte verloren gaat naar de omgeving. Het was de warmste stookplaats die we bekeken hadden. Door deze installatie te vervangen kan er waarschijnlijk een redelijk stuk op het verbruik bespaard worden. We gaan het verschil echter pas kunnen waarnemen als het warmtenet geïnstalleerd is. Dit omdat de berekening voor de nodige warmte van het gebouw ons te ver zou leiden.





Figuur 4-7 Viessmann Paromat-Simplex kenplaat met voorraadvaten.

#### 4.3.2.2 Remeha 210 ECO PRO 160

Aan de andere zijde van het veld, bij de grote kantine en kleedkamers, staat de tweede ketel. Dit is een ketel Remeha 210 ECO PRO 160 die nog zeer recent geïnstalleerd is (2016). Het is een condenserende gasketel met een nominaal vermogen van 166kW. Eigenlijk is het vernieuwen van de stookplaats hier helemaal niet van toepassing, maar we gaan bekijken wat voor financiële gevolgen het zal hebben indien we dit toch doen.



Figuur 4-8 Remeha 210 ECO PRO 160 met kenplaat

## 4.4 Chalets voetbal/atletiek

Verder in het domein Breeven liggen er nog 2 houten chalets, degene het kortste bij de straat fungeert enkel als kleedkamers en degene bij de atletiekbaan is een kleine kantine. De afstand tot de andere gebouwen die aangesloten zouden kunnen worden op het warmtenet is aan de grote kant waardoor de zekerheid er nog niet is dat we deze mee gaan nemen in het project. Maar ook hier zullen we moeten zien wat de gevolgen zullen zijn indien we dit wel doen.

### 4.4.1 Verbruik

#### 4.4.1.1 *Kantine chalet*

Voor de kantine is het gasverbruik enkel en alleen voor de verwarming. Om hier een jaarlijks verbruik op te plakken hebben we het opgegeven verbruik omgerekend naar een normaal verbruik op basis van het aantal graaddagen van dat jaar. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van belangrijkste de waarden.

Tabel 4-2 Genormaliseerd verbruik kantine Sparta

	Werkelijk verbruik		Graaddagen	Genormaliseerd verbruik	
	m <sup>3</sup> /jaar	kWh/jaar		m <sup>3</sup> /jaar	kWh/jaar
2014	1243	13399,54	1828	1564,6	16866,7
2015	1631	17582,18	2112	1777,0	19155,6
2016	1716	18498,48	2330	1694,6	18268,2
			<b>Gemiddelde:</b>	1678,7	18096,8

Enkel het aantal m<sup>3</sup> gas op jaarbasis verkregen voor de laatste 3 volledige jaren. Deze zijn dan omgerekend naar een energetisch equivalent door het aantal m<sup>3</sup> aardgas te vermenigvuldigen met 10,78kWh/m<sup>3</sup> gas. Dit getal komt uit de verwerking van de verkregen gegevens van het zwembad.

Het normaal aantal equivalente graaddagen waarmee gerekend werd (2301) is geldig vanaf 1 januari 2016 en beslaat de periode 1986-2015.

#### 4.4.1.2 *Kleedkamer chalet*

De tweede chalet gebruikt het gas zowel voor de verwarming als het sanitair warm water. Het sanitair warm water is een zeer groot deel hiervan en de afname is niet constant waardoor we hier niet kunnen werken met graaddagen. We rekenen hier dus met een gewoon wiskundig gemiddelde van de 5 laatste volledige jaren. Het gemiddeld verbruik is hier dan 3297,6m<sup>3</sup> aardgas of een energie equivalent van 35548kWh.

## 4.4.2 Installatie

### 4.4.2.1 *Kantine chalet*

Deze chalet wordt verwarmd door middel van 2 gas convectoren van 3,5kW en 7kW. Dit zijn wel 2 oude toestellen, maar nog in een werkende functie. Men kan deze vervangen door een nieuw model en zo werken met een hoger rendement. Of dit rendabel is zullen we op het einde van de masterproef weergeven.

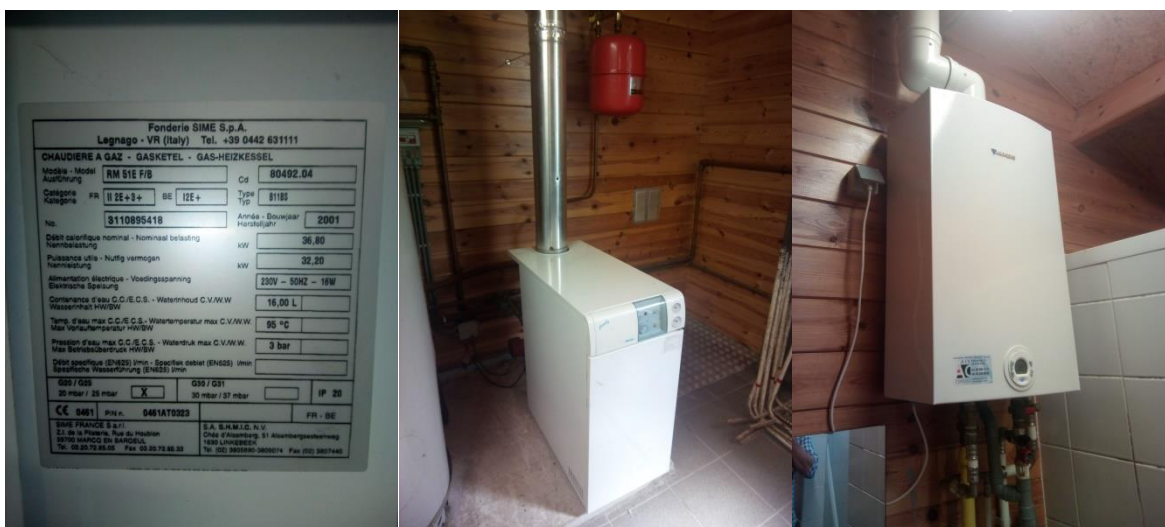


Figuur 4-9 Gas convectoren kantine chalet

### 4.4.2.2 *Kleedkamer chalet*

De kleedkamers worden verwarmd door middel van een gasketel gecombineerd met radiatoren. De ketel is van 2001 en nog een van het niet condenserende type. Hij heeft een nuttig vermogen van 32,2kW.

Het sanitair warm water wordt decentraal geproduceerd door condensatie gas doorstromers. In de chalet zijn vier kleedkamers aanwezig en iedere kleedkamer is voorzien van een gasdoorstomer die gekoppeld is aan twee douches. Elke doorstomer heeft een vermogen van 50kW.



Figuur 4-10 Simen CV met kenplaat (links) en Junkers CelsiusPur (rechts)



## **4.5 Kadee**

Het jeugdhuis Kadee ligt vlak langs het zwembad waar we de verwarmingsinstallatie van het warmtenetwerk zullen gaan plaatsen. De gasketel die hier hangt dient enkel voor de verwarming van het gebouw. Men plant op zeer korte termijn al enkele aanpassingen aan het gebouw, dus is het ideaal om dit dan klaar te maken voor het warmtenet. De ketel die er momenteel hangt is een Vaillant ecoTEC plus VC 656/4-5 A dit is een ketel met een nominaal vermogen van 65kW.

## **4.6 Woningen**

Aan de rand van het domein liggen een aantal woningen. Het zou mogelijks interessant zijn om deze te betrekken in dit project. Zo wordt de afstand tussen de verschillende verbruikers kleiner en particulieren betalen meer voor hun huidige verwarmingssysteem dan de participerende ondernemingen van het netwerk.

Om een idee te krijgen van de werkelijke verbruiken en vermogens moeten we iedere woning afzonderlijk kunnen analyseren. We hebben dit trachten te doen door middel van een enquête met toegevoegde informatiebrief (zie Bijlage A). Hiermee kunnen we ook direct de interesse zien van de bewoners naar dit project.

Het aantal teruggekomen enquêtes was zodanig laag dat deze piste van tafel geveegd werd en verder niet meer ter sprake zal komen.

## 4.7 CO<sub>2</sub> – uitstoot aardgas

Om de exacte CO<sub>2</sub> - uitstoot te kennen zouden we lang bezig zijn. Zo zouden we de juiste samenstelling moeten kennen. Aardgas bestaat voornamelijk uit methaan dat constant door een rottingsproces op aarde gemaakt wordt, maar daarnaast kunnen er ook andere stoffen in teruggevonden worden.

We weten dat het gas dat Bornem bereikt laagcalorisch gas is en dus uit het Nederlandse Slochteren-veld in Groningen komt. Hiermee kunnen we dus wel al globaal de samenstelling geven, maar deze verandert constant een beetje. De gasunie in Nederland mengt verschillende bronnen met elkaar om een constantere samenstelling te verkrijgen.

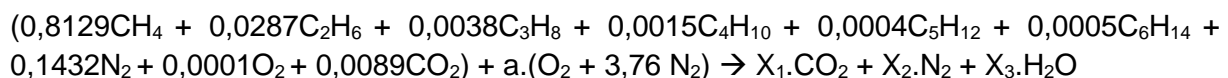
De samenstelling is opgelijst in Tabel 4-3.

**Tabel 4-3 Samenstelling Gronings aardgas [3]**

Component	Volume%	Mol%	Massa%
Methaan	81,30	81,29	69,97
Ethaan	2,85	2,87	4,63
Propaan	0,37	0,38	0,90
Butaan	0,14	0,15	0,47
Pentaaan	0,04	0,04	0,16
Hexaan	0,05	0,05	0,23
Stikstof	14,35	14,32	21,52
Zuurstof	0,01	0,01	0,02
Kooldioxide	0,89	0,89	2,10

### 4.7.1 Berekening eigenschappen Gronings gas

We vertrekken vanuit de chemische verbrandingsreactie met technische droge lucht.



Vergelijkingen:

$$\text{C: } 0,8129 + 2 \cdot 0,0287 + 3 \cdot 0,0038 + 4 \cdot 0,0015 + 5 \cdot 0,0004 + 6 \cdot 0,0005 + 0,0089 = X_1$$

$$\text{O: } 2 \cdot 0,0001 + 2 \cdot 0,0089 + 2 \cdot a = X_3 + 2 \cdot X_1$$

$$\text{H: } 4 \cdot 0,8129 + 6 \cdot 0,0287 + 8 \cdot 0,0038 + 10 \cdot 0,0015 + 12 \cdot 0,0004 + 14 \cdot 0,0005 = 2 \cdot X_3$$

$$\text{N: } 0,1432 + 2 \cdot a \cdot 3,76 = 2 \cdot X_2$$

Oplossing:

$$A = 1,76285$$

$$X_1 = 0,9016$$

$$X_2 = 6,7$$

$$X_3 = 1,74$$

Let hierbij wel op het feit dat we rekenen met een stoichiometrische verbranding en dit dus in de praktijk een luchtvermaat zal moeten hebben. Ook bij de bekomen producten bekomen we andere stoffen zoals CO, O<sub>2</sub> en NO<sub>2</sub>.

Met deze gegevens kunnen we dan het theoretisch luchtbehoefte berekenen.

$$L_{th} = \frac{a}{\chi_{O_2}} = \frac{1,76285}{0,2095} = 8,415 \frac{Nm^3_{lucht}}{Nm^3_{brandstof}}$$

Voor iedere Nm<sup>3</sup> Gronings aardgas die we verbranden hebben we 8,415Nm<sup>3</sup> droge technische lucht nodig. Voor de nulmeting is de hoeveelheid uitgestoten CO<sub>2</sub> van belang. Deze kunnen we nu ook bepalen aan de hand van de bekomen oplossingsresultaten van de chemische verbrandingsreactie.

$$\#_{CO_2} = \frac{X_1 * M_{CO_2}}{V_m} = \frac{0,9016 * 44,01}{22,4} = 1,77 \frac{kg CO_2}{Nm^3_{brandstof}}$$

Bij verbranding van 1Nm<sup>3</sup> aardgas komt er dan dus ongeveer 1,77kg CO<sub>2</sub> vrij. Deze hoeveelheid CO<sub>2</sub> is dan volledig afkomstig van het aardgas zelf, maar dit is slechts een deel van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot die er bekomen wordt door het gebruiken van aardgas. Er wordt ook nog CO<sub>2</sub> uitgestoten in het volledige productieproces. Zo moeten we rekening houden met het opsporen, produceren, reinigen, transport, op druk brengen en opslaan van het aardgas. Dit hele productieproces zou ongeveer 0,25kg CO<sub>2</sub> per Nm<sup>3</sup> aardgas bedragen [4]. Het totaal komt dan neer op ongeveer 2,02kg CO<sub>2</sub> per Nm<sup>3</sup> aardgas. Er is hierbij rekening gehouden dat het gas dat in Bornem gebruikt wordt de fase van LNG niet doorstaan heeft en dus een kleinere CO<sub>2</sub>-uitstoot heeft.

We kunnen ook berekenen wat de bovenste en onderste verbrandingswaarde van het gebruikte gas is. De onderste verbrandingswaarde (OVW) is de energie dat vrijkomt bij de verbranding van de brandstof waarbij het verkregen water zich nog in dampfase bevindt. Bij de bovenste verbrandingswaarde (BVW) is het verkregen water gecondenseerd tot de vloeistoffase. Het verschil tussen de BVW en de OVW is dus de condensatie-energie. De verdampingsenthalpie van water is gelijk aan 44,01kJ/mol.

De berekening van beide verbrandingswaarden is hieronder weergegeven.

**Tabel 4-4 Berekening stookwaarde Gronings aardgas**

IN				UIT			
	n [mol]	hf [kJ/mol]	n*hf [kJ/mol]		n [mol]	hf [kJ/mol]	n*hf [kJ/mol]
CH <sub>4</sub>	0,8129	-74,9	-60,886	CO <sub>2</sub>	0,9016	-393,509	-354,788
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,0287	-83,7	-2,402	N <sub>2</sub>	6,7	0	0,000
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0038	-104,6	-0,397	H <sub>2</sub> O	1,74	-241,818	-420,763
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0015	-125,5	-0,188				
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0004	-146,9	-0,059				
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,0005	-167,4	-0,084				
N <sub>2</sub>	6,7715	0	0,000				
O <sub>2</sub>	1,7630	0	0,000				
CO <sub>2</sub>	0,0089	-393,509	-3,502				
			-67,519				-775,551

Dit zijn de waarden per mol brandstof. Het is natuurlijk veel gemakkelijker als we de verbrandingswaarden kunnen weergeven per m<sup>3</sup> brandstof. Hiervoor moeten we enkele extra gegevens berekenen zoals de molaire massa en de dichtheid van het aardgas.

**Tabel 4-5 Berekening molaire massa en dichtheid Gronings aardgas**

	n [mol]	M [kg/kmol]	n*M [kg/kmol]	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	n*ρ [kg/m <sup>3</sup> ]
CH <sub>4</sub>	0,8129	16,043	13,041	0,716	0,582
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,0287	30,070	0,863	1,342	0,039
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0038	44,097	0,168	1,967	0,007
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0015	58,123	0,087	2,593	0,004
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0004	72,150	0,029	3,219	0,001
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,0005	86,170	0,043	3,844	0,002
N <sub>2</sub>	0,1432	28,013	4,011	1,250	0,179
O <sub>2</sub>	0,0001	31,999	0,003	1,428	0,000
CO <sub>2</sub>	0,0089	44,010	0,392	1,964	0,017
	1,0000		18,637		0,832

$$OVW = -67,519 - (-775,551) = 708,32 \text{ kJ/mol}$$

$$= 31,589 \text{ MJ/Nm}^3$$

$$BVW = 708,32 + 1,74 \cdot 44,01 = 784,61 \text{ kJ/mol}$$

$$= 35,005 \text{ MJ/Nm}^3$$

De voorgaande berekende eigenschappen van het Gronings aardgas dat momenteel verbrand wordt in Bornem is samenvattend weergegeven in Tabel 4-6.

**Tabel 4-6 Samenvatting eigenschappen Gronings aardgas**

Dichtheid	0,832 $\text{kg}/\text{Nm}^3_{\text{brandstof}}$
Bruto stookwaarde	35,005 $\text{MJ}/\text{Nm}^3_{\text{brandstof}}$
Netto stookwaarde	31,588 $\text{MJ}/\text{Nm}^3_{\text{brandstof}}$
Luchtbehoefte (droog)	8,415 $\frac{\text{Nm}^3_{\text{lucht}}}{\text{Nm}^3_{\text{brandstof}}}$
Uitstoot CO <sub>2</sub>	1,77 $\frac{\text{kg CO}_2}{\text{Nm}^3_{\text{brandstof}}}$

## 4.8 Samengevat

De CO<sub>2</sub>-uitstoot die we bij dit project als nulmeting gaan gebruiken slaat enkel op het gasverbruik van de deelnemende gebouwen in het domein Breeven. De CO<sub>2</sub> die vrijkomt door gebruik te maken van elektrische energie wordt niet meegeteld omdat onze focus daar helemaal niet op zal zijn. Onderstaande Tabel 4-7 geeft de samenvatting hiervan weer.

**Tabel 4-7 Samenvatting Nulmeting**

	Geïnstalleerd vermogen	Jaarlijks verbruik	Gas equivalent	CO2 equivalent
<b>Kadee</b>	65 kW	40 MWh	4103 m <sup>3</sup>	9027 kg
<b>Zwembad</b>	1633 kW	2664 MWh	247365 m <sup>3</sup>	544203 kg
<b>Tennis</b>	400 kW	231 MWh	23695 m <sup>3</sup>	52129 kg
<b>Voetbal</b>	420 kW	216 MWh	21612 m <sup>3</sup>	47546 kg
<b>Chalet</b>	237 kW	33 MWh	3298 m <sup>3</sup>	7255 kg
<b>Totaal</b>	2755 kW	3184 MWh	326641 m <sup>3</sup>	718610 kg

We zien dus duidelijk dat het zwembad en sportcomplex de grootste verbruikers zijn en dus ook met 544ton CO<sub>2</sub>/jaar een zeer grote voetafdruk hebben.

## 5 WARMTENETWERK

---

### 5.1 Wat is een warmtenet?

Een warmtenet bestaat uit de transportleidingen die warmte transporteren van een producent naar een gebruiker. Een voorbeeld hiervan in het dagelijkse leven zijn de buizen van de verwarming in huis, deze transporteren het warme water van de verwarmingsketel (producent) naar de radiatoren (warmtegebruikers). In dit project is dit niet anders, behalve dan dat het op een grotere schaal uitgevoerd wordt. Zo een netwerk kan bestaan uit stalen buizen, voornamelijk als we werken met hoge temperaturen, of kunststofbuizen voor de lagere temperaturen. De buizen die buiten in de grond komen te liggen zijn vanzelfsprekend geïsoleerd tegen de warmteverliezen en voorzien van een geschikte mantel om in contact te mogen komen met de grond en alle chemische elementen die daarin zitten.

### 5.2 Historische netten

Warmtenetten tussen verschillende woningen is geen fenomeen van de laatste jaren, maar bestaan al bijna 140 jaar. Zo werd het eerste warmtenet geïntroduceerd in de Verenigde Staten in 1880. De netten zijn echter niet meer dezelfde als toen. Ze hebben door de jaren heen een hele evolutie meegemaakt en momenteel zijn ze bezig met een vierde generatie netten. Hieronder staat kort beschreven wat de verschillende generaties van warmtenetten inhoudt. Bij ons in België is dit allemaal nog vrij onbekend terrein en komt dit tot nu toe echt heel zelden voor. Er is in onze contreien vroeger vooral gekozen om te werken met individuele verwarmingstoestellen, maar steeds meer begint men in te zien dat een gemeenschappelijk netwerk veel voordeliger is. In de Scandinavische landen hebben ze vroeger wel geïnvesteerd in warmtenetten en dit ook goed onderhouden waardoor zij nu ver op ons voorlopen op dat gebied.

#### 5.2.1 Eerste generatie

De eerste generatie van warmtenetten heeft bestaan tussen 1880 en 1930. Het medium dat gebruikt werd als warmtedrager door de betonnen buizen was stoom. We kunnen nu zeggen dat stoom een verouderde technologie is voor deze toepassingen, zo krijgen we door de hoge temperaturen een aanzienlijk warmteverlies en destijds zijn er vele ongevallen gebeurd door stoomexplosies. De meeste van dit type netten zijn momenteel vervangen, maar men kan er nog steeds terugvinden in het oude gedeelte van New York en Parijs. Men koos destijds voor een warmtenetwerk als vervanging van de lokale boilers in de appartementsgebouwen om zo het explosiegevaar ervan te verminderen en het comfort te verhogen. Het merendeel van de warmte werd dan geleverd door stoomcondensatie in de radiator van de consument.

### **5.2.2 Tweede generatie**

De tweede generatie werd geïnstalleerd tussen 1930 en 1970. In de plaats van stoom werd hier gebruik gemaakt van heet water onder druk, hierdoor kon er water getransporteerd worden van meer dan 100°C. Er werden nog steeds betonnen buizen gebruikt als leidingen, maar dit systeem werkte al wel met warmtewisselaars, met name tube-and-shell.

De grote Sovjet-gebaseerde netten gebruikten dit principe, maar deze hadden een zeer slechte kwaliteit en er was geen warmtevraagbeheersing. Buiten de Sovjet-Unie was de kwaliteit een stuk beter en er kunnen nu nog steeds delen worden teruggevonden als de oudere delen van huidige water gebaseerde warmtenetten.

Ook hier komt de motivatie uit een verbetering van het comfort en nu ook uit de brandstofbesparing door gebruik te maken van warmtekrachtkoppeling.

### **5.2.3 Derde generatie**

De derde generatie is opgekomen rond 1970. Energie-efficiëntie wordt steeds belangrijker waardoor dat er vaker gebruik gemaakt wordt van water onder druk van minder dan 100°C. Er wordt steeds gestreefd naar zo laag mogelijke temperaturen in het netwerk zodat de warmteverliezen naar de directe omgeving minimaal blijven. De componenten zijn ook veranderd, zo wordt er vanaf dan gebruik gemaakt van vooraf geïsoleerde buizen en platen warmtewisselaars.

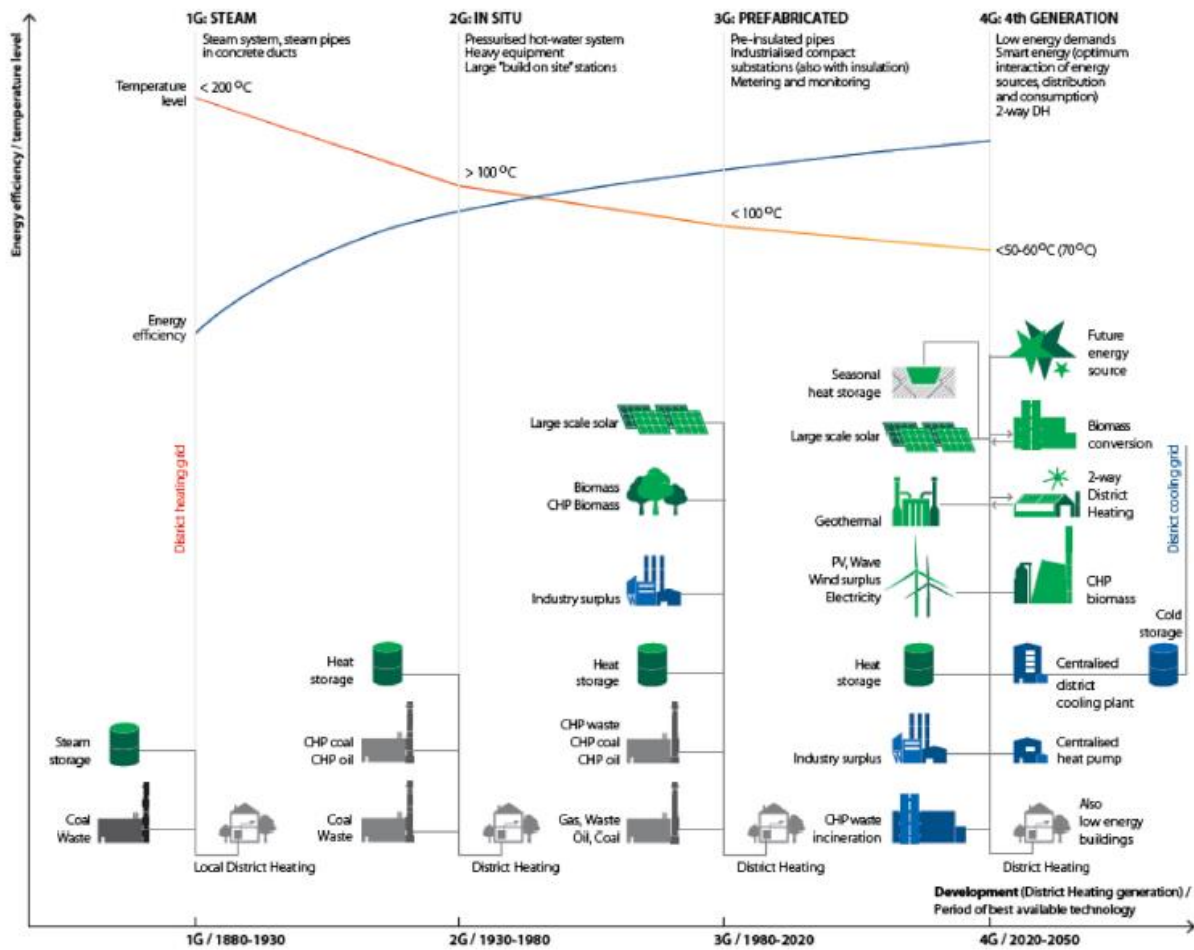
De motivatie is hier voor een deel de voorzieningszekerheid door de oliecrisis, de grotere focus op energie-efficiëntie en de vervanging van de olie door goedkopere/lokale brandstoffen zoals kolen, biomassa, afval, ...

### **5.2.4 Vierde generatie**

De vierde generatie netten zijn eigenlijk de netten van de toekomst. Het zijn slimme thermische netwerken die voorbereid zijn op een duurzame energie-economie. We kunnen dit praktisch bekijken als een veel betere integratie van stadsverwarming in het totale energielandschap. Er is een grote opmars aan hernieuwbare elektrische energie op de markt, maar dit moet in combinatie gaan met slimme netten en een opslag van energie. Een warmtenetwerk kan perfect hierop in spelen. Zo kan een WKK op momenten van weinig zon en wind het tekort van elektriciteit opvangen en een warmtepomp kan het tegengestelde teweeg brengen door het teveel aan elektriciteit om te zetten naar warmte. Echter moeten we dan over een opslag van thermische energie beschikken. Door de combinatie tussen de slimme netten hebben we dan minder elektrische energieopslag nodig dat volgt uit de hernieuwbare energiebronnen. De elektrische energieopslag wordt dan vervangen door thermische energieopslag. Het belangrijkste voordeel van deze opslag verschuiving is dat thermische energieopslag ongeveer 100 keer goedkoper per energie-eenheid is dan elektrische energieopslag. Thermische energieopslag is wel nog ongeveer 100 keer duurder dan gas en vloeistoffenopslag [4].

Ook tracht men naar zo laag mogelijke temperaturen te gaan. Er wordt gestreefd naar een 50°C zodanig dat men in staat is om meer hernieuwbare bronnen op te kunnen zoeken. Men tracht er ook zo veel mogelijk wisselwerking te verkrijgen. Op die manier is zo een

warmtenetwerk niet meer afhankelijk van 1 bron, maar een cluster van verschillende soorten en types bronnen (zonneboilers, warmtepompen, WKK, ...)



Figuur 5-1 Het concept van de 4de generatie warmtenetten i.v.m. de andere generaties

### 5.2.5 Waar moeten we vandaag naartoe?

Zoals eerder aangegeven is er in België tot nu toe nog maar weinig gedaan rond warmtenetten. Dat maakt dat het moeilijk is om direct van verwarmingsprincipe te veranderen. De meeste huishoudens gebruiken nog relatief hoge temperaturen om direct in te stappen in de nieuwe generatie van warmtenetten op lage temperatuur en zolang de huidige verwarmingsketel fungeert, waarom dan veranderen. Men kijkt ook nog te veel naar de residentieële toepassing ervan, maar een simpele vuistregel stelt dat men ongeveer 1,8MWh/m.jaar moet hebben om rendabel te zijn [5]. De voorgevels zijn hier te breed waardoor dit meestal niet rendabel zal zijn. Het is beter om te kijken naar de grote verbruikers en indien er woningen langs het tracé liggen die willen participeren is dit mooi meegenomen. In België is er ook meer potentieel voor warmtenetten dan de meeste denken. Als we kijken naar de petrochemie in Antwerpen blazen ze dagelijks enorme hoeveelheden restwarmte de lucht in en ze willen ook hun warmte zelfs gratis ter beschikking stellen. Het probleem dat daarbij is, is dat ze geen verplichtingen opgelegd willen krijgen. Men wil niet verantwoordelijk gesteld worden als ze plots de warmte niet meer kunnen leveren. Om een goed netwerk te krijgen is het dus belangrijk dat er een Backbone aanwezig is. Op die manier kunnen we telkens aftakken en verder uitbreiden om één groot netwerk te creëren.



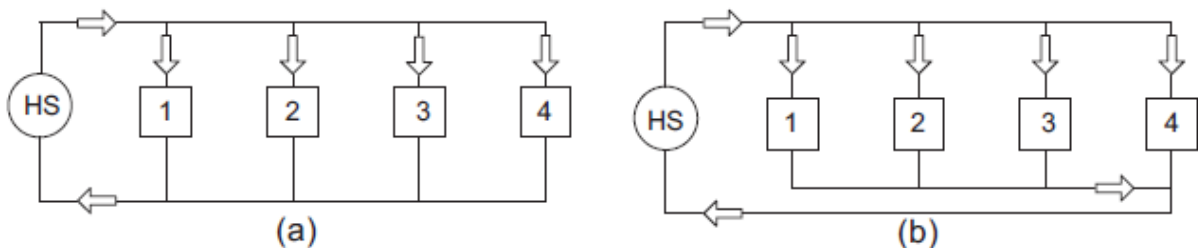
## 5.3 Topologie

### 5.3.1 Netwerkstructuur

Over de structuur kunnen we ook een deel zeggen. Grofweg kunnen we dit opsplitsen in 2 structuren, de traditionele structuur en een ringstructuur. In Figuur 5-2 staan de nummers voor de verbruikers en HS voor heatstation.

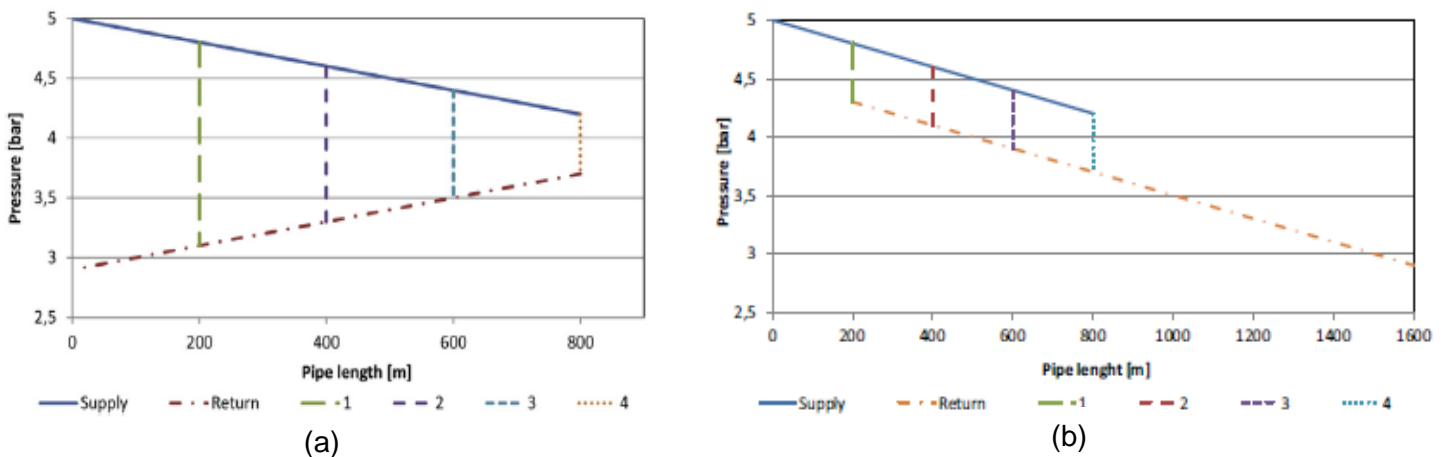
Figuur 5-2(a) toont de traditionele structuur van een warmtenetwerk. In deze structuur van netwerk zal het water afhankelijk van de verbruiker een andere lengte afleggen. Het probleem dat we dan hebben is dat de drukval over de eerste verbruiker kleiner is dan die van de laatste verbruiker. Hierdoor is het nodig om extra weerstand te creëren bij eerste verbruikers in lijn, zo kunnen we het massadebiet onder controle houden.

Een andere topologie kan hier ook een oplossing bieden. Zoals te zien in Figuur 5-2(b) zal het water nu altijd dezelfde afstand afleggen onafhankelijk van de verbruiker. Dit type van netwerk wordt een ringnetwerk genoemd.



**Figuur 5-2** Netwerktopologieën

We kunnen de bovenstaande problematiek duidelijk zien in Figuur 5-3. In het traditionele netwerk (a) heeft iedere verbruiker een andere drukval en in het ringnetwerk heeft elke verbruiker dezelfde drukval.



**Figuur 5-3** Voorbeeld drukdiagram traditioneel en ringstructuur

### 5.3.2 Onderstation

In de meeste gevallen gebeurt de warmteproductie door een gasketel, deze wordt door een gasleiding in de straat voorzien van gas en hiermee kan men dan lokaal het water voor de verwarming en sanitaire voorzieningen verwarmen. Met een warmtenet krijgen we een ander systeem. De gasketel is er niet meer aanwezig en in plaats van een gasleiding in de straat is er een warmwaterleiding aanwezig.

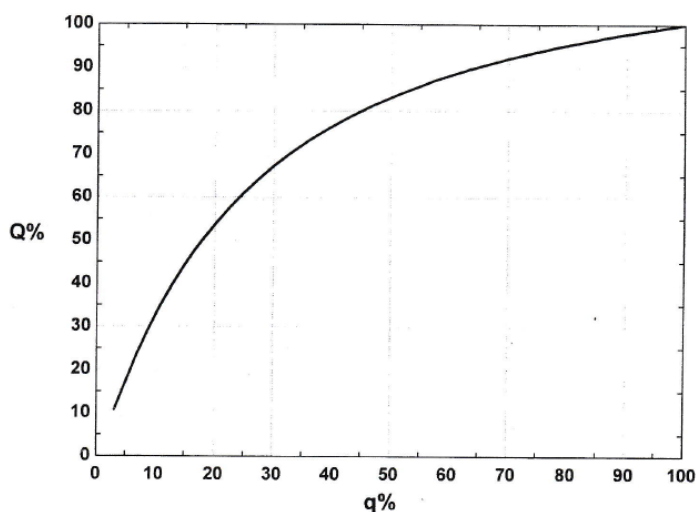
Op het eerste zicht zou het logisch zijn om rechtstreeks het warme water te gebruiken voor de verwarming van het gebouw. Dit zou gewoon simpelweg een aansluiting zijn op het bestaande waternetwerk in het gebouw zonder grote aanpassingswerken en zeer goedkoop qua onderdelen. Er is dan echter geen hydraulische scheiding waardoor alle leidingen, zowel in de straat als in het gebouw op dezelfde druk zullen staan en er is dan ook een groter risico op lekken te wijten aan een defect.

Wat dan wel vaker toegepast wordt is een onderstation. Dat is een component dat tussen het hoofdnetwerk in de straat en het gebouwverwarmingsnetwerk staat. Deze scheidt dus fysisch de gebouwinfrastructuur van het warmtenetwerk. Deze bestaat normaal uit verschillende componenten zoals: Een warmtewisselaar (meestal een platenwarmtewisselaar), regelkleppen, een warmtemeter, een pomp, ...

Het onderstation moet er ook voor zorgen dat de primaire een grote temperatuurval maakt. Een hoge temperatuurval zorgt ervoor dat we meer energie per eenheid volume van het getransporteerde water gebruiken. Dit kunnen we afleiden uit de formule  $Q = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T$ , als we dan een grote temperatuurval wensen bij een gelijke warmtevraag, dan zullen we een kleiner massadebiet ( $\dot{m}$ ) moeten hebben.

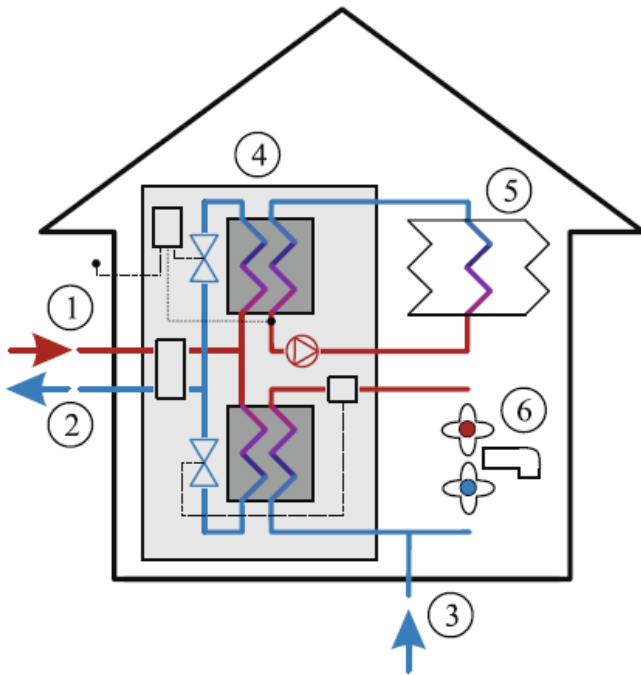
Een kleiner massadebiet heeft een positieve invloed op het pompvermogen, zo zal een verhoging van  $\Delta T$  met 10K ervoor zorgen dat het pompvermogen met ongeveer 55% zal dalen. Het onderstation kan voor deze verhoging zorgen door de juiste inregeling. Dit kan gebeuren door ventielen en kleppen, maar door gebruik te maken van pompen met een variërend toerental kan deze regeling efficiënter gebeuren [6].

Het is echter ook niet zo dat het verband tussen het afgegeven vermogen en het debiet een lineaire rechte is. In onderstaande grafiek wordt dit verband procentueel weergegeven. Indien we bijvoorbeeld de helft van het vermogen wensen, dan zien we dat er slechts 20% van het debiet nodig is. Dit heeft dus ook een sterk effect op het pompvermogen.



**Figuur 5-4 Effect van het waterdebiet (q) op de warmteafgifte (Q) procentueel bekeken**

In Figuur 5-5 kunnen we een basisbeeld krijgen van de aansluiting van een woning op een warmtenet. Hier zijn de nummers 1 en 2 het inkomende/uitgaande water van het warmtenet, nummer 3 het inkomende tapwater, nummer 5 is het verwarmingssysteem (bv. radiatoren) en nummer 6 is dan ons sanitair water. Het nummer 4 op de figuur is een voorbeeld van een onderstation waarbij er een meter staat op de leidingen van het warmtenet, een apart regelventiel voor het tapwater en de verwarming, 2 warmtewisselaars en enkele sensoren met controle elementen.



Figuur 5-5 Simplistische voorstelling van een warmtenet gekoppeld huis [6].

## 5.4 Warmtenetwerk Breeven

In dit stukje van het eindwerk wordt het warmtenetwerk uitgeschreven zoals deze uitgevoerd zal gaan worden als de studie uitwijst dat het haalbaar is. Er wordt beschreven welke beslissingen genomen zijn en met welke redenen.

### 5.4.1 Vergelijking enkele buizen versus dubbele buis

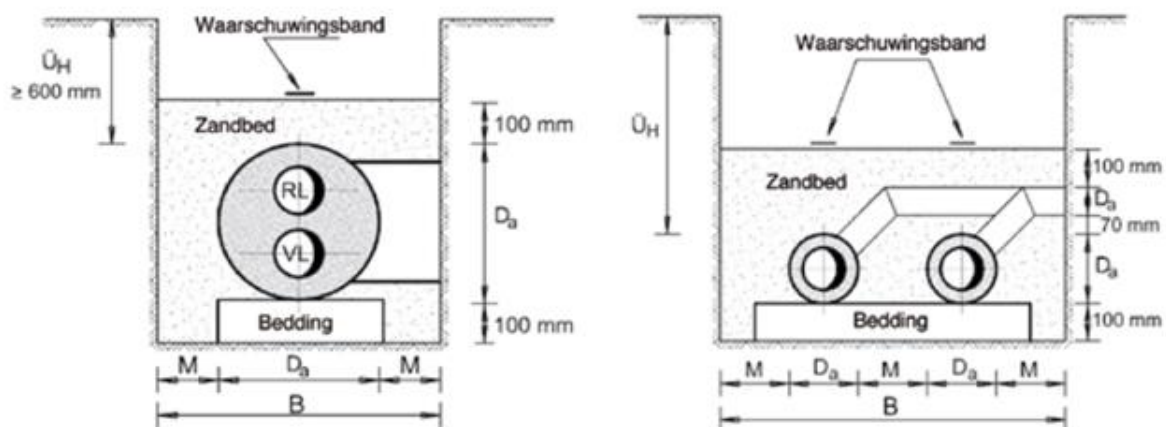
Voor de leidingen van het warmtenetwerk hebben we de keuze tussen 2 types van buizen, 2 enkele buizen of 1 dubbele buis (toevoer en retour in 1 leiding). Bij een dubbele buis zijn we beperkt in diameters, dit doordat anders de totale buis een te grote diameter zou krijgen en bij de plaatsing moeilijker wordt. We gaan eerst eens vergelijken wat het verschil geeft in warmteverlies bij dezelfde condities, maar met de verschillende buizen. We nemen aan dat er bovenop de buizen 0,6m aarde zit, de bodem een geleidingsvermogen  $\lambda_b=1,6W/(m.K)$  heeft, de gemiddelde omgevingstemperatuur  $11^\circ C$  is [7] en bij de enkele leidingen is er een tussen afstand van 0,15m. De resultaten van de vergelijking is terug te vinden in Tabel 5-1. Als temperaturen die door de buizen stromen hebben we de verwachte gebruikstemperaturen genomen van  $85^\circ C$  toevoer en  $55^\circ C$  retour. De tabel hebben we

opgesteld door middel van de online calculator van Logstor Carnoy, die rekening houdt met de soorten buizen die zij verkopen. Uit de resultaten kunnen we dus heel duidelijk stellen dat indien het mogelijk is een dubbelbuis te plaatsen, het veel voordeliger is bekeken op het verschil in de warmteverliezen.

**Tabel 5-1 Vergelijking van warmteverlies tussen een dubbele buis en enkele buizen**

Dubbele buis - standaard			2x enkele buis - standaard		
Type	Buiten- $\phi$ [mm]	Warmteverlies $q$ [W/m]	Buiten- $\phi$ [mm]	Warmteverlies $q$ [W/m]	Besparing
DN 20	125	10,64	90	15,06	29,3%
DN 25	140	11,53	90	18,32	37,1%
DN 32	160	12,61	110	18,99	33,6%
DN 40	160	15,18	110	21,83	30,5%
DN 50	200	14,89	125	24,19	38,4%
DN 65	225	17,83	140	28,18	36,7%
DN 80	250	19,94	160	30,56	34,8%
DN 100	315	20,84	200	31,18	33,2%
DN 125	400	18,55	225	36,00	48,5%
DN 150	450	22,96	250	41,58	44,8%
DN 200	560	25,52	315	47,02	45,7%

Naast het warmteverlies kunnen we ook eens de sleuven vergelijken waarin we de buizen moeten leggen. Dit is enkel van belang bij de installatie van het netwerk waarbij we werkuren kunnen besparen door een kleinere hoeveelheid grond te moeten verplaatsen. De afmetingen van de buizen en de voorgeschreven plaatsingswijze is verschillende van type. Op Figuur 5-6 zien we hoe de opbouw van de sleuven zijn bij de buizen.



**Figuur 5-6 Sleuf voor dubbele buis (links) en sleuf voor de enkele buizen (rechts)**

Om een vergelijking te maken waaruit we conclusies kunnen trekken hebben we zoals bij het warmteverlies voor de verschillende buizen de afmetingen in Tabel 5-2 geplaatst waarbij we de uitgegraven doorsnedes met elkaar kunnen vergelijken. Dit vermenigvuldigd met de lengte van de buizen geeft het volume dat er uitgegraven zal moeten worden.  $U_H$  is de diepte waarbij we juist aan de bovenzijde van de buizen uitkomen en hebben we genomen op de diepte van 0,6m wat door de fabrikant aangeraden wordt. Onder de buizen is er een zandbedding voorzien van 0,1m. Uit de vergelijking kunnen we concluderen dat het opnieuw voordeliger is om gebruik te maken van een dubbele buis, maar nu is het iets minder uitgesproken.

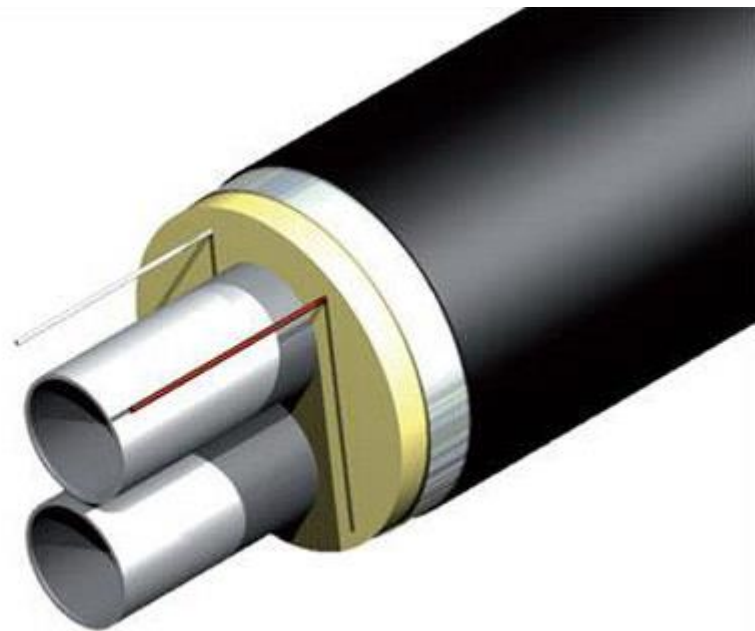
**Tabel 5-2 Vergelijking van sleufafmetingen tussen een dubbele buis en enkele buizen**

Dubbele buis - standaard						2x enkele buis - standaard					Besparing [%]
Type	Sleufafmetingen					Sleufafmetingen					
	Buiten- φ [mm]	Afstan d M [mm]	Diepte D [m]	Breedte B [m]	Opp. A [m <sup>2</sup> ]	Buiten- φ [mm]	Afstan d M [mm]	Diept e D [m]	Breedt e B [m]	Opp. A [m <sup>2</sup> ]	
DR - 20	125	150	0,83	0,43	0,351	90	150	0,79	0,63	0,498	29,55
DR - 25	140	150	0,84	0,44	0,370	90	150	0,79	0,63	0,498	25,74
DR - 32	160	150	0,86	0,46	0,396	110	150	0,81	0,67	0,543	27,11
DR - 40	160	150	0,86	0,46	0,396	110	150	0,81	0,67	0,543	27,11
DR - 50	200	150	0,90	0,50	0,450	125	150	0,83	0,70	0,578	22,08
DR - 65	225	200	0,93	0,63	0,578	140	200	0,84	0,88	0,739	21,79
DR - 80	250	200	0,95	0,65	0,618	160	200	0,86	0,92	0,791	21,95
DR - 100	315	200	1,02	0,72	0,726	200	200	0,90	1,00	0,900	19,36
DR - 125	400	200	1,10	0,80	0,880	225	200	0,93	1,05	0,971	9,40
DR - 150	450	250	1,15	0,95	1,093	250	300	0,95	1,40	1,330	17,86
DR - 200	560	250	1,26	1,06	1,336	315	300	1,02	1,53	1,553	14,00

Als we beide vergelijkingen dus samenvatten kunnen we niet anders dan zeggen dat het technisch gezien voordeliger is om gebruik te maken van dubbele buizen. Dit doordat op deze manier de warmteverliezen in de leidingen kleiner zullen blijven en dat er minder volume aan grond verplaatst zal moeten worden bij de plaatsing. Met dit in ons achterhoofd gaan we in ons project hiervan dus zoveel mogelijk trachten gebruik te maken, maar we gaan het ook eens financieel benaderen of dit uiteindelijk ook goedkoper uit zal komen.

### 5.4.2 Dubbelbuis

We hebben nu dus al gekozen om te gaan werken met de dubbelbuis. Dit is een buis waarbij de toevoerleiding en de retourleiding verwerkt zijn in één buis en door een verticale plaatsing men energie kan besparen ten opzichte van twee enkele leidingen. De transportleidingen zelf zijn stalen leidingen die in de lengte gelast zijn. Om het netwerk dan aan te leggen wordt er bij de koppeling dan ook het autogeen lassen aanbevolen. Als isolatiemateriaal is er gekozen voor een pur (Polyurethaan) schuim die bij de traditionele productiewijze een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  heeft van  $0,027W/(m.K)$ . Om een zekere levensduur van 30 jaar te waarborgen wordt er voor een continubedrijf een maximumtemperatuur opgelegd van  $140^{\circ}C$  met kortstondige pieken tot maximaal  $150^{\circ}C$ . De buitenmantel, om het geheel te beschermen, is gemaakt van PE-HD (Polyethyleen High Density). Dit is een naadloos geëxtrudeerd, taai elastisch, slagvast en onbreekbaar hardpolyethyleen. Dit kan tegen bijna alle in de grond aanwezige chemische verbindingen en is daarom ook in alle normen als enige materiaal opgenomen die geschikt is om direct in volle grond gelegd te mogen worden. In de buis zijn ook nog 2 niet geïsoleerde koperen draden geïntegreerd (1 vertinde en 1 blanke). Deze kunnen optioneel aangesloten worden op een bewakingsysteem voor lekdetectie.



Figuur 5-7 Dubbelbuis Logstor Carnoy

### 5.4.3 Dimensionering netwerk

Voor een correcte dimensionering van de leidingen kunnen we dit handmatig doen door middel van de snelheidsmethode waarbij we trachten een constante snelheid aan te houden van 2,5m/s en een grote temperatuur val proberen te creëren over de gebruikers. Een andere methode is de R-methode, of de methode van constante weerstand. Bij deze methode is er aangeraden om te richten op een drukval van 250Pa/m. Hierbij gaat men liever een maatje kleiner dan groter door de kostprijs van de buis en doordat deze onder de grond ligt moeten we geen rekening houden met geluidshinder.

Voor de dimensionering is gebruik gemaakt van online software waarvan er een licentie verkregen is via de Nederlandse firma Liandon [8]. Deze software met de naam Webpipelab is speciaal ontworpen voor warmte transportnetten. Deze software is in een ver stadium van een experimentele versie en het gebruik ervan is dus op verantwoordelijkheid van de gebruiker. Niet tegenstaande is mij door de organisatie bevestigd dat de software volledig te vertrouwen is.

We hebben met de software het netwerk op kaart uitgetekend en de volgende parameters opgegeven:

- Begindruk: 500kPa
- Begin temperatuur: 85°C
- Richtwaarde voor de leiding weerstand: 250Pa/m
- Minimale druk van de retour: 100kPa
- Een temperatuur val bij de gebruikers: 30°C

Met deze gegevens heeft de software dan de diameters en bijbehorende debieten, snelheden en temperaturen bepaald. Ook hebben we in de software hiervoor ook de gegevens van de buizen moeten geven. Deze gegevens bestaan voornamelijk uit de k-waarde (de wandruwheid) van de stalen buizen en de  $\lambda$ -waarde per diameter. De resultaten van de dimensionering is terug te vinden in Bijlage B. Met deze resultaten zijn we bij Logstor Carnoy gaan luisteren wat dat zij voor ons konden betekenen. Zij hebben dan ook een gedetailleerde prijsofferte bezorgt. Ze hebben ons ook voor een correcte installatie prijzen gegeven voor een compleet materiaal pakket en opleidingen om op een correcte manier de leidingen te plaatsen.

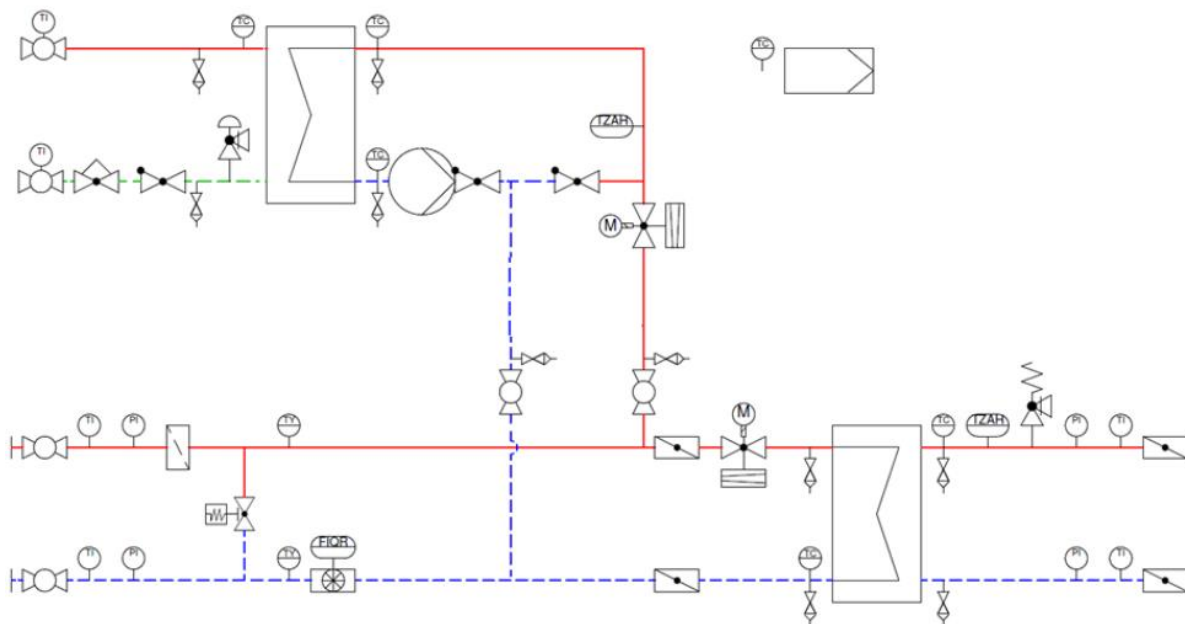
We kennen nu dan ook het benodigde debiet en drukken. De pomp die we nodig hebben is een pomp die gestuurd wordt door een verschildrukmeting op de slechtste aftakking van het netwerk. Dit hebben we dan doorgespeeld naar Grundfos en zij hebben ons dan een goede pomp aangeraden voor onze toepassing en er een aankoopprijs bij gedaan. Een samenvatting van de gegevens is terug te vinden in Bijlage C.

Zoals we weten kan door opwarming van het water in de leidingen de inwendige druk zeer hoog worden. Hiervoor gaan we gebruik moeten maken van een expansievat die constant op een constante druk door een compressor. De dimensionering ervan hebben we gedaan met het Excel werkblad die het WTCB ons ter beschikking gesteld heeft. De dimensionering is terug te vinden in Bijlage D.

#### 5.4.4 Dimensionering van de onderstations

Ook bij de dimensionering van de onderstations is er gebruik gemaakt van een software van de fabrikant die dan een juist type aangeeft. Met deze componenten post hebben we hulp gezocht bij de importeur Fortes import B.V., die verdeler is in België van het merk Aquaheat. We zijn samen rond de tafel gaan zitten en hebben zo tezamen bepaald wat er juist nodig is zodanig dat alle onderstations rechtstreeks van de fabriek aangesloten kunnen worden op het gebouw en warmtenetwerk. Ook een geschikte energiemeter is erin verwerkt waarbij we eventueel door middel van het M-bus principe de verbruiken kunnen uitlezen van op afstand. Hiervan is dan ook direct een gepersonaliseerde prijs opgemaakt. De gedetailleerde offerte is terug te vinden in Bijlage E.

We zitten met 2 verschillende onderstations. De meeste van de door ons aangevraagde onderstations hebben maar 1 warmtewisselaar, bij deze types wordt er dan afzonderlijk in het gebouw een splitsing gemaakt voor verwarming en SWW. We hebben echter bij Sparta (de atletiekclub) een aparte warmtewisselaar nodig voor verwarming en SWW. Dit hebben ze voor ons dan uitgewerkt in hydraulische schema's zoals hieronder te zien is voor het type gebruikt bij Sparta.



Figuur 5-8 Hydraulisch schema van een onderstation voor verwarming en SWW



## 6 BIOMASSA - HOUTKANTEN

---

### 6.1 Intro

Het project is gebaseerd op een biomassaketel waar men houtkanten wenst te verbranden. Doordat fossiele brandstoffen hun aantrekkelijke voordelen verliezen moeten we op zoek gaan naar een nieuwe en liefst duurzame bron van energie. Recht voor onze neus hebben we zo een bron, het hout uit de houtkanten.

Houtkanten zijn een dichte rij bomen en struiken langs de kant van de weg of op perceelgrenzen. Ze bestaan eigenlijk al zeer lang en hadden in het verleden verschillende functies. Ze dienden als een afbakening van percelen, hielden vee tegen, beschermden tegen wind en erosie en leverden brandhout. Net zoals vele andere landschapselementen zijn ze vandaag de dag hun oorspronkelijke functie verloren en vervangen.



**Figuur 6-1 Landschapsfoto met houtkanten**

Vandaag hebben ze vooral een grote ecologische functie. Houtkanten zijn bijzondere ecosystemen waar we verschillende soorten planten en dieren kunnen aantreffen. De plantengroei is er vaak sterk gelijkend op die in bosranden, maar ook kruiden uit bermen en weiden komen er voor. De huidige houtkanten zijn sinds de tweede wereldoorlog verwaarloosd en zijn nu uitgegroeid tot dikke bomen of zelfs helemaal verloren. Om het te kunnen gebruiken als hernieuwbare energiebron is het essentieel dat het oud (hakhout)beheer van houtkanten wordt voortgezet. Doordat we opnieuw aan de slag zouden gaan met de houtkanten, zal de variatie aan planten en dieren gaan toenemen. Op de pas geoogste kale plaatsen kan de warmte van de zon weer opnieuw helemaal tot de grond doordringen. Dit is een zeer gunstige situatie voor de kleinere diertjes zoals kevers en vlinders, maar ook voor anderen die deze beestjes op hun menu hebben staan.

Na een tijdje beginnen er terug struikgewassen te groeien, wat dan ideaal is als nestplaats voor vogels. Het jonge gewas is ook zeer aantrekkelijk voor rupsen als voedsel.

In het laatste stadium krijgen we de grotere bomen die populair zijn als nestplaatsen voor grotere vogels.



**Figuur 6-2 Keep it local [8]**

De houtkanten worden telkens maar over een korte afstand geoogst waardoor alle beestjes altijd hun plaats zullen vinden en telkens met het houtkantenlandschap mee kunnen verhuizen.

Naast de ecologische redenen om te kiezen voor de houtkanten heeft dit ook een positief effect op de lokale economie. Hedendaags gaat er een groot deel van het gezinsbudget naar de verwarming die meestal gebeurt met aardgas of stookolie. Deze producten zijn afkomstig uit het buitenland en het geld verdwijnt dan ook naar daar. Wij hebben dan ook geen controle over de prijs en wat men met het geld doet. Bij het kiezen voor houtkanten kiezen we ervoor om te investeren in onze eigen lokale economie. We stimuleren de werkgelegenheid in eigen regio en het geld voor de houtsnippers wordt terug in het eigen landschap geïnvesteerd [9].

## **6.2 Oogsten en drogen**

De houtkanten moeten eerst verjongt en hersteld worden vooraleer we ze op reguliere wijzen kunnen gaan beheren. In het reguliere beheer worden de houtkanten om de 8 à 10 jaar geoogst. Het zou kunnen dat er enkele delen, zoals de stam bijvoorbeeld, niet bedoeld zijn als brandhout en deze zal dan in zijn geheel moeten afgevoerd worden. Het is echter wel veel sneller en efficiënter om de boom van stam tot twijg te hakselen. Zo is de opbrengst aan houtsnippers om te verwarmen veel groter en is het opruimwerk naderhand kleiner.

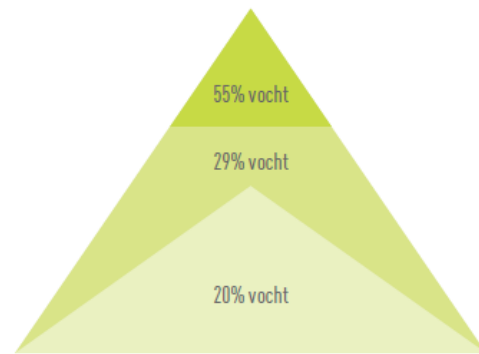
Bij de oogst moeten er toch enkele dingen in het oog gehouden worden, zo mogen er geen bladeren mee versnipperd worden. Dit omdat de droging dan veel moeilijker is en dat de ketel er ook minder goed tegen kan. Zand is ook een nefast voor het snippermateriaal, dit zal de levensduur van de versnipperaar verkorten.

Dit ter plaatse versnipperde hout wordt dan naar een centrale verwerking/stockageplaats gebracht. We kunnen enkel oogsten in de herfst en in de winter. Om dan de overige periodes te kunnen overbruggen moeten we dit dus tijdelijk kunnen stockeren. Ook is het vochtgehalte van de verse snippers nog te hoog waardoor ze sowieso nog een tijdje moeten drogen. Wanneer de snippers geoogst worden hebben ze een vochtgehalte van ongeveer 50%. Om de snippers als een goede brandstof te kunnen gebruiken, zal dit teruggedrongen moeten worden tot een vochtgehalte tussen 20% en 30%.

### **6.2.1 Natuurlijke droging**

Er zijn verschillende drogingsmethodes, maar de meest toegepaste is de passieve droging in de open lucht. Het is de goedkoopste methode en men kan hiermee het hout drogen tot een vochtgehalte van 20-30%. Dit proces is complexer dan in eerste instantie gedacht wordt. De snippers worden hierbij op een betonnen vloer op hopen gelegd. Dit afgeschermd door een afdak of een dampdoorlatende doek. De temperatuur zal door broei stijgen in de hoop en we krijgen daardoor natuurlijke convectie. Het vocht in de snippers zal dan verdampen en bovenaan de hoop, door het contact met de koudere lucht, condenseren. Met die reden is het ook belangrijk dat de hoop conisch is, zo is de condensatie tot een minimum beperkt. De vorm helpt ook om de invallende regen van de hoop te laten afvloeien en dus niet te laten insijpelen.

Rechts op Figuur 6-3 zien we van een echte case het vochtgehalte verloop na ongeveer 6 maanden in de snipperhoop. Het is ook belangrijk dat als de hoop op een locatie ligt, deze te laten liggen. Door deze te keren werken we compostering in de hand en verliezen we dus een deel van onze energie in de snippers. We hebben bij een vochtgehalte van meer dan 30% een droge stof verlies van 3-5% per maand. Door de broei kan de temperatuur in de hoop plaatselijk toenemen tot 70°C. Hierdoor neemt het ontbrandingsgevaar toe en kan men schimmelvorming krijgen. De snippers zullen op deze manier droog zijn (<30% vochtgehalte) na ongeveer 6 maanden.



**Figuur 6-3 Vochtverdeling snipperhoop na 6 maanden [8]**



**Figuur 6-4 Biomassawerf (Steiermark, Oostenrijk) met passieve droging in open lucht**

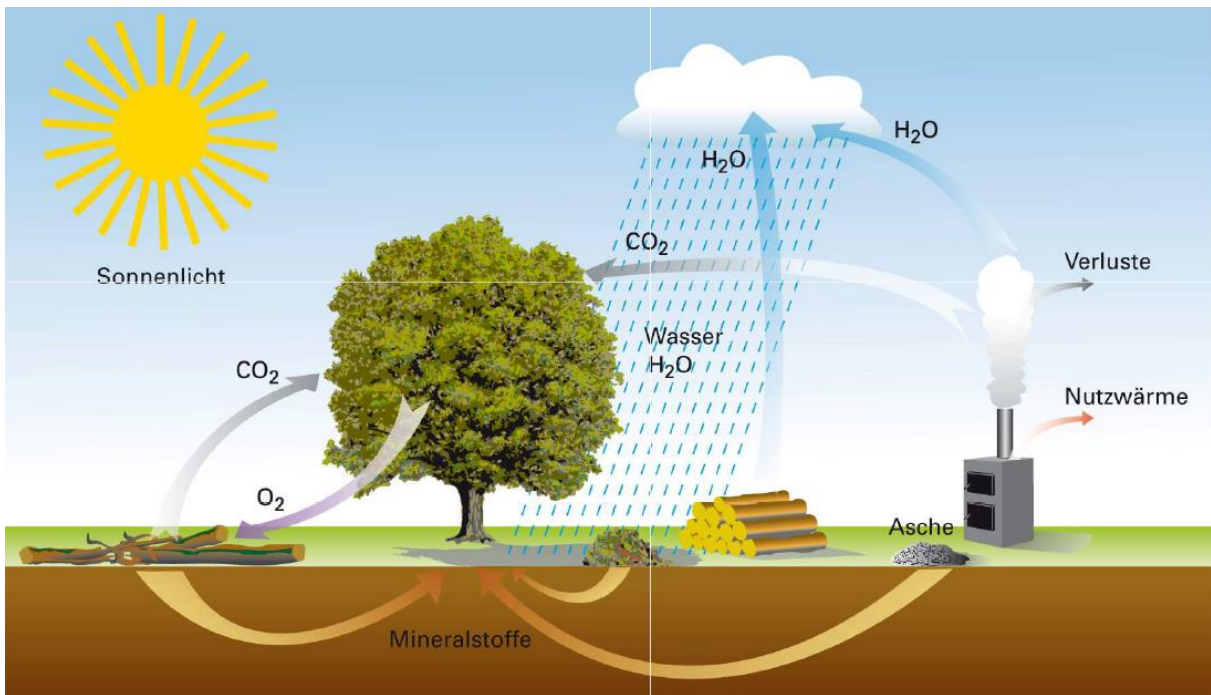
### 6.2.2 Geforceerde droging

Als passieve (natuurlijke) droging een slecht resultaat zou geven kan men natuurlijk altijd overstappen op actieve droging. Hier komen extra kosten bij, zo moet men er door middel van een drooginstallatie energie in steken en natuurlijk is er dan ook de investering nodig van de drooginstallatie. Deze investering moeten we afwegen tegen het verlies aan droge stof, want indien we op deze manier de snippers gaan drogen hebben we geen verlies aan droge stof en ook geen schimmelvorming.

Het beste is natuurlijk om gebruik te kunnen maken van restwarmte. Meestal is de restwarmte op een andere plaats dan waar het nodig is. Een oplossing waar we van gebruik kunnen maken is een droogcontainer. Een droogcontainer is een container waar een dubbele vloer in zit waar men warme lucht kan blazen. Deze kunnen dan vol bij de restwarmtebron gezet worden en daarna rechtstreeks naar de verbrandingsopslag gaan. Dit systeem is bijvoorbeeld ideaal om de top van de snipperberg, die nog zeer vochtig kan zijn, op het einde nog snel te drogen. De droogtijd van een container van 45m<sup>3</sup> is voldoende droog na een week, maar dat is wel afhankelijk van de hoeveelheid restwarmte.

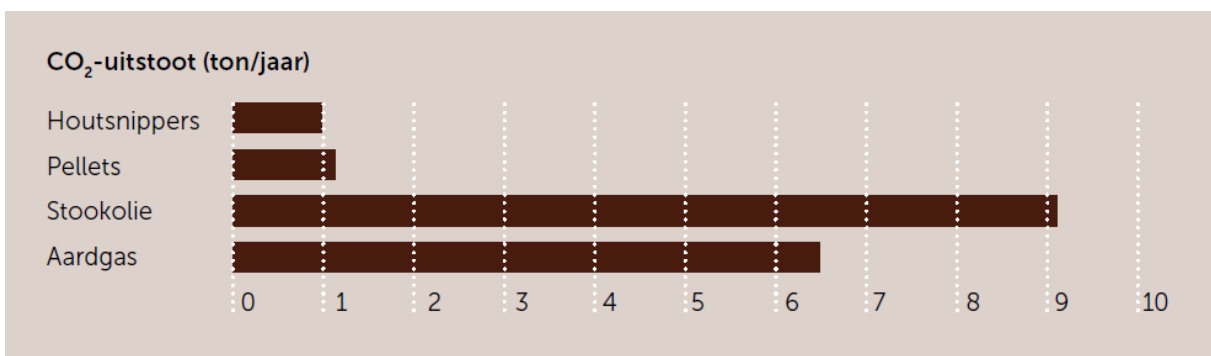
### 6.3 CO<sub>2</sub>-uitstoot - Houtkanten

We wensen gasverwarmingsinstallaties te vervangen door een warmtenetwerk gestookt op houtkanten om de ecologische voetafdruk te verkleinen. In eerste instantie zouden we zeggen dat er niet veel zal gaan wijzigen aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot omdat we nog steeds gebruik maken van een verbranding. Echter moeten we meer afstand nemen om het totale plaatje te zien. Het is correct dat er bij de verbranding van de houtkanten CO<sub>2</sub> vrijkomt, maar we kunnen zeggen dat de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de verbranding opgenomen is geweest tijdens de groeiperiode van de houtkanten. Hierdoor kunnen we zeggen dat er geen extra uitstoot is en dat we dus CO<sub>2</sub>-neutraal verwarmen als we het verhaal bekijken over een termijn van 8 à 10 jaar. Dit kringproces is weergegeven in Figuur 6-5.



**Figuur 6-5 Kringproces CO<sub>2</sub> houtverbranding [10]**

Dit verhaal is juist als het hout verbrand wordt op de locatie waar het gegroeid is zonder extra bewerkingen. Dit komt natuurlijk niet voor waardoor er toch een netto CO<sub>2</sub>-uitstoot zal zijn. Dit ten gevolge van het transport en verwerkingsproces. In Figuur 6-6 zien we een vergelijking van de netto CO<sub>2</sub>-uitstoot voor verschillende brandstoffen bij een jaarlijks energieverbruik van 27MWh. We zien dus dat onze houtsnippers ongeveer 6,5 keer minder CO<sub>2</sub>-uitstoot hebben ten opzichte van aardgas.



**Figuur 6-6 Netto uitstoot CO<sub>2</sub> voor een energieverbruik van 27MWh [11]**

## 6.4 Biomassaketel

Het kiezen van de juiste biomassaketel is een complex proces waar we rekening moeten houden met verschillende factoren. Ze hebben enkele belangrijke verschillen in toepassing ten opzichte van de traditionele verwarmingsketels. Een biomassaketel is een veel trager systeem van verwarmen dan de conventionele gaswandketels. Als de ketel moet branden moeten we daar rekening mee houden en deze zo lang mogelijk laten branden. We moeten ook beseffen dat zo een ketel veel meer inspanning en tijd kost. We moeten zorgen dat er steeds een voorraad aanwezig is, assen afvoeren en regelmatig reinigen.

Daarnaast moeten we er ook rekening mee houden dat we nog steeds een verbranding hebben. We moeten ons dus houden aan een bepaalde wetgeving in verband met de uitstoot van schadelijke gassen en fijnstof.

### 6.4.1 Types

In de industriële toepassing als verwarmingstoestel worden vooral roosterbranders gebruikt. Voor het warmtenet dat we bekijken, is er de keuze tussen de onderschroefstoker en de roosterbrander. Die laatste wordt dan ook nog opgesplitst afhankelijk van het roosterontwerp in een vlakke roosterbrander en een trappenroosterbrander.



**Figuur 6-7 Onderschroefstoker**

De goedkoopste van de 3 types houtketels is de onderschroefstoker. Door middel van een doseervijzel wordt de brandstof de ketel binnen gebracht tot in de vuurhaard en de assen worden met een andere vijzel tot in een opvangcontainer gebracht. Dit type van ketel wenst enkel homogene brandstoffen met gelijke grootte en weinig assen. Deze ketels worden vooral toegepast voor de kleinere vermogens.

De vlakke roosterbrander krijgt zijn hout binnen door een horizontale beweging van het rooster. Hierdoor verkrijgen we een veel meer homogene spreiding van het hout over het rooster en brandt hij in fases uit. Ten opzichte van de onderschroefstoker heeft deze roosterbrander veel minder strenge eisen voor zijn brandstof, zo kan hij door het bewegend rooster de assen veel sneller afvoeren. Ook deze ketel is meer geschikt voor de kleinere vermogens.



**Figuur 6-8 Vlakke roosterbrander**

Bij een trappenroosterbrander is het rooster zoals de naam al doet vermoeden opgesteld in trappen. Dit principe zorgt ervoor dat de onverbrande stukken biomassa gemixt worden met de brandende delen. Dit heeft als groot voordeel dat dit type van ketel veel minder gevoelig is aan de stukgrootte van de brandstof. Ook hier is er op het einde van de trappen een ontassingsschroef die de assen uit de ketel verwijderd naar een opvangsysteem.



Trappenrooster branders zijn qua investering het meest dure type, maar doordat deze weinig eisen hebben aan de brandstof kan er op die post bespaard worden.



Figuur 6-9 Trappenroosterbrander

## 6.4.2 Emissie

Als we eender welke brandstof gaan onderwerpen aan een thermisch conversieproces (verbranding) krijgen we rookgasemissies. De hoeveelheid en soort is afhankelijk van verschillende factoren zoals de gebruikte brandstof, de manier van verbranden en hoe ermee omgesprongen wordt door de gebruiker.

Bij een zuivere stoichiometrische verbranding wordt de brandstof omgezet naar een verhouding van koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ), stikstofoxide ( $\text{NO}_x$ ), zwaveloxide ( $\text{SO}_x$ ) en waterdamp ( $\text{H}_2\text{O}$ ) waarbij dan een hoeveelheid thermische energie vrijkomt. Als de verbranding niet volledig verloopt bekommen we ook andere schadelijke stoffen zoals CO, roet, teer, as en stof. Om een zo goed mogelijke verbranding te verkrijgen is het belangrijk om voldoende zuurstof te hebben, de temperatuur voldoende hoog, een goede menging van de zuurstof met de brandstof en een voldoende lange tijdsduur dat de verbrandingsgassen aanwezig blijven.

Technisch is de theoretische verbranding bijna niet te halen, waardoor er toch schadelijke stoffen zullen gecreëerd worden. Deze mogen zeker niet boven de grenswaarde van de milieuwetgeving komen.

Voor onze ketel zijn de emissiegrenswaarden de volgende:

Stof <  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$   
 $\text{SO}_2$  <  $450\text{mg}/\text{Nm}^3$   
 $\text{NO}_x$  <  $450\text{mg}/\text{Nm}^3$   
CO <  $375\text{mg}/\text{Nm}^3$

Deze emissiegrenswaarden zullen om de 6 maanden gemeten moeten worden door een gekend laboratorium. Om de schadelijke stoffen te beperken zullen er dus maatregelen moeten getroffen worden. Dit kan al bij de keuze van de ketel door rekening te houden met de volgende dingen:

- **Een correcte dimensionering:** Bij de keuze van de biomassaketel moet er zeker op gelet worden dat deze niet over-gedimensioneerd is. Indien dit toch het geval zou zijn, dan zal deze frequent in deellast werken en krijgen we een verhoogde hoeveelheid fijnstof en CO als gevolg.

- **Lambda-sonde sensor:** We werken met een minder constante brandstof. Dit heeft als gevolg dat de hoeveelheid toegevoerde lucht voor een goede verbranding zou moeten veranderen. De lambda-sonde sensor meet aan het rookgaskanaal de restzuurstof in de rookgassen. Als de resthoeveelheid zuurstof te laag is zal de verbranding onvolledig zijn en zullen er nog onverbrande koolwaterstoffen aanwezig zijn die nog verbrand kunnen worden. Bovendien zal de hoeveelheid CO verhogen. Bij een te hoge hoeveelheid zuurstof krijgen we een groter energieverlies. Dit verlies komt doordat we de overmaat van lucht ook opwarmen in de ketel.
- **Getrapte toevoer van lucht:** We kunnen om de NO<sub>x</sub> uitstoot te beperken, gebruik maken van getrapte toevoer van lucht. Hierbij wordt er in de eerste trap een tekort aan lucht gegeven zodat we geen volledige verbranding krijgen en de temperaturen niet te hoog worden. In de volgende trappen gaan we nog extra verbrandingslucht toevoeren zodat we uiteindelijk met een volledige verbranding zitten en dus een kleine overmaat aan lucht toegevoerd hebben.
- **Rookgasrecirculatie:** Een andere manier om de NO<sub>x</sub> uitstoot te beperken is door een rookgasrecirculatiesysteem te voorzien. Deze kan zo de temperaturen onder controle houden wat ook de levensduur van de ketel ten goede komt.
- **Geforceerde ventilatie:** Met de ventilator trachten we een constant goede menging te hebben van de zuurstof en de brandstof. Deze is zo niet meer afhankelijk van klimatologische omstandigheden. De goede menging heeft een positief resultaat op de volledigheid van de verbranding en zorgt zo mee voor minder schadelijke emissiewaarden.
- **Automatische reiniging:** Als we ervoor kunnen zorgen dat de ketel vanbinnen proper blijft, met name vooral de rookgaskanalen, dan zal er ook minder vliegias meegenomen worden.

### 6.4.3 Vermogen

Het vermogen van de ketel is een belangrijk gegeven. Bij de meeste verwarmingssystemen wordt het systeem wat over gedimensioneerd zodat men zeker voldoende vermogen heeft en zo niet in de koude blijft zitten. Bij een houtketel is dit anders. Er wordt liever een maatje kleiner gekozen dan wat te groot omdat zo de investeringskosten lager zijn, de ketel meer vollasturen zal draaien en zo ook minder schadelijke stoffen uitstoot. Ook wordt dit gedaan omdat dit een traag systeem is. Een biomassaketel heeft om op te starten redelijk wat tijd nodig en eenmaal deze aan het branden is en we wensen geen warmte meer, dan gaat er nog een tijd over om de massa die nog in de ketel zit te laten uitbranden.

Er is een vuistregel om te bepalen wat een goede grootte van de ketel is om zo een goede economische rendabiliteit te hebben. Men zegt dat de ketel ongeveer 1/3 van het jaar op vollast zou moeten draaien, wat neer komt op ongeveer 3500 vollasturen. Als we dit trachten uit te drukken op de vermogen piekvraag kunnen we stellen dat dit ongeveer 65% ervan is.

Om de pieken en dalen af te vlakken kunnen we gebruik maken van een bivalente opstelling met een warmtebuffer. Deze buffer kan de korte gepiekte warmtevraag leveren en kan indien er weinig tot geen vraag is het overschot aan warmte opslaan. Het is ook zo dat de ketel maar beperkt in deellast kan draaien, voor een installatie zoals wij gaan gebruiken op houtsnippers is de minimale deellast ongeveer 33% van het nominaal vermogen. Indien de vraag dus kleiner wordt zal de ketel automatisch stilvallen. We bekomen dus met een

warmtebuffer een groter aantal vollasturen en zorgen dat de ketel minder in deellast zal moeten draaien.

Indien onze warmtevraag heel sterk onderhevig is aan schommelingen kunnen we opteren voor een cascade schakeling, dit is het parallel schakelen van meerdere ketels. Hierbij kunnen we kiezen voor meerdere biomassaketels of een combinatie van biomassa met fossiele brandstoffen. Dit is sterk afhankelijk van hoe sterk de fluctuaties zijn en dus hoe snel we het vermogen bij en af moeten kunnen schakelen. Zo zal er indien er ook productie van SWW is meestal gekozen worden om een fossiele ketel in cascade erbij te plaatsen. De voordelen waarvan we dan genieten is dat het minimale deellastvermogen een stuk kleiner is, een combinatie met fossiele brandstof kan de investeringskosten doen dalen en de 2<sup>de</sup> ketel kan fungeren als een back-up.

## **6.5 Stookinrichting warmtenet Bornem**

Om de juiste ketel te kiezen, moeten we ons afvragen welke warmtevraag we willen dekken. Indien we zeggen dat we de volledige warmtevraag met de houtketel willen gaan dekken, moeten we er rekening mee houden dat hij zelden op vol vermogen kan werken en frequent zal starten en stoppen. Deze situatie zal uiteraard de levensduur van de ketel verkorten. Nemen we daarentegen de ketel voor een basislast, zodanig dat hij veel vollasturen op jaarbasis kan draaien, moeten we ook zorgen voor een piekopvang. Het is de bedoeling dat beide scenario's eens bekeken worden.

### **6.5.1 Houtketel voor de volledige warmtevraag**

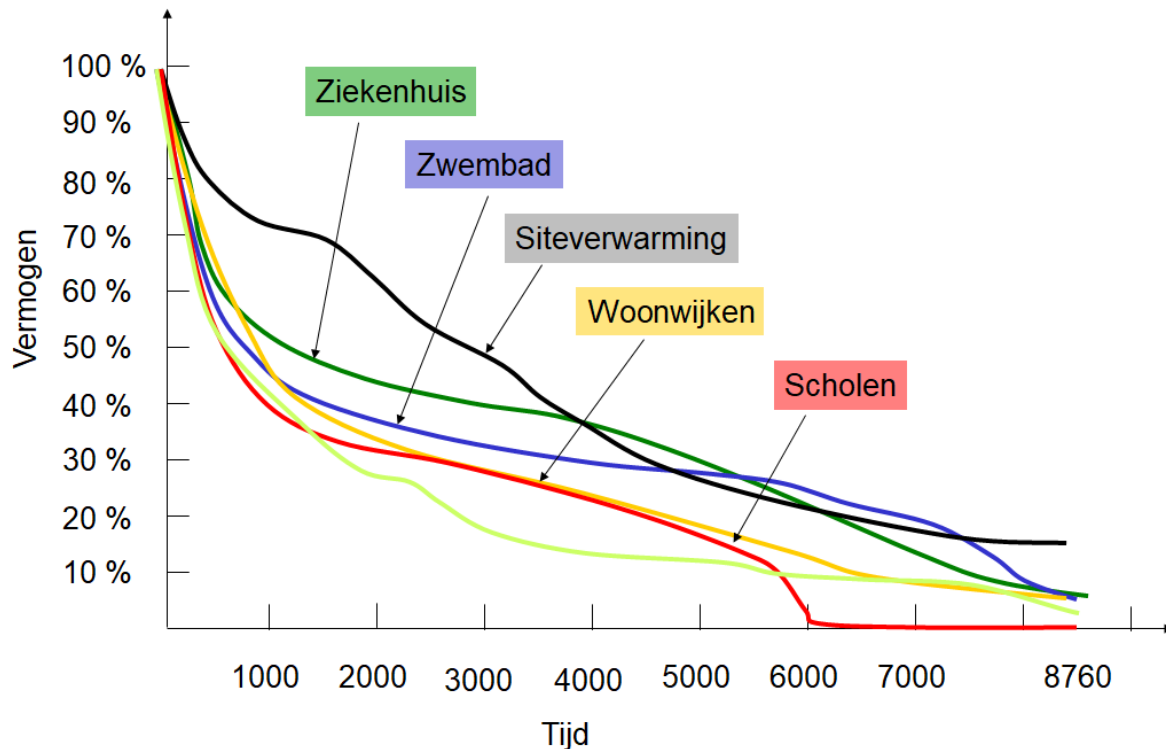
Als we een houtketel wensen die de volledige warmtevraag kan dekken, moeten we deze dimensioneren op het totale geïnstalleerd vermogen. Het geïnstalleerd vermogen is 2690kW. Alle verbruikers waarop dit vermogen gebaseerd is, wensen aangesloten te worden op het warmtenet en het profiel van verbruik kunnen we ongeveer schatten. Met deze redenen gaan we het vermogen verminderen naar 2200kW. Dit bedrag komt van een voorzichtige gelijktijdigheid van 90% en ook rekening houdend dat uit de studie van ESSA blijkt dat de verwarmingsinstallatie van het zwembad redelijk over gedimensioneerd is. Toegepast op de Pyrotec reeks van Viessmann zou dit een ketel zijn van 1250kW in cascade met een ketel van 950kW. De keuze om in cascade te schakelen komt ervan om zo niet in de kou te blijven staan indien het vermogen zakt onder de minimale deelbelasting. Door de ketel van 950kW kunnen we ongeveer zakken tot ongeveer 285kW voordat de ketels uitvallen. Maar uit informatie verkregen bij de verkoper van de Viessmann houtketels blijkt dat de ketels niet veel in deellast zullen gaan en dus frequent zullen starten en stoppen. De ketels hebben dit absoluut niet graag, eenmaal ze branden willen ze gedurende lange tijd aan blijven. Het stoppen gaat ook niet zo snel, onze snippers die in de ketel toegevoerd zijn zullen eerst moeten opgebrand zijn. Anders krijgen we vele assen die nog veel brandbaar materiaal bevatten en dus een verspilling van kostbare energie.

Stel dat er om een of andere reden niet voldaan kan worden aan de warmtebehoefte, bijvoorbeeld door een defect aan de installatie, kunnen we nog steeds gebruik maken van de condenserende gasketels die zich bevinden op de verschillende plaatsen. Op deze manier is er altijd voldoende back-up en komt er normaal niemand in de kou te staan.



## 6.5.2 Houtketel als basisverwarming

Als we een houtketel wensen die slechts voor een deel de warmtevraag zal gaan dekken, zullen we proberen om een vermogen te kiezen die volgens de jaar duurcurve een zo groot mogelijke oppervlakte (vermogen x uren) heeft of een maximale opbrengst. Op deze manier kan de installatie rendabeler draaien. Een voorbeeld van jaar duurcurven voor verschillende typetoepassingen is te zien in Figuur 6-10.



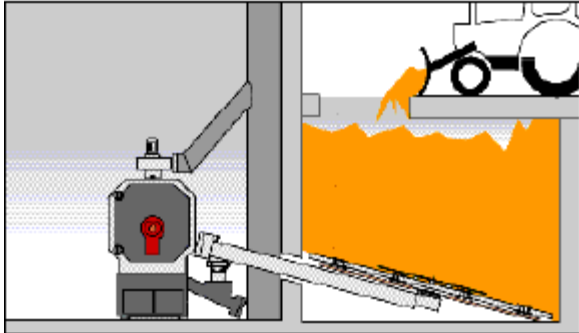
**Figuur 6-10** Jaarverbruiksprofielen per typetoepassing (jaar duurcurve) [10]

Om dit toe te passen op ons warmtenet zouden we van de huidige situatie een goede kennis moeten hebben van hoelang en wanneer welk verbruik plaats vindt. Dat is niet haalbaar voor deze studie, dus hebben wij het opgelost met de vuistregel dat we een minimumaantal vollastdraaiuren wensen te hebben van 3000 uren (ongeveer 1/3 van een jaar). Als we dit dan uittellen bij het verbruik van 3184MWh komen we uit op een vermogen van 1061kW. Bij houtketels is kleiner dimensioneren beter, dus zullen we in dit geval kiezen voor een houtketel van 950kW.

### 6.5.3 Houtsnipperopslag

Als we met houtsnipperpers gaan verwarmen hebben we in tegenstelling tot gas een opslag nodig. Deze wordt volledig op maat gemaakt naar de wensen van de klant. Er zijn dan ook verschillende mogelijkheden. We sommen er enkele hieronder op.

#### 6.5.3.1 *Bunker met transportsysteem en veearm*



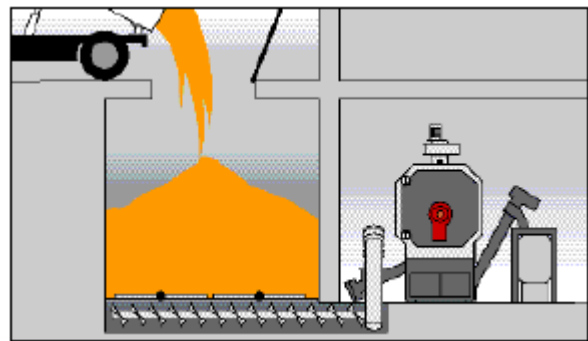
**Figuur 6-11 Bunker met veearm [9]**

Opslag met een veearm systeem is een goed systeem voor de opslag van pellets en houtsnipperpers in een vierkante of licht rechthoekige ruimte. We moeten enkel opletten dat we niet te veel gewicht op de veer zetten. Bij Viessmann hebben ze ons verteld dat we best niet meer dan 2m aan houtsnipperpers er bovenop stockeren. Dit principe werkt met een veearm die ronddraait en op die manier de brandstof naar de transportvijzel stuurt. Door een

aaneenschakeling van verschillende vijzels/transportbanden wordt de brandstof getransporteerd naar de ketel. Door de verende werking kan de arm redelijk goed tot in de hoeken geraken, maar uiteindelijk zal er altijd een kleine hoeveelheid in de ruimte aanwezig blijven.

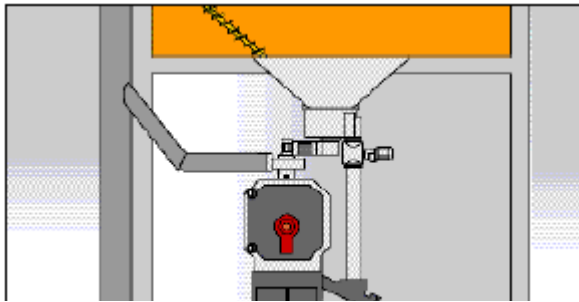
#### 6.5.3.2 *Bunker met transportsysteem en bewegende bodem*

Een andere optie als opslag is een bunker met een bewegende vloer. Deze bewegende vloer (of walking floor) schuift de brandstof door middel van hydraulische drijfstanden naar voor in een goot. Vanaf die goot vertrekken we weer met vijzels/transportbanden naar de ketel. Dit systeem is wat duurder dan het vorige, maar dit is veel robuuster en kan in alle rechthoekige ruimten gebruikt worden. Dit is dus een systeem dat meer gebruikt wordt bij de grotere installaties waar men een grote opslag nodig heeft en snel een grote hoeveelheid brandstof.



**Figuur 6-12 Bunker met bewegende bodem [9]**

### 6.5.3.3 *Opslag met silosysteem*



**Figuur 6-13** Opslag met silosysteem

We kunnen ook gebruik maken van een silo met een trechter. Hierbij stockeren we de brandstof in een silo, meestal pellets, die we dan boven de ketel positioneren. De brandstof wordt dan door middel van een pendelvijsel gedoseerd naar de ketel gestuurd. Bij houtsnippers is dit systeem minder geschikt doordat deze moeilijk in de silo gebracht kunnen worden.

### 6.5.3.4 *Grootte van de opslag*

De hoeveelheid houtsnippers die we moeten opslaan is afhankelijk van de frequentie dat we hem willen bijvullen en/of de tijd dat we verder moeten kunnen zonder bevoorrading. Een algemene regel die men vaak beschrijft is dat men best de hoeveelheid snippers die de ketel op het koudste moment op een week verbruikt plus 1 levering.

In ons geval zouden we op het ergste moment ongeveer 125MWh nodig hebben en we willen werken met een grote vrachtwagen van 90m<sup>3</sup>. Dit geeft samen met een energiedichtheid van 0,6 tot 1,1MWh/m<sup>3</sup> een nodige opslag van 200 à 300m<sup>3</sup>.

## 6.5.4 **Conclusie**

Voor dit project hebben we geopteerd om de houtketel als basisverwarming te gebruiken. We hebben hier gekozen voor de Vitoflex 300-UF 950 van Viessmann. Dit om zo een grotere rentabiliteit te bekomen, de investeringskosten zijn lager en we hebben een groter aantal equivalente draaiuren. Bij het verdere denkpatroon hebben we geschat dat we met deze ketel normaal ongeveer 80% van het verbruik zullen gaan dekken en dat de rest door middel van de condenserende gasketels verwarmt zal worden. Bij deze ketel hebben we gekozen voor de volgende opties: een pneumatisch reinigingssysteem, automatische ontassing en een gewone multicycloonfilter. Dit om het de gebruikers zo comfortabel mogelijk te maken en geen personeel te moeten zorgen voor de ketel aan te sturen. Als opslag gaan we de kelder benutten van de nieuw te bouwen stookruimte (zie bijlage). Deze zal werken met een walking floor en zal een capaciteit hebben van ongeveer 250m<sup>3</sup>.

## 7 MILIEU

---

### 7.1 Algemeen

Opwarming van de aarde, zure regen, fijnstof, het gat in de ozonlaag, ... Dit zijn allemaal thema's waar we regelmatig iets over in de media vernemen. Dit zijn ook allemaal geen recente problemen, maar treden al op van in het begin van de mensheid. Tijdens de industriële revolutie is de milieuproblematiek immens snel gestegen. Dit te wijten aan de stijging van arbeidsproductiviteit in de industrie. Deze welvaart zorgde ook voor een grote toename van de wereldbevolking. Men stelt zich dan nu ook terecht de vraag of we de draagkracht van de aarde niet aan het overschrijden zijn. Een zeer mooi verhaal hierover is de geschiedenis van Paaseiland. De meeste mensen kennen dit eiland door de typische stenen beelden. Ooit, voordat de eerste inwoners aanwezig waren op het eiland, was Paaseiland een dicht bebost eiland. De bevolking kapte de bomen om deze te gebruiken voor verschillende doeleinden. Op een gegeven moment waren alle bomen verdwenen en werd de geërodeerde bodem na regen heel hard en droog. Dit maakte het de bevolking zeer moeilijk om nog aan landbouw te doen en er kwam een kloof tussen de elite en de werknemers. Op dat moment was het bevolkingsaantal op het eiland al zeer groot. Deze toestand kon niet lang zo blijven en op een gegeven moment daalde deze bevolkingsaantallen dan ook zeer sterk. Deze daling komt doordat mensen in opstand kwamen, er werd veel vermoord, er ziekten heerste en door de ontbering die er was.



**Figuur 7-1 Beelden Paaseiland**

De les die uit het verhaal van Paaseiland getrokken kan worden is dat als mensen geen zorg dragen voor hun eigen leefmilieu, als de welvaart groter is dan de draagkracht en als de kloof tussen arm en rijk te groot wordt, kan dit catastrofale gevolgen hebben en zo de beschaving in elkaar laten storten.

Om geen analoge situatie te krijgen op onze aarde is het noodzakelijk dat we streven naar een duurzame ontwikkeling. Met duurzame ontwikkeling wordt bedoeld dat we tegemoetkomen aan de noden van vandaag, zonder de noden van toekomstige generaties in het gedrang te brengen. Dit op zowel sociaal, economisch en ecologisch vlak. Op dit moment werd er nog nergens een volledig duurzame ontwikkeling bereikt.

In dit project is voornamelijk de impact op het milieu de luchtverontreiniging. Hierdoor gaan we dan ook enkel op de luchtverontreiniging en zijn mogelijke oplossingen inzoomen. Met specifiek de koolstof bevattende gassen zoals CO<sub>2</sub>, de stikstof bevattende gassen zoals de NO<sub>x</sub> en het fijnstof. Deze verontreiniging komt hoofdzakelijk van het verbrandingsproces in de houtketel.

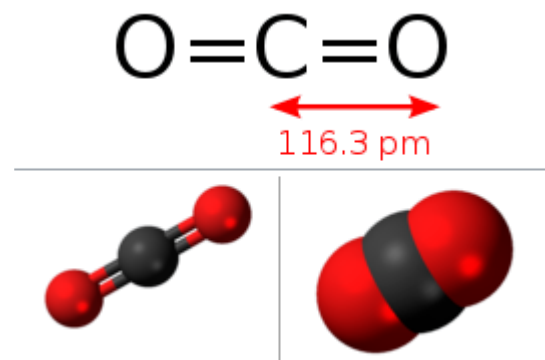
## 7.2 Koolstof bevattende gassen

### 7.2.1 CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> of koolstofdioxide, het gas waar dit project om draait, is een kleurloos, geurloos gas dat zwaarder is dan lucht en van nature aanwezig is in de atmosfeer. CO<sub>2</sub> is een van de 4 meest voorkomende gassen in de atmosfeer en is een broeikasgas. Dit gas is in lage hoeveelheden (<0,5%) geen toxisch gas voor de mens, maar in hogere concentraties kan dit wel

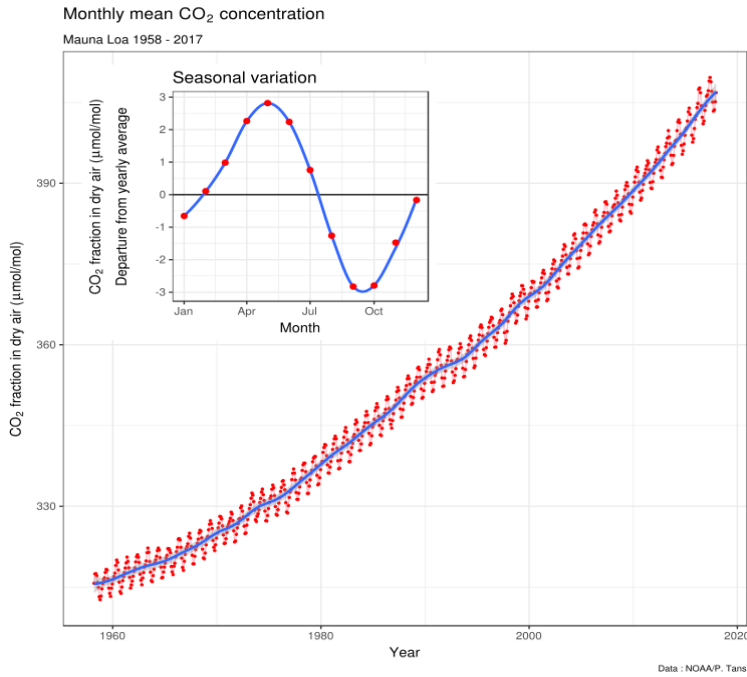
toxisch zijn. Het gas heeft op planten wel een gunstig effect, het bevordert hun groei. Planten nemen CO<sub>2</sub> op en zetten dit via fotosynthese om naar koolhydraten.

CO<sub>2</sub> wordt geproduceerd door zowel menselijke als natuurlijke activiteiten. In de natuur hebben we de vulkanen, bosbranden, verteringsprocessen, ... Bij de mensen komt dit voort uit de verbranding van koolstof houdende stoffen (fossiele brandstoffen, houtskool, ...). Het grote probleem bevindt zich daar dan ook. We stoten meer CO<sub>2</sub> uit dan dat er opgenomen wordt. Figuur 7-3 toont dit dan ook voor een meting op Hawaï waar men dit al meet sinds 1958. Men heeft voor Hawaï gekozen omdat het in de Grote oceaan een geïsoleerde ligging heeft van de geïndustrialiseerde wereld en zo betere metingen te bereiken. We zien een duidelijke stijging van de PPM CO<sub>2</sub> met een sinusoïdaal verloop. Deze sinus komt overeen met een jaarlijks verloop van de plantengroei te wijten aan de seizoenen. Zo is er in de zomer een meer intense plantengroei waardoor het CO<sub>2</sub> gehalte daalt.



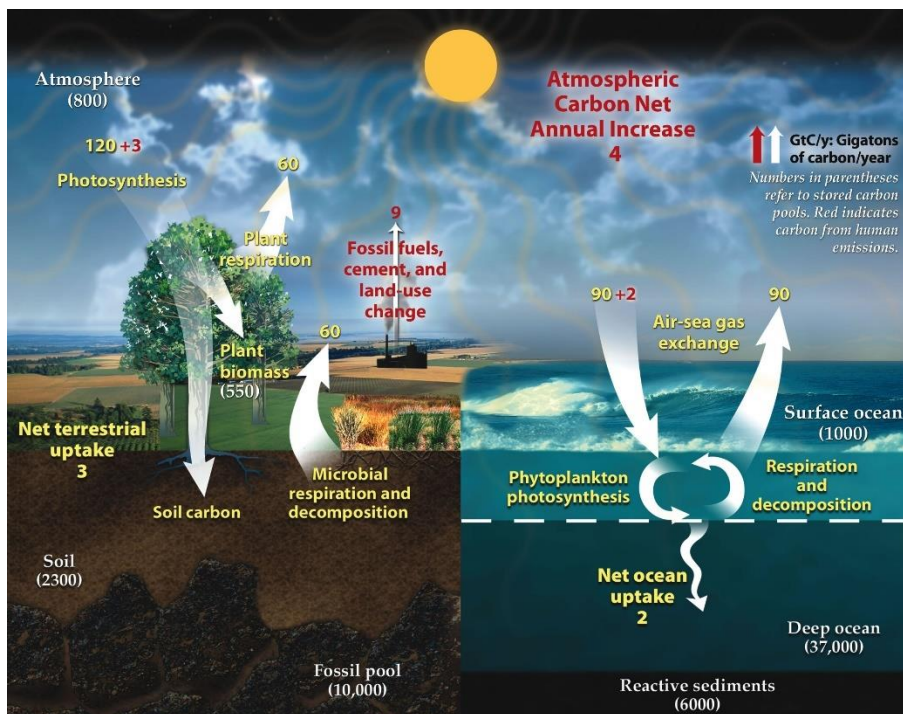
**Figuur 7-2 Molecule CO<sub>2</sub> [15]**





**Figuur 7-3 Toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer gemeten in Hawaï [12]**

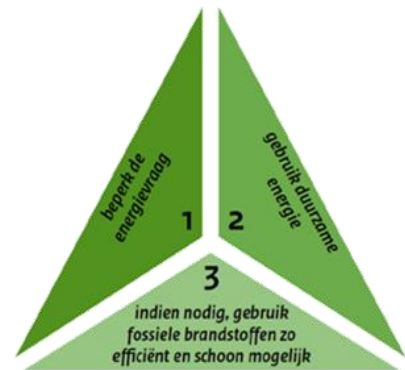
Volgens die metingen hebben we de laatste jaren een constante stijging van 1,3ppm/jaar. Indien alle CO<sub>2</sub> die door de mens wordt uitgestoten in de atmosfeer zou opstapelen, zouden we een stijging hebben van 3ppm/jaar. Het verschil van 1,7ppm/jaar is te wijten aan de natuur die dat deel verwerkt. Het grootste deel wordt opgenomen door bomen en planten, maar de oceanen hebben er ook een groot aandeel in. Figuur 7-4 geeft hier een samenvatting van weer.



**Figuur 7-4 CO<sub>2</sub> cyclus [13]**

Doordat CO<sub>2</sub> de grootste bijdrage levert aan het wereldwijde klimaatprobleem is het zeker nuttig om eens te bekijken hoe we de productie ervan kunnen verminderen. Daar de mens vooral CO<sub>2</sub> produceert voor energie kunnen we dit dus reduceren door te kijken naar de trias energetica. Deze stelt in 3 stappen op hoe we energiebesparende maatregelen moeten nemen.

1. Beperk de energievraag: Vermijd verspilling aan energie en probeer deze zo efficiënt mogelijk te gebruiken.
2. Gebruik duurzame energie: Tracht zoveel mogelijk duurzame hernieuwbare energiebronnen te gebruiken.
3. Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk: Als laatste stap, als vorige stappen doorlopen zijn, moeten we de fossiele brandstoffen die we nodig hebben zo goed mogelijk en schoon mogelijk



**Figuur 7-5 Trias energetica**

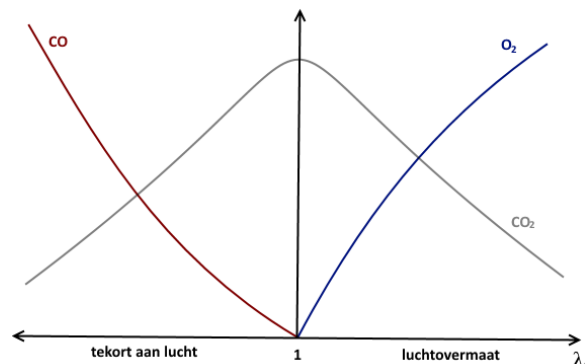
gebruiken.

Met ons project focussen we ons dan vooral op de 2<sup>de</sup> stap, het gebruik maken van biomassa voor de productie van warmte. Dit wil niet zeggen dat we de eerste stap over geslagen hebben. De gemeente zelf is bezig met maatregelen om energie te besparen, waardoor wij ons daar niet mee bezig houden in dit project. Ook stap 3 komt terug, we gaan voor de warmte die onze ketel niet kan leveren gebruik maken van fossiele brandstoffen (aardgas), maar in een ketel met recente/energiezuinige ketel.

## 7.2.2 CO

CO of koolstofmonoxide is een gas dat de mens moeilijk kan waarnemen. Het is ook een kleurloos, geurloos en smaakloos gas dat toxisch is voor de mens. De CO waar wij mee te maken hebben is afkomstig van een onvolledige verbranding van de houtsnippers doordat er een element van de verbranding te kort is, bijvoorbeeld te weinig zuurstoftoevoer of turbulentie in de verbrandingskamer. We moeten dus maatregelen treffen zodat we een goede verbranding krijgen. Enkele mogelijkheden waren: een lambda-sonde en geforceerde ventilatie (zie 6.4.2 Emissie). Koolstofmonoxide heeft zeer weinig impact op de materialen en planten, maar bij hoge concentraties is dit een giftig gas voor de mens. Dit komt omdat de CO in het bloed terecht komt en hier ervoor zorgt dat de zuurstofmoleculen niet opgenomen kunnen worden. Indien er te weinig zuurstof in het bloed aanwezig is krijgen de organen, die de zuurstof nodig hebben, ook te weinig en sterven ze af. Indien men merkt dat men te veel CO ingeademd heeft kan dit eenvoudig verwijderd worden door opnieuw zuivere lucht in te ademen.

Rechts op Figuur 7-6 zien we hoe de koolstof bevattende gassen theoretisch verlopen in functie van de luchtvermaat. We zien duidelijk dat het CO-gehalte stijgt naar mate we een tekort aan lucht krijgen. Als  $\lambda = 1$ , dan is theoretisch de verhouding lucht-brandstof perfect en wordt alle O<sub>2</sub> omgezet in CO<sub>2</sub>. Bij



**Figuur 7-6 Luchtvermaat bij verbranding**

overmaat van lucht daalt het CO<sub>2</sub> gehalte procentueel terug omdat we nu het overschot aan O<sub>2</sub> in de rookgassen hebben.

## 7.3 Stikstof bevattende gassen

Stikstof bevattende gassen is ook een belangrijke bron van luchtvervuiling die we eens kunnen bekijken. In grote lijnen hebben we 3 polluenten die van belang kunnen zijn: NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O en NH<sub>3</sub>. Voor ons project is enkel NO<sub>x</sub> van belang en met die reden gaan we ook enkel deze uit de doeken doen.

### 7.3.1 NO<sub>x</sub>

NO<sub>x</sub> is de voornaamste stikstof bevattende pollutant. Deze wordt natuurlijk gevormd bij natuurbranden, biologische processen en kan gevormd worden in de hogere luchtlagen door Uv-straling uit O<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>. Ook de mens produceert NO<sub>x</sub> bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Deze bron van vervuiling is het meest significant en kan op 2 manieren geproduceerd zijn.

Thermische NO<sub>x</sub>: Lucht bestaat voornamelijk uit O<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>. Indien dit in de verbrandingslucht tot een voldoende hoge temperatuur komt (vanaf 1000K) kan de stikstof gaan oxideren. De volgende vergelijking geeft de reactie weer:  $N_2 + O_2 + 90,3 \text{ kJ/mol} = 2 \text{ NO}$

Het evenwicht van deze chemische vergelijking is afhankelijk van de temperatuur, hoe hoger de temperatuur, hoe meer het evenwicht naar rechts ligt.

Brandstof NO<sub>x</sub>: In dit geval oxideert de stikstof die chemisch gebonden is aan de brandstof. Verschillende soorten brandstoffen bevatten een hoeveelheid stikstof. In ons geval is iets meer dan 14% van het volume aardgas stikstof (zie 4.7.1).

Zoals hoger geschreven verkrijgen we de molecule NO. Deze molecule is redelijk weinig toxisch, maar als we NO emitteren oxideren we bij lage temperatuur tot NO<sub>2</sub>. Dit gebeurt als volgt:  $2 \text{ NO} + O_2 = 2 \text{ NO}_2 + 57,1 \text{ kJ/mol}$ .

NO<sub>2</sub> is een roodbruin, irriterend gas dat in werkt op het ademhalingsstelsel en meer toxisch is dan NO. NO<sub>x</sub> speelt een belangrijke rol in de verzuring van het milieu.

Oplossingen die wij bij de ketel gebruiken zijn getrapte toevoer van lucht en rookgasrecirculatie. Deze zorgen er vooral voor dat we de verbrandingstemperatuur in de ketel niet te hoog laten worden. De gedetailleerde werking ervan staat beschreven in 6.4.2 Emissie.



## 7.4 Fijnstof

### 7.4.1 Wat is fijnstof?

Fijnstof (PM, particulate matter) is een vorm van luchtverontreiniging. Deeltjes in een aerosol worden tot fijnstof benoemd indien de aerodynamische diameter kleiner is dan  $10\mu\text{m}$ . Men gebruikt hier enkele termen: *rook* en *roet* voor deeltjes uit koolstof; *nevel* voor deeltjes gevormd door condensatie; *stof* voor vaste deeltjes gevormd door bijvoorbeeld vermalen/verpulveren; *mist* voor vloeistof deeltjes. De deeltjes kunnen allemaal verschillend zijn van vorm, afmetingen, samenstelling, ...

Ook hier zijn de bronnen ervan zowel natuurlijk als antropogeen. Bij de antropogene deeltjes hebben we vooral als bronnen de verspreiding van bodemstof, transport en industriële verontreiniging. Een andere bron van menselijke aard zijn de verbrandingsprocessen waarbij we vliegassen uitstoten.

Daarnaast hebben we dan ook dat door fotochemische reacties gassen als  $\text{SO}_2$  en  $\text{NO}_2$  omgezet kunnen worden tot vloeistoffen of vaste stoffen.

Fijnstof wordt in verschillende groepen opgedeeld aan de hand van hun grootte (aerodynamische diameter). Dit is de diameter van een bolvormig deeltje dat dezelfde aerodynamische eigenschappen heeft dan het deeltje zelf.

PM10: deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan  $10\mu\text{m}$

PM2,5: deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan  $2,5\mu\text{m}$

PM0,1: deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan  $2,5\mu\text{m}$

### 7.4.2 Effecten van fijnstof

Fijnstof heeft een effect op de gezondheid van de mens. Men heeft uit onderzoek kunnen vaststellen dat fijnstof luchtwegklachten, cardiovasculaire aandoeningen en vroegtijdige sterfte kan veroorzaken. Hoe fijner de deeltjes hoe gemakkelijker dat deze via de longen in de bloedbaan terecht kunnen komen. De reden dat deze schadelijk zijn is dat de fijne deeltjes zware metalen en andere schadelijk stoffen kan bevatten.

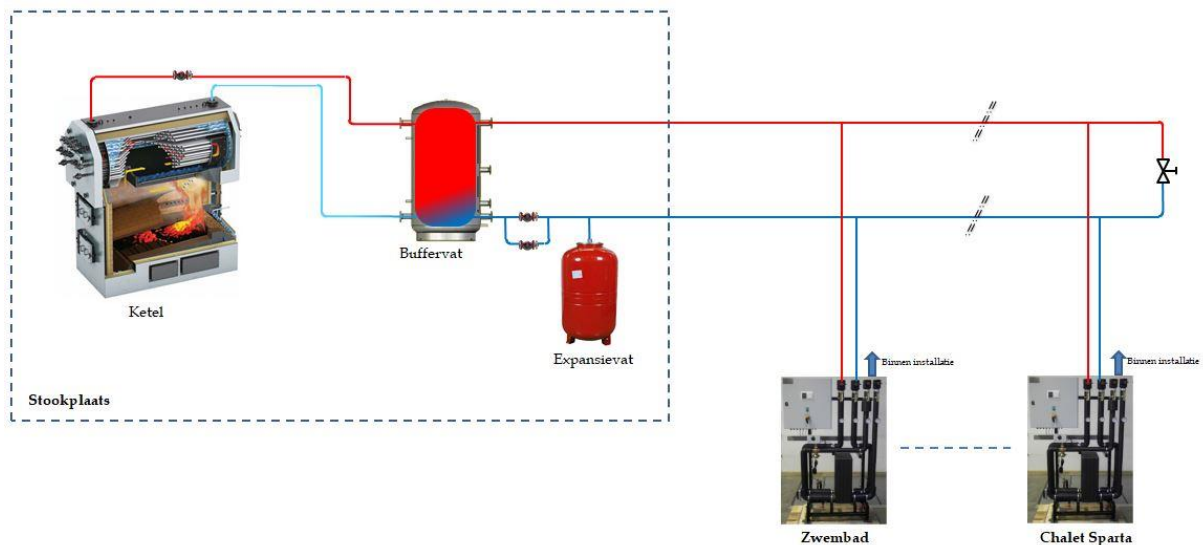
Fijnstof is ook nefast voor de omgeving. Deze kan zich afzetten op verschillende oppervlakken. Ze bevuilen het oppervlak en door de mogelijk chemische verbindingen die het fijnstof bevat kan dat een reactie geven met het oppervlak.

Voor het klimaat is het ook niet goed. De aanwezigheid van fijnstof in de atmosfeer kan het broeikaseffect tegenwerken. Dit komt door de verstrooiing van het licht en de vorming van wolken.

## 8 CONCLUSIE

### 8.1 Technisch

Technisch gezien is dit project volledig haalbaar, het is een vrij standaard warmtenet met een andere warmtebron dan gewoonlijk. We vatten hier kort samen hoe dit project technisch is uitgewerkt. Voor een uitgebreidere beschrijving en reden van keuze verwijs ik graag naar de tekst en de offertes in bijlage.



- **Ketel:** Vitoflex 300-UF 950
  - Pneumatische reiniging
  - 800l ascontainer
  - Rookgas ontstoffer
- **Buffervat:** 8000l (5 temperatuur sensoren)
- **Sturing:** Ecocontrol 950
- **Pomp:** 48m<sup>3</sup>/h – 40m<sup>wk</sup> (Grundfoss) redundant uitgevoerd
- **Expansievat:** 300l (met voordruk)
- **Leidingen:** Logstor stalen dubbelbuizen
- **Onderstations:** Fortes aquaheat atlantis
  - Chalet: VW: 37kW, SWW: 200kW
  - Kadee: VW: 65kW
  - Voetbal: VW: 170kW & 250kW
  - Zwembad: VW: 1500kW

## 8.2 Ecologisch

De ecologische kant van het verhaal is ook zeer belangrijk voor deze masterproef. De besparing voor het milieu is de vermindering van CO<sub>2</sub> door het vervangen van aardgas door biomassa. De gebruikte biomassa is onder de vorm van houtsnippers en er wordt vanuit gegaan dat het netto uitgestoten CO<sub>2</sub> enkel te wijten is aan de verwerking van boom tot brandstof. We rekenen voor deze houtsnippers met een waarde van  $14,667 \frac{kg_{CO_2}}{MWh}$  en we schatten dat we met de houtsnipperketel het verbruik voor 80% kunnen dekken en dus nog steeds 20% verwarmen op aardgas. De resultaten van Tabel 8-1 zijn dan bekomen:

**Tabel 8-1 Samenvattende tabel CO<sub>2</sub>-emissie**

	Geïnstalleerd vermogen	Jaarlijks verbruik	Gas equivalent	CO2 equivalent Voor project	CO2 equivalent Na project
Kadee	65 kW	40 MWh	4103 m <sup>3</sup>	9027 kg	2275 kg
Zwembad	1633 kW	2664 MWh	247365 m <sup>3</sup>	544203 kg	140098 kg
Tennis	400 kW	231 MWh	23695 m <sup>3</sup>	52129 kg	13136 kg
Voetbal	420 kW	216 MWh	21612 m <sup>3</sup>	47546 kg	12046 kg
Chalet	237 kW	33 MWh	3298 m <sup>3</sup>	7255 kg	1841 kg
<b>Totaal</b>	<b>2755 kW</b>	<b>3184 MWh</b>	<b>300072 m<sup>3</sup></b>	<b>660159 kg</b>	<b>169395 kg</b>

We zien dus dat het uitvoeren van dit project in een besparing zal resulteren van ongeveer 490764kg CO<sub>2</sub>. Dit is afhankelijk van hoeveel houtsnippers er ten op zichten van gas gebruikt zal gaan worden.

## 8.3 Financieel

Uit de studie van de drie toegewezen studenten handelswetenschappen blijkt dat financieel gezien dit een haalbare investering is. De totale investeringskost zal 519.368,16€ bedragen en terugverdiend zijn na iets meer dan 16 jaar.

**Tabel 8-2 Financiële resultaten [1]**

Output	
Netto Actuele Waarde	€ 582 346
Intern Rendement	7,77%
Terugverdiëntijd	16 jaar en 1 maand
Profitability Index	3,28
CO2-reductie per geïnvesteerde euro	25,30 kg

## Referenties

- [1] A. Bauwens, S. Boucherit en I. Houvenaghel, „Bedrijfsproject Bornem, Less CO2 Transknowledge project VOKA,” KU Leuven, Antwerpen, 2018.
- [2] L. Boelens, M. Dehaene, M. Goethals, A. Kuhk en J. Schreurs, „Warmte uit het landschap van Klein-Brabant,” UGent, Gent, 2015.
- [3] Wikipedia, „Gronings gas,” 12 oktober 2012. [Online]. Available: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Gronings\\_gas](https://nl.wikipedia.org/wiki/Gronings_gas).
- [4] D. Connolly, K. Hansen, D. Drysdale en H. Lund, „Enhanced Heating and Cooling Plans to Quantify the Impact of Increased Energy Efficiency in EU Member States,” 2016.
- [5] T. Nussbaumer en S. Thalmann, „Status report on district heating systems in IEA countries,” Zürich, 2014.
- [6] J. Gustafsson, J. Delsing en J. van Deventer, „Improved district heating substation efficiency with a new control strategy,” 2010.
- [7] Belgian Federal Government, „Klimaat,” Statbel. [Online]. [Geopend 9 November 2017].
- [8] Liandon, „WebPipeLab,” Liandon, [Online]. Available: <https://pipelab.tanet.nl>.
- [9] Twecom, „Energie uit ons landschap”.
- [10] S. De Clerck en B. Lociuro, „Voorstelling Biomassaverbranding”.
- [11] L. Loosvelt, S. Tobback en P. Verdonckt, „Groene warmte door kleinschalige houtverbranding,” Inargo, Rumbeke, 2015.
- [12] Wikipedia, „Mauna Loa Observatorium,” 22 Juli 2017. [Online]. Available: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Mauna\\_Loa\\_Observatorium](https://nl.wikipedia.org/wiki/Mauna_Loa_Observatorium).
- [13] H. Riebeek, „The Carbon Cycle,” earth observatory NASA, 2016 Juni 2011. [Online]. Available: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/>.
- [14] E. P. J. Hermans, Energie Survival Gids, BetaText v.o.f., 2008.
- [15] C. Vandecasteele en C. Block, Lucht, Water en bodem over milieuproblemen en hun oplossing, Tielt: Lannoo, 2012.
- [16] Wikipedia, „Carbon dioxide,” 23 Maart 2018. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_dioxide](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide).
- [17] Wikipedia, „Standard enthalpy of formation,” 26 November 2017. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_enthalpy\\_of\\_formation](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_enthalpy_of_formation).

## **Bijlagen**

Bijlage A	Enquête/brief bewoners Breevendreef
Bijlage B	Dimensioneringsrapport leidingen
Bijlage C	Samenvatting pompgegevens
Bijlage D	Dimensionering expansievat
Bijlage E	Offertes componenten

## Bijlage A ENQUÊTE/BRIEF BEWONERS BREEVENDREEF



Aan de betrokkenen

**ONS KENMERK**  
UIT2017OM-MK035

**UW KENMERK**

**DATUM**  
23 aug 2017

**DIENST**  
Omgeving

**ONDERWERP**  
bevraging warmtenet

Geachte heer  
Geachte mevrouw

In het kader van het Less-CO<sub>2</sub> project van VOKA onderzoeken we de mogelijkheden voor ondernemingen om CO<sub>2</sub> uitstoot te verminderen. Eén van deze projecten is een studie i.v.m. de haalbaarheid van een kleinschalig warmtenet in het sport- en recreatiedomein Breeven dat we indien mogelijk kunnen verwarmen met de houtkanten uit Klein-Brabant.

Houtkanten zijn een dichte rij bomen en struiken langs de kant van de weg of tussen perceelgrenzen. Houtkanten bestaan al zeer lang en hadden verschillende functies. Ze dienden als afbakening van percelen, hielden vee tegen, beschermden tegen wind en erosie en leverden brandhout. Zoals vele landschapselementen zijn ze vandaag hun originele functie verloren en werden op veel plaatsen vervangen door prikkeldraad.

Vandaag hebben ze vooral een grote ecologische functie. Houtkanten zijn bijzondere ecosystemen waar we verschillende soorten planten en dieren kunnen aantreffen. De plantengroei is er vaak sterk gelijkend op die in bosranden, maar ook kruiden uit bermen en velden komen er voor. Om hun ecologische waarde te behouden, is het essentieel dat het oud (hakhout)beheer van houtkanten wordt voortgezet.

Daarnaast nemen verwarmingskosten vandaag de dag een groot deel van het gezinsbudget in beslag en belanden bij grote aardgas- of stookolieleveranciers elders in de wereld. Door te kiezen voor houtsnippers, die geoogst worden uit lokale houtkanten, kies je duidelijk voor de lokale economie en dat heeft zo zijn voordelen.

- Je investeert in je eigen landschap, dat er baat bij heeft om onderhouden te worden.
- Je stimuleert lokale tewerkstelling.
- Je kiest voor een CO<sub>2</sub> neutrale, duurzame brandstof (de uitstoot bij verbranding wordt tijdens de levensduur van de houtkanten opgenomen).

Om dit project rendabeler te maken zou het fijn zijn als u er deel van zou willen uitmaken. Hiervoor zouden we enkele dingen willen weten. Bij deze brief vindt u een korte bevraging waarop u enkele gegevens kan invullen. Gelieve bij interesse dit blad ingevuld terug te bezorgen via het mailadres [maarten.kegels@bornem.be](mailto:maarten.kegels@bornem.be) of terug te bezorgen op de dienst Omgeving in het gemeentehuis t.a.v. Maarten Kegels.

**KU LEUVEN**

**GEMEENTE BORNEM**

Hingenesteenweg 13 · 2880 Bornem

[www.bornem.be](http://www.bornem.be)

## Bijlage B DIMENSIONERINGSRAPPORT LEIDINGEN

### WebPipeLab resultfile

#### 1. Summary

dh		
Supply flow	13,34	kg/s
Supply head loss	14,15	m
Number of load connections	6	
Individual load factors used	yes	
Total value of load connections (without ILF)	2485	kW
Total value of load connections (with ILF)	2485	kW

#### 2. Properties

Program	WebPipeLab 1.3.0 (2017-10-18)
Date, time	14/11/2017 19:17:51
Title	Warmtenet Bornem
Principal	Liandon - Hans Korsman
Author	Kevin Cox
Company	KU Leuven
Project code	BREEVEN
Project name	
Document nr.	
Revision	
Int. rev.	31/10/2017
Remarks	

#### 3. Setting

Temperature supply	85	°C
User Pressure	5	m
Target head loss	250	Pa/m
Target Head loss Limit	10,1971621297793	m
Factor special resistance	20	%
Overall load factor	90	%
DH coincidence step	5	%
Minimal coincidence	55	%
Individual load factors used	yes	

#### 4. Load data

node	name	head	temp.	load			
				flow	power	delta T	ILF
		[m]	[°C]	[kg/s]	[kW]	K	
4	Zwembad	50,74	85	-11,933	1500	30	1
6	Kadee	42,96	84,56	-0,517	65	30	1
8	Tennis	46,51	84,76	-2,784	350	30	1
11	Voetbal 1	39,44	84,29	-1,352	170	30	1
13	Voetbal 2	39,76	84,37	-1,989	250	30	1
14	Sparta	36,84	83,49	-1,193	150	30	1

### 5. Pipe Class statistics

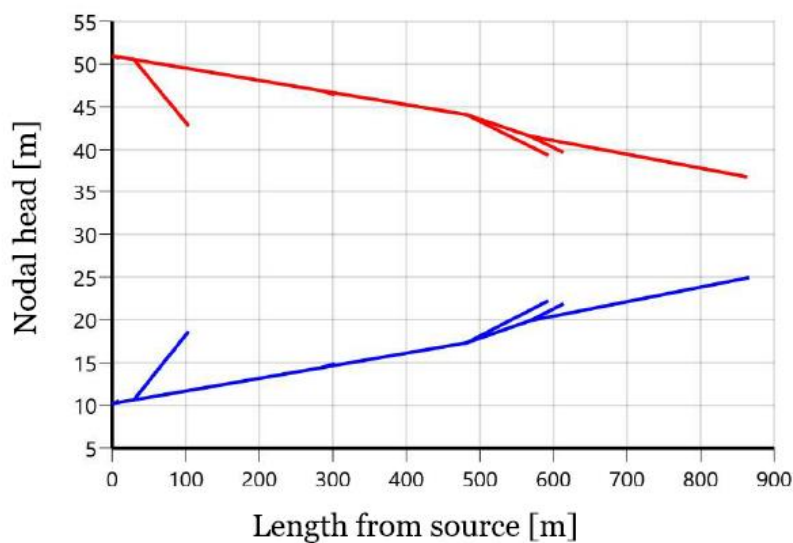
type	length	volume
	[m]	[m <sup>3</sup> ]
DN20	72,755	0,027
DN32	108,602	0,118
DN40	338,538	0,494
DN50	102,683	0,24
DN65	198,622	0,771
DN80	283,995	1,518
DN100	3,275	0,03
Total	1108,471	3,197
-- All Pipe Classes --		
type	length	volume
	[m]	[m <sup>3</sup> ]
Grand Total	1108,471	3,197

### 7. Node data

node	name	head	temp.	load			
				flow	power	delta T	ILF
		[m]	[°C]	[kg/s]	[kW]	K	
1	head	50,99	85				
2		50,92	85				
3		50,54	84,98				
4	Zwembad	50,74	85	-11,933	1500	30	1
5		49,17	84,9				
6	Kadee	42,96	84,56	-0,517	65	30	1
7		46,92	84,78				
8	Tennis	46,51	84,76	-2,784	350	30	1
9		46,11	84,72				
10		44,09	84,56				
11	Voetbal 1	39,44	84,29	-1,352	170	30	1
12		41,6	84,46				
13	Voetbal 2	39,76	84,37	-1,989	250	30	1
14	Sparta	36,84	83,49	-1,193	150	30	1


### 10. Graphics

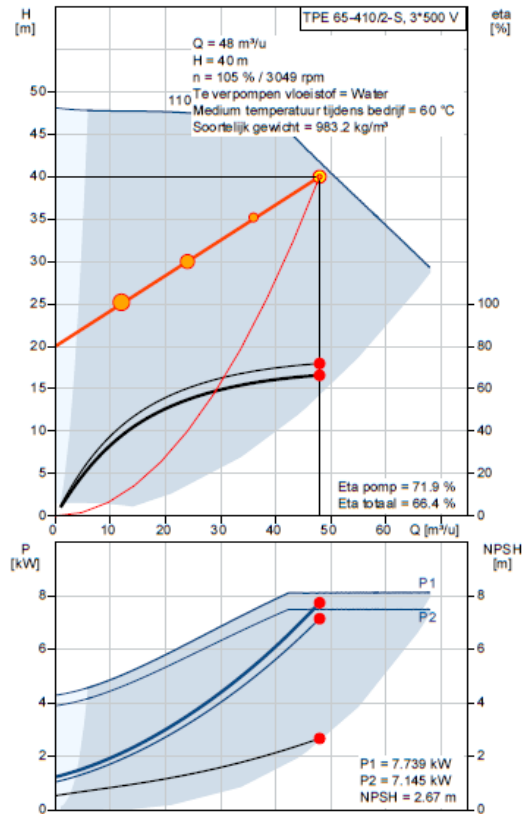
#### h/L Plot - supply and return network - District Heating





## Bijlage C SAMENVATTING POMPGEGEVENS

		Firma naam: Gemaakt door: Telefoon:
		Datum: 26-10-2017
Omschrijving	Specificatie	
<b>Algemene informatie:</b>		
Productnaam::	TPE 65-410/2-S A-F-A-BQQE	
Artikelnummer::	99114672	
EAN nummer::	5712607033705	
<b>Technisch:</b>		
Toerental voor pompagegevens:	2910 omw/min	
Berekende flow:	48 m <sup>3</sup> /u	
Resultaat in opvoerhoogte van de pomp:	40 m	
Max. opvoerhoogte:	410 dm	
Primaire asafdichting:	BQQE	
Curve tolerantie:	ISO9906:2012 3B	
Pomp uitvoering:	A	
Model:	A	
<b>Materialen:</b>		
Pomphuis:	Gietijzer EN-JL1040 ASTM A48-40 B	
Waaier:	Gietijzer EN-JL1030 ASTM A48-30 B	
Materiaalcode:	A	
<b>Installatie:</b>		
Reeks van omgevingstemperaturen:	-20 .. 50 °C	
Maximale bedrijfsdruk:	16 bar	
Flens norm:	DIN	
Code voor leidingaansluiting:	F	
Leidingaansluiting:	DN 65	
Druktrap:	PN 16	
Inbouwlengte:	360 mm	
Motorflens afmeting:	FF265	
<b>Vloeistof:</b>		
Te verpompen medium:	Water	
Bereik vloeistoftemperatuur:	-25 .. 120 °C	
Liquid temperature during operation:	60 °C	
Dichtheid:	983.2 kg/m <sup>3</sup>	
Kinematische viscositeit:	0.48 mm <sup>2</sup> /s	
<b>Elektrische gegevens:</b>		
Motor type:	132SF	
IE efficiëntieklasse:	IE5	
Nominaal vermogen - P2:	7.5 kW	
Neffrequentie:	50 Hz	
Nominale spanning:	3 x 380-500 V	
Nominaalstroom:	14,1-11,2 A	
Cos phi - power factor:	0,93-0,89	
Nominaal toerental:	360-4000 omw/min	
Efficiëntie:	92,5%	
Dichtheidsklasse (IEC 34-5):	IP55	
Insolatie klasse (IEC 85):	F	
Motorbeveiliging:	JA	
Motor Nr.:	98971241	



## Bijlage D DIMENSIONERING EXPANSIEVAT

Referentie			
Dossier	Warmtenetwerk Breeven	Datum	11/11/2017
Naam	Gemeente Bornem		
Adres	Hingensesteenweg 13		
Gemeente	2880 Bornem		
Commentaar			
Invoergegevens voor de installatie			
1 Maximale bedrijfstemperatuur	$q_{max}$	110	°C
2 Antivriesproduct concentratie (ethyleenglycol)		0	%
3 Expansiecoëfficiënt (vulling op 10°C)	$e$	5,15	%
4 Relatieve dampdruk	$p_v$	0,43	bar
5 Waterinhoud van de installatie	$V_{system}$	3200	l
6 Statische hoogte	$h_{st}$	5,0	m
Theoretische berekening van het expansievat			
7 Expansievolume van het water	$V_{ex} = V_{system} \times e / 100$	165	l
8 Minimaal reservewatervolume	$V_{wr,min} = \max [V_{system} \times 0,005; 3]$	16	l
9 Gebruiksrendement van het expansievat	$\eta \quad [0,1 ; 1]$	0,90	-
10 Minimaal werkelijk volume van het vat	$V_{N,min} = (V_{ex} + V_{wr,min}) / \eta$	201	l
Keuze van het expansievat			
11 Werkelijk volume van het vat	$V_N \geq V_{N,min}$	300	l
12 Maximaal reservewatervolume	$V_{wr,max} = \eta \times V_N - V_{ex}$	105	l
Berekening van de geregelde druk in het expansievat			
13 Statische druk	$p_{st} = h_{st} \times 0,0981$	0,5	bar
14 Geregelde druk	$p_{reg} = p_{st} + p_v + 0,5$	1,4	bar ①
15 Insteldruk van het veiligheidsventiel	$p_{sv} \geq p_{reg} + 0,5 + 0,5$	2,4	bar
Bepaling van de capaciteit van de compressor of van de pomp			
16 Geïnstalleerd vermogen	$\Phi_{SU}$	2690	kW
17 Gemiddelde watertemperatuur	$q_{mean}$	70	°C
18 Contractiedebiet	$q_c$	0,51	l/(h.kW)
19 Capaciteit van de compressor of van de pomp	$q_{com} = q_c \times \Phi_{SU} / 2$	686	l/h
(1) De geregelde druk dient eventueel verhoogd te worden om rekening te houden met de minimale werkingsdruk van de ketel en/of de minimale waarde aan de zuigzijde van de pomp			

## Bijlage E OFFERTES COMPONENTEN



Viessmann Hermesstraat 14 1930 Zaventem

---

Viessmann Project  
Hermesstraat 14  
1930 Nossegem

ZAVENTEM  
Hermesstraat 14  
1930 ZAVENTEM  
Telefoon: 02-7 120666  
Telefax: 02 725 12 39

Behandeld door: FrcG  
Geeraart Franck  
Telefoon: +32 2 7120-703  
Telefax: +32 2 7120-715  
E-Mail: FrcG@viessmann.com

13-mrt-2018

**Uw aanvraag van:** 13-mrt-2018  
**Project:** vitoflex  
**Projectnr.:**                      **Offertenummer:** 6020224063

Geachte

Wij danken u voor uw prijsaanvraag waarvoor wij u, geheel volgens onze algemene verkoopsvoorwaarden, de hierna volgende oplossing vrijblijvend aanbieden. Alle prijzen in deze offerte zijn te begrijpen als netto prijzen exclusief BTW. De geldigheidsduur van deze offerte bedraagt 3 maanden.

Wij behouden ons het recht voor op technische aanpassingen of verbeteringen, evenals veranderingen in ons productgamma.

De leveringstermijn is overeen te komen.

De levering is franco werf in België (> 400 EUR), naast de vrachtwagen (gewicht < 2 Ton).

Betalingsvoorwaarden : 30 dagen netto.

Wij hopen u met deze offerte de gewenste oplossing te hebben aangeboden. Mocht u nog vragen hebben of meer inlichtingen wensen, staan wij steeds tot uw dienst.

Met vriendelijke groeten

Viessmann Belgium B.V.B.A.

Elisabeth Prasman

Geeraart Franck

Op [www.viessmann.be](http://www.viessmann.be) vindt u, naast andere info, ook technische documentatie van onze producten. alsook onze algemene verkoopsvoorwaarden.

Offerte: 6020224063 van 13-mrt-2018  
 Klant: 0608713176  
 Project: vitoflex  
 Projectnr.:



Pos.	Materiaalomschrijving	Totaalprijs
10	Vitoflex 300-UF 950 Artikelnr.: ZK02058  1,00 ST            110.005,00 EUR/ST	Netto            110.005,00 EUR
20	Therm. Afloopbeveiliging 100°C Artikelnr.: 7387405  2,00 ST            198,00 EUR/ST	Netto            396,00 EUR
30	Motor-driewegenkraan, VBF 21.125/SQL 33  Artikelnr.: 7388053  1,00 ST            1.534,00 EUR/ST	Netto            1.534,00 EUR
40	Circulatiepomp Wilo - Stratos 80/1-12  Artikelnr.: 7539757  1,00 ST            4.261,00 EUR/ST	Netto            4.261,00 EUR
50	Automatische stookinrichting  Artikelnr.: 7387420  1,00 ST            1.304,00 EUR/ST	Netto            1.304,00 EUR
60	Set duwstangen 950-1250 Artikelnr.: 7387921  1,00 ST            3.231,00 EUR/ST	Netto            3.231,00 EUR
70	Recirc.gasinrichting Pyrttec 950  Artikelnr.: 7387837  1,00 ST            6.283,00 EUR/ST	Netto            6.283,00 EUR
80	Entaschung 240 Liter 950 Artikelnr.: ZK02045  1,00 ST            6.086,00 EUR/ST	Netto            6.086,00 EUR
<b>Alternatief voor positie 80</b>		

Offerte: 6020224063 van 13-mrt-2018  
 Klant: 0608713176  
 Project: vitoflex  
 Projectnr.:



Pos.	Materiaalomschrijving	Totaalprijs
90★	Ontassing in ascontainer 800 l Artikelnr.: ZK02052  1,00 ST            8.984,00 EUR/ST	Netto            ★ 8.984,00 EUR
100	Reserve-aston 240 liter  Artikelnr.: 7387993  1,00 ST            455,00 EUR/ST	Netto            455,00 EUR
110★	<b>Alternatief voor positie 100</b> Ascontainer 800L reserve Artikelnr.: 7387783  1,00 ST            1.267,00 EUR/ST	Netto            ★ 1.267,00 EUR
120	Pneumatische reiniging 950-1250  Artikelnr.: 7423691  1,00 ST            12.955,00 EUR/ST	Netto            12.955,00 EUR
130	Rookgasontstoffer 1250/240  Artikelnr.: 7423683  1,00 ST            10.142,00 EUR/ST	Netto            10.142,00 EUR
140	Reserve-aston 240 liter  Artikelnr.: 7387993  1,00 ST            455,00 EUR/ST	Netto            455,00 EUR
150	Regeling Ecocontrol 950 Artikelnr.: ZK02063  1,00 ST            13.330,00 EUR/ST	Netto            13.330,00 EUR
160	Boilermanagement 5 sensoren (QM)  Buffervat(en) voor centrale verwarming *****	

Offerte: 6020224063 van 13-mrt-2018  
 Klant: 0608713176  
 Project: vitoflex  
 Projectnr.:



Pos.	Materiaalomschrijving			Totaalprijs
	Artikelnr.: 7387809			
	1,00 ST	372,00 EUR/ST	Netto	372,00 EUR
170	Réservoir tampon 8.000 L			
	Diamètre: 1.800 mm			
	Hauteur: 3.600 mm			
	Côte diagonale: 3.645 mm			
	4 Raccordements DN 125			
	Bestelnr. 7246164			
	Artikelnr.: 7246164			
	2,00 ST	6.145,00 EUR/ST	Netto	12.290,00 EUR
180	Afsluitschuiver MA 220			
	Artikelnr.: 7388020			
	1,00 ST	1.679,00 EUR/ST	Netto	1.679,00 EUR
	Brandstofopslag en -transport			
	*****			
190	Stootstang AS 2,50 pro m			
	Artikelnr.: 7387992			
	23,00 M	835,00 EUR/M	Netto	19.205,00 EUR
200	Schuifstangaandrijving enkel			
	Artikelnr.: 7387978			
	2,00 ST	4.229,00 EUR/ST	Netto	8.458,00 EUR
210	Lasbodem schuifstangaandrijving enkel			
	Artikelnr.: 7387952			
	2,00 ST	579,00 EUR/ST	Netto	1.158,00 EUR
220	Lasbedding bunker per m			
	Artikelnr.: 7387830			

Offerte: 6020224063 van 13-mrt-2018  
 Klant: 0608713176  
 Project: vitoflex  
 Projectnr.:



Pos.	Materiaalomschrijving		Netto	Totaalprijs
	48,00 M	215,00 EUR/M		10.320,00 EUR
230	Hydrauliekaggregaat V9, Pyrot  Artikelnr.: 7387877			
	1,00 ST	3.320,00 EUR/ST	Netto	3.320,00 EUR
240	Schuifbodenvijzel AQ D 190 mm per m Artikelnr.: 7387811			
	10,00 M	529,00 EUR/M	Netto	5.290,00 EUR
250	Tractie AQ-standard, Pyrot  Artikelnr.: 7387904			
	1,00 ST	3.069,00 EUR/ST	Netto	3.069,00 EUR
260	Afdekking voor schuifbodenvijzel Artikelnr.: 7510168			
	5,00 M	904,00 EUR/M	Netto	4.520,00 EUR
270	Transportvijzel, D 190 mm per m Artikelnr.: 7387873			
	5,00 M	529,00 EUR/M	Netto	2.645,00 EUR
280	Tractie MF-Standaard, Pyrot  Artikelnr.: 7387971			
	1,00 ST	3.069,00 EUR/ST	Netto	3.069,00 EUR
	Diensten *****			
290	Montage (2 monteurs van KÖB). Prestaties door de opdrachtgever: binnenbrengen van al het geleverde. Montage van de ketelinstallatie incl. alle machine- en installatiecomponenten die in contact komen met brandstof en rookgassen en deel uitmaken van de vermelde standaardlevering. Eveneens inbegrepen is de montage van alle geleverde schakelaars, sonden en sensoren (met uitzondering van weersensoren en warmteverbruikers). De montage wordt uitgevoerd door twee			



Offerte: 6020224063 van 13-mrt-2018  
 Klant: 0608713176  
 Project: vitoflex  
 Projectnr.:



Pos.	Materiaalomschrijving	Totaalprijs		
	<p>ervaren monteurs. Prijs inclusief kilometervergoeding, onkosten en overnachting. Prestaties uit te voeren door de opdrachtgever 1.) Vooraleer de ketelinstallatie wordt gemonteerd. a) De werf is als volgt in te richten: verharde toegang tot de werf, stroomvoorziening 230 V en indien nodig 400 V voor elektrisch montagegereedschap b) Algemene bouwwerken als volgt: tot stand brengen van alle binnenbrenghopeningen die nodig zijn voor de montage, tot stand brengen van de betonkransen en uitsparingen voor vuldeksels en behuizingen van transportsystemen, bouwputten en doorbraakwerken voor de inrichtingen van het brandstoftransport. c) Bouwwerken, te weten: Hydraulisch drijfstangtransportsysteem: Plaatsen en vastmaken in beton van de geleverde lasbeddingen (indien meegeleverd), maken van de lasbeddingen (indien niet meegeleverd) dit is een prestatie die als gevolg van de grote krachten die ontstaan, moet worden uitgevoerd conform de instructies van de fabrikant en overeenkomstig de aanwijzingen van de vakman (bouwkundige, staticus). Monteren van de schoorsteeninstallatie met aansluitopening voor de rookgasbuis (uitzondering: metalen schoorsteen standaard meegeleverd) d) Droogleggen van stook- en siloruimte met alle kanalen en kokers die nodig zijn voor de montage van hele installatie. e) Afladen van de standaard geleverde goederen uit de vrachtwagen voor zover niet uitdrukkelijk een levering met kraanvrachtwagen overeengekomen is 2.) Na de montage van de ketelinstallatie: a) Montage van de geleverde schakelkasten of de centrale sturingmodules. Deze moeten, voor zover niet uitdrukkelijk anders overeengekomen, door de aangeduide elektro-installateur worden gemonteerd. b) Montage van weersensor en sonde voor de warmteverbruikers die standaard worden meegeleverd: deze moeten door de aangeduide elektro-installateur worden gemonteerd. c) Tot stand brengen van de stroomvoorziening en de bekabeling indien niet uitdrukkelijk anders overeengekomen: Elektrische ingang 3 x 400 V, PE, N met voorgeschakelde zekering in schakelkast. Verbindingskabel tussen de schakelkast en de motoren en regeltoestellen, aan beide zijden bedrijfsklaar aangesloten. d) Montage van losse waterzijdige installatiedelen die deel uitmaken van de levering: Waterzijdige installatiedelen die deel uitmaken van de levering maar die niet af fabriek verbonden zijn, zoals pompen, kleppen, thermische afvoerbeveiligingen, boilers, enz., moeten door een erkend installateur worden gemonteerd. e) Afsluiten van alle openingen tussen ketelruimte en brandstofopslag conform de Duitse Verordening inzake Brandveiligheid            Artikelnr.: 7005158</p>			
	1,00 ST	12.000,00 EUR/ST	Netto	12.000,00 EUR
300	<p>Inbedrijfstelling.            De inbedrijfstelling omvat de oplevering en overhandiging van de elektrisch en waterzijdig afgewerkte ketelinstallatie. Er vindt een controle met bijhorende uitleg plaats van alle functies waarmee men in de praktijk te maken krijgt. Inclusief controle van de veiligheidstechniek met opleveringsverslag.            Artikelnr.: 7005157</p>			
	1,00 ST	2.750,00 EUR/ST	Netto	2.750,00 EUR
310	<p>Controle na 6 weken.            Artikelnr.: 7005386</p>			



Offerte: 6020224063 van 13-mrt-2018  
 Klant: 0608713176  
 Project: vitoflex  
 Projectnr.:



Pos.	Materiaalomschrijving		Totaalprijs
	1,00 ST	1.000,00 EUR/ST	Netto ★ 1.000,00 EUR
320	Transportkosten. In deze kosten is het transport van de K�b-ketel met alle toebehoren naar een werf in België inbegrepen. Artikelnr.: 7005753		
	1,00 ST	1.750,00 EUR/ST	Netto 1.750,00 EUR
<b>Som posities</b>			<b>262.332,00 EUR</b>
	21,00 % BTW	257.085,36	53.987,92 EUR
<b>Som</b>			<b>316.319,92 EUR</b>
<p>Onze offerte en eventuele berekeningen zijn gebaseerd op de technische gegevens door u bezorgd.          Gelieve de volledigheid en de toepasbaarheid van onze offerte na te kijken in functie van het totaalconcept en/of lastenboek van uw installatie.          Gelieve ons op de hoogte te brengen indien er wijzigingen moeten aangebracht worden aan de offerte.</p> <p>Branders dienen steeds vanuit onze regeling gestuurd te worden om te vermijden dat deze vanuit vollast plots uitgeschakeld zouden kunnen worden.</p> <p>De correcte werking van de toestellen is enkel mogelijk als de werkingsvoorwaarden gerespecteerd worden, alsook de voorwaarden voor het voedings- en ketelwater.</p> <p>De werkingsvoorwaarden en de richtwaarden voor de waterkwaliteit vindt u in de technische bladen en de planningsdocumenten.</p> <p>Om bestaande installaties te beschermen raden wij de installatie van o.a. een vuilfilter aan.</p> <p>*****</p> <p>Gelieve bij eventuele bestelling steeds het projekt- en/of offertenummer te vermelden aub.</p> <p>*****</p> <p>Indicatieve leveringstermijn (te bevestigen bij bestelling):</p>			

Offerte: 6020224063 van 13-mrt-2018  
Klant: 0608713176  
Project: vitoflex  
Projectnr.:



Pos. Materiaalomschrijving	Totaalprijs
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vitodens, Vitocrossal, Vitoplex, Vitoradial, Vitorond, Vitocal, Vitosol, Vitocell, Vitovent: 1 – 3 weken</li><li>• Vitocal Pro 300-G Pro en 300-W Pro: 15 weken</li><li>• Logotherm woningstations: 6-8 weken</li><li>• Weishaupt branders: 4-6 weken</li><li>• Boilers Rudert: 4 – 6 weken</li><li>• Boilers Reflex: 6 – 8 weken</li><li>• Alfa Laval warmtewisselaars: 2-4 weken</li></ul> <p>Materiaal op bestelling wordt enkel teruggenomen na uitdrukkelijk akkoord van Viessmann en de leverancier en mits expliciete aanvaarding van de retourkosten door de klant.</p> <p><b>★) De posities die met een - ★ - zijn gemarkeerd, zijn niet opgenomen in het totale bedrag.</b></p>	

102648 VERKOOP AAN TOONBANK

Dhr. Kevin Cox

9000 GENT

Tel :

Fax :

BTW

**Offerte 247669**

Datum : 27/10/2017

Pag. 1/8

**Uw referentie** : R1: Raming Warmtenet Bornem - Student KU Leuven  
**Contactpersoon** : Pieter-Jan Bloeyaert  
**Uw vertegenwoordiger** : A. De Bosscher (9)  
**Offerte geldig tot** : 16/11/2017

Wij danken u ten zeerste voor uw aangehaalde prijsvraag en hebben de eer u offerte te maken.

Omschrijving	Aantal	Eh. prijs	%	Netto tot
<p>Warmtenet Bornem &gt; IwinPipe Serie 1</p> <p>Deze aanbieding bevat voorgeïsoleerde stalen leidingen met toepassingsgebied stadsverwarming. De stalen leiding (volgens EN253) is geïsoleerd met polyurethaan en bevat 2 lekdetectedraden, ook wel Nordic genoemd. Indien gewenst kan hierop een lekdetectiesysteem aangesloten worden. De buitenmantel bestaat uit een zwarte PE-HD mantel. De leidingen kunnen geleverd worden in 3 isolatiediktes (S1/S2/S3) en 2 productiemethodes (I HD/Conti) met elk hun eigenschappen. Standaard zijn de leidingen PN25 en kunnen continue op 140 °C gebruikt worden, met een piek van 150 °C. De isolatiewaarde is voor TRD 0,027W/mK en voor Conti (welke een extra diffusie laagje heeft) 0,023W/mK (50 °C). Om de warmteverliezen, veroudering en drukverliezen te berekenen, is op het web de LOGSTOR CALCULATOR terug te vinden.</p> <p>Levering kan in 6m, 12m of vanaf DN100 in 16m. Transportkost is afhankelijk van de grootte van het project en de leverwijze.</p> <p>* Gelieve de offerte met hoeveelheden na te zien volgens uw traject. Bepaalde prijzen kunnen in eenheidsprijzen opgegeven zijn of kunnen afwijken van het exacte aantal. Bijkomende prijzen zijn op aanvraag beschikbaar. Conformiteit na te zien door aannemer. * Indien certificaten 3.1 nodig zijn moet dit duidelijk op de bestelling vermeld worden. * Naar rechte moffen toe heeft u te keuze uit</p>				

**MAATSCHAPPELIJKE ZETEL - SIÈGE SOCIAL**

Afrikalaan 203 | B-9000 Gent  
T +32 9 255 55 55 | F +32 9 255 55 50  
info@carnoy.be | www.carnoy.be

Rue Tahon 55 A | B-6041 Gosselies  
T +32 71 37 77 38 | F +32 71 35 46 26  
gosselies@carnoy.be | www.carnoy.be

102648 VERKOOP AAN TOONBANK

Dhr. Kevin Cox

9000 GENT

**Offerte 247669**

Datum : 27/10/2017

Tel :  
Fax :  
BTW

Pag. 2/8

Omschrijving	Aantal	Eh. prijs	%	Netto tot
<p><i>krimpoffen of lasmoffen. Voor opleiding, certificering en eventuele huur van gereedschappen kan gezorgd worden</i></p> <p><i>* De documentatie en instructievoorschriften zijn vrij beschikbaar en te downloaden op de website van Logstor (www.logstor.com). Voor bijkomende vragen of technisch advies staan we steeds tot uw dienst.</i></p> <p><i>* Uitzetting kan opgevangen worden met het plaatsen van kussens rond de ondergrondse bochten. Bij bestelling kan hierop advies gegeven worden i.f.v. het traject, bedekking en regime.</i></p> <p><i>* Onze garantie bedraagt 5 jaar en dan enkel als het plaatsen gebeurt volgens de voorgeschreven montagenormen en na goedkeuring door Logstor en Carnoy. Eventuele assistentie op de werf is mogelijk, maar zal aangerekend worden.</i></p> <p>Leidingen TwinPipe Serie 1:</p> <p><b>OALOGSTORM</b> LOGSTOR Twin Pipe n°2090 026x026/125 L=12m Serie 1 - Nordic - Art.20900026012641</p> <p><b>OALOGSTORM</b> LOGSTOR Twin Pipe n°2090 048x048/160 L=12m Serie 1 - Nordic - Art.20900048012641</p> <p><b>L20900060012641</b> LOGSTOR dubbele buis 60x60/200 12m met alarm 20900060012641</p> <p><b>L20900076012641</b> LOGSTOR dubbele buis 76x76/225 12m met alarm 20900076012641</p> <p><b>OALOGSTORM</b> LOGSTOR Twin Pipe n°2090 088x088/250 L=12m Serie 1 - Nordic - Art.20900088012641</p> <p><b>999FTICM</b> transportkosten per levering</p>	84 ME	54,27	-63,50	1664,04
	408 ME	76,78	-63,50	11434,08
	156 ME	102,83	-63,50	5854,68
	204 ME	122,58	-63,50	9126,96
	300 ME	149,40	-63,50	16359,00
	1 st	320,00		320,00

MAATSCHAPPELIJKE ZETEL - SIÈGE SOCIAL

Afrikalaan 203 | B-9000 Gent  
T +32 9 255 55 55 | F +32 9 255 55 50  
info@carnoy.be | www.carnoy.be

Rue Tahon 55 A | B-6041 Gosselies  
T +32 71 37 77 38 | F +32 71 35 46 26  
gosselies@carnoy.be | www.carnoy.be

BTW-TVA BE 0400.017.112 | RPR-RPM GENT  
ING IBAN BE34 390-0951896-90 BIC BBRUBEBB | IBAN BE10 440-0340111-04 BIC KREDBEBB | IBAN BE41 290-0266254-10 BIC GEBABEBB  
Algemene verkoopsvoorwaarden op de keerzijde - Conditions générales de vente au verso

102648 VERKOOP AAN TOONBANK

Dhr. Kevin Cox

9000 GENT

Tel :  
Fax :  
BTW

**Offerte 247669**

Datum : 27/10/2017

Pag. 3/8

Omschrijving	Aantal	Eh. prijs	%	Netto tot
van 12m-lengtes, NIET GELOST ===== incl km heffing. (in dit geval zijn de NORMALE LEVERINGSMODALITEITEN NIET MEER VAN TOEPASSING !!) . LET EROP dat u op de dag van levering EEN KRAAN OF HEFTRUCK VOORZIET op het afleveradres. .				
<b>Subtotaal :</b>				<b>44758,76</b>
<i>Horizontale bocht Twinpipe Serie 1:</i>				
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR Voorgeïsoleerde horizontale bocht Twin Pipe n°259 0 n°2590 - 088x088/250 - 90° L=1x1m - Nordic - S1 Art.25900088090641	1 st	769,54	-63,50	280,88
<b>Subtotaal :</b>				<b>280,88</b>
<i>Voorgeïsoleerde reductie:</i>				
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR Voorgeïsoleerde reductie n°4990 Twin Pipe 088x076/250x225 L=1200 Nordic Serie 1 Art.49900088076641	1 st	651,82	-63,50	237,91
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR Voorgeïsoleerde reductie n°4990 Twin Pipe 076x060/225x200 L=1200 Nordic Serie 1 Art.49900076060641	1 st	524,13	-63,50	191,31
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR Voorgeïsoleerde reductie n°4990 Twin Pipe 060x048/200x160 L=1200 Nordic Serie 1 Art.49900060048641	1 st	425,35	-63,50	155,25
<b>Subtotaal :</b>				<b>584,47</b>
<i>T-Stukken:</i>				

**MAATSCHAPPELIJKE ZETEL - SIÈGE SOCIAL**

Afrikalaan 203 | B-9000 Gent  
T +32 9 255 55 55 | F +32 9 255 55 50  
info@carnoy.be | www.carnoy.be

Rue Tahon 55 A | B-6041 Gosselies  
T +32 71 37 77 38 | F +32 71 35 46 26  
gosselies@carnoy.be | www.carnoy.be



102648 VERKOOP AAN TOONBANK

Dhr. Kevin Cox

9000 GENT

**Offerte 247669**

Datum : 27/10/2017

Tel :

Fax :

BTW

Pag. 4/8

Omschrijving	Aantal	Eh. prijs	%	Netto tot
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR T-Fitting TwinPipe n°3490 088x026x088/250 Serie 1 L=1,3x0,7m - Nordic - Art.34900088006641	1 st	828,10	-63,50	302,26
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR T-Fitting TwinPipe n°3490 076x060x076/225 Serie 1 L=1,2x0,7m - Nordic - Art.34900076017641	1 st	913,37	-63,50	333,38
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR T-Fitting TwinPipe n°3490 060x048x060/200 Serie 1 L=1,2x0,7m - Nordic - Art.34900060014641	1 st	738,56	-63,50	269,57
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR T-Fitting TwinPipe n°3490 060x060x060/200 Serie 1 L=1,2x0,7m - Nordic - Art.34900060017641	1 st	1001,29	-63,50	365,47
<b>Subtotaal :</b>				<b>1270,68</b>
<i>BX-moffen niet verkrijgbaar in Serie 1 TwinPipe</i>				
<i>Aangeboden moffen zijn bandmoffen: &gt; Hiervoor heeft u speciaal gereedschap nodig welke te huur is en is certificatie verplicht.</i>				
<i>26x26/125:</i>				
<b>59SBJ125STD</b> LOGSTOR BandJoint 90-125 STD 56100125001000 0	7 st	58,01	-63,50	148,19
<b>59STBJ200STD</b> LOGSTOR toebehoren BandJoint 90-200 STD 56060090200011	7 st	37,13	-63,50	94,85
<b>59V3</b> LOGSTOR foampack nr.3 07000000108103	7 st	14,61	-63,50	37,31
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR	7 st	21,42	-63,50	54,74

**MAATSCHAPPELIJKE ZETEL - SIÈGE SOCIAL**

Afrikalaan 203 | B-9000 Gent  
T +32 9 255 55 55 | F +32 9 255 55 50  
info@carnoy.be | www.carnoy.be

Rue Tahon 55 A | B-6041 Gosselies  
T +32 71 37 77 38 | F +32 71 35 46 26  
gosselies@carnoy.be | www.carnoy.be

BTW-TVA BE 0400.017.112 | RPR-RPM GENT  
ING IBAN BE34 390-0951896-90 BIC BBRUBEBB | IBAN BE10 440-0340111-04 BIC KREDBEBB | IBAN BE41 290-0266254-10 BIC GEBABEBB  
Algemene verkoopsvoorwaarden op de keerzijde - Conditions générales de vente au verso

102648 VERKOOP AAN TOONBANK

Dhr. Kevin Cox

9000 GENT

**Offerte 247669**

Datum : 27/10/2017

Tel :  
Fax :  
BTW

Pag. 5/8

Omschrijving	Aantal	Eh. prijs	%	Netto tot
Acc. BandJoint 125-180 (Twinpipe) n°5606 Art.56060000035090				
<b>Subtotaal :</b>				<b>335,09</b>
<i>48x48/160:</i>				
<b>59SBJ200STD</b> LOGSTOR BandJoint 140-200 STD 56100200001000 0	34 st	85,42	-63,50	1060,12
<b>59STBJ200STD</b> LOGSTOR toebehoren BandJoint 90-200 STD 56060090200011	34 st	37,13	-63,50	460,7
<b>59V5</b> LOGSTOR foampack nr.5 0700000108105	34 st	19,48	-63,50	241,74
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR Acc. BandJoint 125-180 (Twinpipe) n°5606 Art.56060000035090	34 st	21,42	-63,50	265,88
<b>Subtotaal :</b>				<b>2028,44</b>
<i>60x60/200:</i>				
<b>59SBJ200STD</b> LOGSTOR BandJoint 140-200 STD 56100200001000 0	15 st	85,42	-63,50	467,70
<b>59STBJ200STD</b> LOGSTOR toebehoren BandJoint 90-200 STD 56060090200011	15 st	37,13	-63,50	203,25
<b>59V7</b> LOGSTOR foampack nr.7 0700000108107	15 st	25,74	-63,50	141,00
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR Acc. BandJoint 200-250 (TwinPipe) n°5606	15 st	19,48	-63,50	105,65

**MAATSCHAPPELIJKE ZETEL - SIÈGE SOCIAL**

Afrikalaan 203 | B-9000 Gent  
T +32 9 255 55 55 | F +32 9 255 55 50  
info@carnoy.be | www.carnoy.be

Rue Tahon 55 A | B-6041 Gosselies  
T +32 71 37 77 38 | F +32 71 35 46 26  
gosselies@carnoy.be | www.carnoy.be

102648 VERKOOP AAN TOONBANK

Dhr. Kevin Cox

9000 GENT

**Offerte 247669**

Datum : 27/10/2017

Tel :  
Fax :  
BTW

Pag. 6/8

Omschrijving	Aantal	Eh. prijs	%	Netto tot
Art.56060000050090				
<b>Subtotaal :</b>				<b>918,6</b>
<i>76x76/225:</i>				
<b>59SBJ225STD</b> LOGSTOR BandJoint 225 STD 56100225001000 0	18 st	97,80	-63,50	642,6
<b>59STBJ1500STD</b> LOGSTOR toebehoren BandJoint 225-1500 STD 56060225150011	18 st	27,13	-63,50	178,2
<b>59V8</b> LOGSTOR foampack nr.8 07000000108108	18 st	29,07	-63,50	190,98
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR Acc. BandJoint 200-250 (TwinPipe) n°5606 Art.56060000050090	18 st	19,48	-63,50	127,98
<b>Subtotaal :</b>				<b>1145,16</b>
<i>88x88/250:</i>				
<b>59SBJ250STD</b> LOGSTOR BandJoint 250 STD 56100250001000 0	27 st	100,30	-63,50	988,47
<b>59STBJ1500STD</b> LOGSTOR toebehoren BandJoint 225-1500 STD 56060225150011	27 st	27,13	-63,50	267,3
<b>59V9</b> LOGSTOR foampack nr.9 07000000108109	27 st	34,64	-63,50	341,28
<b>OALOGSTOR</b> LOGSTOR Acc. BandJoint 200-250 (TwinPipe) n°5606 Art.56060000050090	27 st	19,48	-63,50	191,97

**MAATSCHAPPELIJKE ZETEL - SIÈGE SOCIAL**

Afrikalaan 203 | B-9000 Gent  
T +32 9 255 55 55 | F +32 9 255 55 50  
info@carnoy.be | www.carnoy.be

Rue Tahon 55 A | B-6041 Gosselies  
T +32 71 37 77 38 | F +32 71 35 46 26  
gosselies@carnoy.be | www.carnoy.be



102648 VERKOOP AAN TOONBANK

Dhr. Kevin Cox

9000 GENT

**Offerte 247669**

Datum : 27/10/2017

Tel :

Fax :

BTW

Pag. 7/8

Omschrijving	Aantal	Eh. prijs	%	Netto tot
OALOGSTOR LOGSTOR Inex bolts f.spec.acc M10x100 n°1995 Art.19950010002100	54 st	4,70	-63,50	92,88
<b>Subtotaal :</b>				<b>1881,9</b>
<b>Algemeen totaal (euro) :</b>				<b>53203,98</b>

Voorziene levering :  
Leveringsvoorwaarden : Franco adres België > 100 EUR  
Betalingsvoorwaarden : KONTANT  
Leveringsadres : VERKOOP AAN TOONBANK

9000 GENT

De vermelde prijzen zijn in euro, excl. BTW en geldig voor zover de totaliteit van de offerte besteld wordt.

Technische documentatie is beschikbaar op onze website [www.carnoy.be](http://www.carnoy.be).

Gelieve i.g.v. bestelling steeds het nummer van de offerte te noteren op de bestelbon. Via mail graag de bestellingen naar [orders@carnoy.be](mailto:orders@carnoy.be) sturen aub  
Verder dient de klant de conformiteit van de door ons voorgestelde materialen te toetsen aan het in zijn bezit zijnde en door hem gekende lastenboek. Wij zijn niet verantwoordelijk voor gebeurlijk niet-conformiteit.

Hopend met uw bestelling vereerd te worden, geachte heren, tekenen wij inmiddels

Pieter-Jan Bloeyaert

Gedelegeerd-Bestuurder,  
A. De Bosscher

**MAATSCHAPPELIJKE ZETEL - SIÈGE SOCIAL**

Afrikalaan 203 | B-9000 Gent  
T +32 9 255 55 55 | F +32 9 255 55 50  
[info@carnoy.be](mailto:info@carnoy.be) | [www.carnoy.be](http://www.carnoy.be)

Rue Tahon 55 A | B-6041 Gosselies  
T +32 71 37 77 38 | F +32 71 35 46 26  
[gosselies@carnoy.be](mailto:gosselies@carnoy.be) | [www.carnoy.be](http://www.carnoy.be)

102648 VERKOOP AAN TOONBANK

Dhr. Kevin Cox

9000 GENT

Tel :  
Fax :  
BTW

**Offerte 247669**

Datum : 27/10/2017

Pag. 8/8

**MAATSCHAPPELIJKE ZETEL - SIÈGE SOCIAL**

Afrikalaan 203 | B-9000 Gent  
T +32 9 255 55 55 | F +32 9 255 55 50  
info@carnoy.be | www.carnoy.be

Rue Tahon 55 A | B-6041 Gosselies  
T +32 71 37 77 38 | F +32 71 35 46 26  
gosselies@carnoy.be | www.carnoy.be

---

BTW-TVA BE 0400.017.112 | RPR-RPM GENT  
 IBAN BE34 390-0951896-90  BIC BBRUBEBB |  IBAN BE10 440-0340111-04  BIC KREDBEBB |  IBAN BE41 290-0266254-10  BIC GEBABEBB  
Algemene verkoopsvoorwaarden op de keerzijde - Conditions générales de vente au verso



**FORTES IMPORT B.V.**  
**District Energy Systems**

Loodsboot 26  
3991 CJ Houten

Telefoon: +31 (0)30 2930236  
Telefax: +31 (0)30 293 0637

Bankrek.nr.: 33.10.75.784  
IBAN nr.: NL17RABO0331075784  
BTW nr.: NL8118.00.271.B01

www.fortes-import.nl

Firma : KU Leuven  
T.a.v. : De heer Cox  
Email : kevin.cox@student.kuleuven.be

Offertenummer: 270538B- Rev.0      Behandeld door CP      Datum 13-11-2017

Betreft: Warmte stations

Geachte heer Cox

Met referentie aan het email d.d. 30 Oktober jl. . zenden wij u hierbij onze aanbieding voor de gecombineerde Fortes AquaHeat Atlantis type W – station.

Ontvangen gegevens

**Vermogens : Verwarming**

1x            65 kW  
1x            170 kW  
1x            250 kW  
1x            400 kW  
1x            1500 kW

**Verwarming**

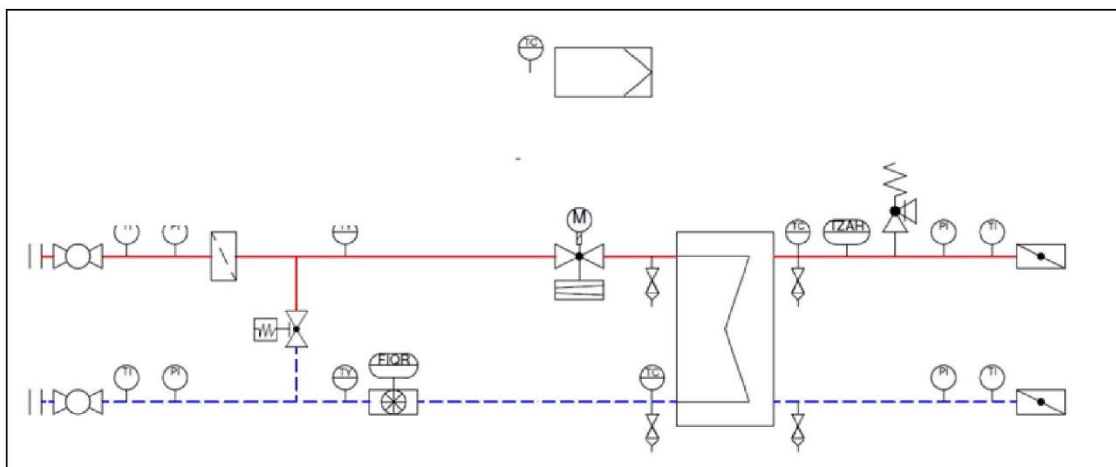
**Gegevens Primair**

T in            85°C  
T out           55°C  
Max. dP       100 kPa over station  
Druktrap      PN16  
Max v          < 2 m/s  
Wisselaar max dP = 30 kPa

**Gegevens Secundair**

T in .           65°C  
T out           45°C  
Max. dP       100 kPa            over station  
Druktrap      PN16  
Max. v          < 2 m/s            leiding berekening  
Wisselaar max. dP = 30 kPa

## Algemene hydraulisch schema



Positie	Omschrijving	Aantal
<b><u>VERWARMINGS HOOFDAANSLUITING</u></b>		
1	Kogelafsluiters met hendel, flensaansluiting	2
2	Manometers 0....16 bar	2
3	Thermometers 0...120°C	2
4	Y-filter, PN16	1
5	By-pass warmhoud ventiel DN15	1
6	Energiemeter Sharky 775, 230V, 2 sensoren, M-Bus, 3 digit,	1
7	Combi regelventiel , 230V/50 Hz, 3 punts sturing, veersluitend Geïsoleerd met isolatiematras.	1
8	Retourwater temperatuur sensor – Pt1000	1
9	Hard gesoldeerde wisselaar inclusief isolatie uitgelegd voor opgegeven procesdata	1
10	Ontluchting & aftap voorziening	2
<b><u>VERWARMINGSCIRCUIT SECUNDAIR – PN16</u></b>		
11	Temperatuur sensor Pt1000 - t.b.v. temperatuurregeling naar klant	1
12	Ontluchting & aftap voorziening.	2
13	Veiligheidsthermostaat.	1
14	Overstortventiel voor station	1
15	Thermometers 0...120°C	2

16	Manometers 0...16 bar	2
17	Vlinderafsluiters met hendel	2
18	Ontluchting & aftapvoorziening	2
	<b>REGELING CV</b>	
19	<p>Digitale verwarmingsregelaar ECL310 (applicatie geschikt voor warmte levering) Gemonteerd in plaatstalen vergrendelbare besturingskast. Besturingskast met aan/uit schakelaar, signaallamp en zekeringen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelaar met LCD display en eenvoudige bediening</li> <li>• Display gemonteerd in deur besturingskast</li> <li>• Regelaar display toont schema station met temperatuur sensoren</li> <li>• Regelaar uitgerust voor communicatie met GBS cq. SCADA systeem</li> <li>• Regelaar communicatie met energiemeter is mogelijk via M-bus protocol energiemeter aan te bevelen met 230V voeding</li> </ul> <p>Regelaar regelt op basis van buiten temperatuur sensor – (instelbare stooklijn alsmede vaste waarde is mogelijk) - en secundaire aanvoertemperatuur sensor . Tevens wordt retour temperatuur primair bewaakt (instelbaar op specificatie klant). Parameterinstellingen en settings eenvoudig te bedienen Parameters afschermen voor onbevoegden is mogelijk Applicatie key met dataopslag - 96h dataopslag Applicatie key verwijderen – station regelt normaal door – derden kunnen niets wijzigen in instellingen van de regelaar</p>	1
	<b><u>ALGEMEEN</u></b>	
20	<p>Stalen frame, gecoat Stelvoetjes (met rubber) onder frame Leidingen staal, gecoat en geïsoleerd Exacte maatvoering frame, besturing kast , aansl.leidingen etc. – later te bespreken</p> <p>Station conform DIN &amp; AGFW voorschriften ISO 9001:2008 Module D1 conform Europese richtlijn 97/23/EG (certificaat)</p> <p>Documentatiemap bij elk station</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekeningen station</li> <li>• Hydraulisch schema</li> <li>• Elektrisch schema</li> <li>• Documentatie van componenten</li> <li>• Test certificaat</li> <li>• PED/CE certificaat</li> </ul> <p>Assistentie bij inregelen per station is inbegrepen – tot station functioneert Daar waar mogelijk wordt derden(monteur) direct ook geïnstrueerd in de regelaar Opm. dient wel hydraulisch en elektrisch te zijn aangesloten</p>	1

**Prijs overzicht:**

<b>CV</b>	<b>DN/DN</b>	<b>Prijs Budget netto per station</b>
65 kW	DN25/DN32	€ 5.685,00
170 kW	DN32/DN50	€ 6.395,00
250 kW	DN40/DN50	€ 7.350,00
400 kW	DN50/DN65	€ 8.380,00
1500 kW	DN100/DN150	€ 17.670,00

**Opmerkingen :**Frame

Beide circuits nu gemonteerd op een frame

Meerprijs station in 2 Frames € 480,00 netto

### **Leveringsvoorwaarden en condities**

Prijzen:	genoemde prijzen zijn netto per stuk excl. BTW
Geldigheid offerte	2 maanden na dagtekening offerte
Betaling:	nader overeen te komen
Transport	inclusief – excl. afladen

### **Niet in deze materiaal-en prijsopgave opgenomen zijn:**

1. Alle horizontale en /of verticale transporten vanaf vrachtwagen.
2. Hijs- en hefwerktuigen.
3. Het afladen van de transportwagen.
4. Montage van alle elektrische aansluitingen.
5. Montage van losgeleverde appendages en /of producten (mits anders gemeld) .
6. Het in bedrijf stellen, tenzij dit duidelijk omschreven is in de prijsopgave.
7. Eventuele aanvullende eisen, keuring- en/of energiekosten, ongeacht van welke aard of instantie.

Slechts de met name genoemde aantallen, materialen en/of diensten, behoren tot deze aanbieding.

Ter ondersteuning van deze offerte ontvangt u van de aangeboden apparatuur de bijbehorende documentatie. Als u meer exemplaren wilt ontvangen, vernemen wij dat graag.  
Zie tevens onze website : [www.fortes-import.nl](http://www.fortes-import.nl)

In het vertrouwen u hiermee van dienst te zijn en in afwachting van uw gewaardeerde opdracht verblijven wij,

Met vriendelijke groet,

**Fortes Import B.V.**

Cor van der Plas  
District Energy Systems



### **Leveringsvoorwaarden en condities**

Prijzen:	genoemde prijzen zijn netto per stuk excl. BTW
Geldigheid offerte	2 maanden na dagtekening offerte
Betaling:	nader overeen te komen
Transport	inclusief – excl. afladen Station wordt vanuit Houten geleverd – eea iom Warmtebedrijf Ede

### **Niet in deze materiaal-en prijsopgave opgenomen zijn:**

1. Alle horizontale en /of verticale transporten vanaf vrachtwagen.
2. Hijs- en hefwerktuigen.
3. Het afladen van de transportwagen.
4. Montage van alle elektrische aansluitingen.
5. Montage van losgeleverde appendages en /of producten (mits anders gemeld) .
6. Het in bedrijf stellen, tenzij dit duidelijk omschreven is in de prijsopgave.
7. Eventuele aanvullende eisen, keuring- en/of energiekosten, ongeacht van welke aard of instantie.

Slechts de met name genoemde aantallen, materialen en/of diensten, behoren tot deze aanbieding.

Ter ondersteuning van deze offerte ontvangt u van de aangeboden apparatuur de bijbehorende documentatie. Als u meer exemplaren wilt ontvangen, vernemen wij dat graag.  
Zie tevens onze website : [www.fortes-import.nl](http://www.fortes-import.nl)

In het vertrouwen u hiermee van dienst te zijn en in afwachting van uw gewaardeerde opdracht verblijven wij,

Met vriendelijke groet,

**Fortes Import B.V.**

Cor van der Plas  
District Energy Systems





**FORTES IMPORT B.V.**  
**District Energy Systems**

Loodsboot 26  
3991 CJ Houten

Telefoon: +31 (0)30 2930236  
Telefax: +31 (0)30 293 0637

Bankrek.nr.: 33.10.75.784  
IBAN nr.: NL17RABO0331075784  
BTW nr.: NL8118.00.271.B01

[www.fortes-import.nl](http://www.fortes-import.nl)

Firma : KU Leuven  
T.a.v. : De heer Cox  
Email : [kevin.cox@student.kuleuven.be](mailto:kevin.cox@student.kuleuven.be)

Offertenummer: 270538A- Rev.0      Behandeld door CP      Datum 13-11-2017

Betreft: Warmte / Tapwater stations

Geachte heer Cox

Met referte aan het email d.d. 30 Oktober jl. . zenden wij u hierbij onze aanbieding voor de gecombineerde Fortes AquaHeat Atlantis type W – station.

Ontvangen gegevens

<b>Vermogens :</b>	<b>Verwarming</b>	<b>Tapwater</b>
1x station	37 kW	200 kW

#### **Verwarming**

##### **Gegevens Primair**

T in            85°C  
T out           55°C  
Max. dP       100 kPa over station  
Druktrap      PN16  
Max v          < 2 m/s  
Wisselaar max dP = 30 kPa

##### **Gegevens Secundair**

T in .           65°C  
T out           45°C  
Max. dP       100 kPa over station  
Druktrap      PN16  
Max. v          < 2 m/s leiding berekening  
Wisselaar max. dP = 30 kPa

#### **Tapwater**

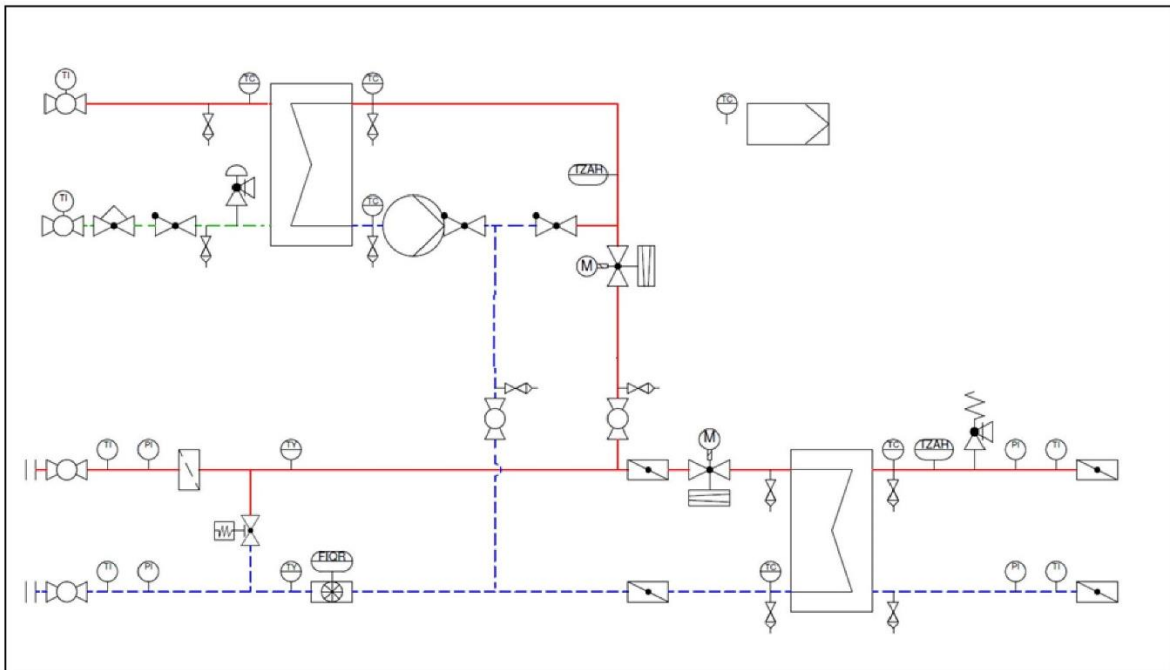
##### **Gegevens Primair**

T in            85°C  
T out           <40°C  
Max. dP       100 kPa over station  
Druktrap      PN16  
Max v          < 2 m/s  
Wisselaar max dP = 30 kPa

##### **Gegevens Secundair**

T in .           65°C  
T out           10°C  
Max. dP       100 kPa over station  
Druktrap      PN6  
Max. v          < 2 m/s leiding berekening  
Wisselaar max. dP = 30 kPa

## Algemene hydraulisch schema



Positie	Omschrijving	Aantal
<b><u>VERWARMINGS HOOFDAANSLUITING</u></b>		
1	Kogelafsluiters met hendel, flensaansluiting	2
2	Manometers 0....16 bar	2
3	Thermometers 0... 120°C	2
4	Y-filter, PN16	1
5	By-pass warmhoud ventiel DN15	1
6	2x aansluiting T-sensor & 1x energiemeter Type Itron, DN..., inbouw lengte ... mm, draad of flens, 230V of batterij, M-BUS ? (svp aangeven bij opdracht) Aangeleverd en Fortes – en door Fortes ingebouwd in station	1
<b><u>VERWARMINGS CIRCUIT PRIMAIR – PN16</u></b>		
7	Vlinderafsluiters met hendel	2
8	Combi regelventiel , 230V/50 Hz, 3 punts sturing, veersluitend Geïsoleerd met isolatiematras.	1
9	Retourwater temperatuur sensor – Pt1000	1
10	Hard gesoldeerde wisselaar inclusief isolatie uitgelegd voor opgegeven procesdata	1
11	Ontluchting & aftap voorziening	2

Fortes Import BV – District Energy Systems

<b><u>VERWARMINGSCIRCUIT SECUNDAIR – PN16</u></b>		
12	Temperatuur sensor Pt1000 - t.b.v. temperatuurregeling naar klant	1
13	Ontluchting & aftap voorziening.	2
14	Veiligheidsthermostaat.	1
15	Overstortventiel voor station	1
16	Thermometers 0...120°C	2
17	Manometers 0...16 bar	2
18	Vlinderafsluiters met hendel	2
<b><u>TAPWATER CIRCUIT PRIMAIR – PN16</u></b>		
19	Vlinderafsluiters met hendel	2
20	Energiemeter Sharky 775, 230V, 2 sensoren, M-Bus, 3 digit,	1
21	Combi regelventiel , 230V/50 Hz, 3 punts sturing, veersluitend Geïsoleerd met isolatiematras.	1
22	Terugslagventiel (by-pass leiding)	1
23	Circulatiepomp, 230V/50Hz	1
24	Terugslagklep (achter pomp)	1
25	Pt1000 sensor – aanvoer temperatuur Pt1000 sensor – gereduceerde temperatuur Pt1000 sensor – retourwater temperatuur	1 1 1
26	Hard gesoldeerde wisselaar – Dubbelwandig - inclusief isolatie uitgelegd voor opgegeven procesdata	1
27	Ontluchting & aftapvoorziening	2
<b><u>TAPWATER CIRCUIT SECUNDAIR – PN6</u></b>		
28	Pt1000 – sensor – aanvoer temperatuur tapwater	1
29	Veiligheidsthermostaat	1
30	Safety ventiel	1
31	Terugslagventiel	1
32	Inregelafsluiter	1
33	Kogelafsluiters met temperatuur indicator	2
34	Ontluchting & aftapvoorziening	2

	<b>REGELING CV &amp; Tapwater</b>	
35	<p>Digitale verwarmingsregelaar ECL310 (applicatie geschikt voor warmte- en tapwater levering) Gemonteerd in plaatstalen vergrendelbare besturingskast. Besturingskast met aan/uit schakelaar, signaallamp en zekeringen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelaar met LCD display en eenvoudige bediening</li> <li>• Display gemonteerd in deur besturingskast</li> <li>• Regelaar display toont schema station met temperatuur sensoren</li> <li>• Regelaar uitgerust voor communicatie met GBS cq. SCADA systeem</li> <li>• Regelaar communicatie met energiemeter is mogelijk via M-bus protocol energiemeter aan te bevelen met 230V voeding</li> </ul> <p>Regelaar regelt op basis van buiten temperatuur sensor – (instelbare stooklijn alsmede vaste waarde is mogelijk) - en secundaire aanvoertemperatuur sensor . Tevens wordt retour temperatuur primair bewaakt (instelbaar op specificatie klant). Parameterinstellingen en settings eenvoudig te bedienen Parameters afschermen voor onbevoegden is mogelijk Applicatie key met dataopslag - 96h dataopslag Applicatie key verwijderen – station regelt normaal door – derden kunnen niets wijzigen in instellingen van de regelaar</p>	1
	<b><u>ALGEMEEN</u></b>	
36	<p>Stalen frame, gecoat Stelvoetjes (met rubber) onder frame Leidingen staal, gecoat en geïsoleerd Exacte maatvoering frame, besturing kast , aansl.leidingen etc. – later te bespreken</p> <p>Station conform DIN &amp; AGFW voorschriften ISO 9001:2008 Module D1 conform Europese richtlijn 97/23/EG (certificaat)</p> <p>Documentatiemap bij elk station</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekeningen station</li> <li>• Hydraulisch schema</li> <li>• Elektrisch schema</li> <li>• Documentatie van componenten</li> <li>• Test certificaat</li> <li>• PED/CE certificaat</li> </ul> <p>Assistentie bij inregelen per station is inbegrepen – tot station functioneert Daar waar mogelijk wordt derden(monteur) direct ook geïnstrueerd in de regelaar Opm. dient wel hydraulisch en elektrisch te zijn aangesloten</p>	1

**Prijs overzicht:**

CV / DN/DN

Verwarming

37 kW/DN32/DN32

Tapwater/ DN/DN

Tapwater

200 kW/DN32/DN32

**Prijs netto per station****€ 10.790,00****Opmerkingen :**Frame

Beide circuits nu gemonteerd op een frame

Meerprijs station in 2 Frames € 480,00 netto

Tapwater buffer

Indien de tapwater buffer geregeld dient te worden vanuit het station – geef dit svp door

Eea ivm de regelaar instellingen en aansluiting van 2 extra Pt1000 sensoren voor de buffer

Extra informatie Fortes Import BV – District Energy Systems :

- Fortes Import BV (sinds 1999) – District Energy Systems
- Het Fortes Import team bestaat uit specialisten die allemaal een jarenlange ervaring, kennis, expertise enz. hebben op het gebied van vloerverwarmingssystemen, wisselaars, warmte/koude/tapwater units, regeltechniek, regelsystemen, stadsverwarming, stadskoude enz... Zie hiervoor de bijlage
- Het team staat dan ook klaar om u en uw klant daar waar nodig van dienst te zijn of dit nu bij u, op locatie bij uw klant of bij Fortes District Energy Systems te Houten.

Certificeringen :

- Alle gebruikte apparatuur voldoet aan de PED normen – certificaat in documentatie map bij station
- Druktest certificaat is aanwezig in documentatie map bij station
- Elektrisch test protocol aanwezig in documentatie map bij station

Service :

- Fortes Import kan service verrichten (service monteur) aan de gewenste stations en we zijn uiteraard bekend met alle toegepaste regelcomponenten en instellingen van regelaar enz....
- Bij Fortes Import is ook de informatie aanwezig over hoe de stations zijn opgebouwd, samengesteld, elektrische schema's, hydraulische schema's enz, enz.....
- Service dienst is op werkdagen aanwezig.
- Middels een service formulier wordt de service ingang gezet

Onderhoud :

- Onderhoud aan de stations kan ook door Fortes Import BV worden uitgevoerd. Onderhoud zal bestaan uit 1 maal per jaar controle van :
- O/D afsluiters
- Y-filters – filterzeef controle
- Regelventielen (werking/afstelling)
- Warmtewisselaar – controle lekkages
- Regelaar & sensoren – controle van bijv. instellingen regelaar
- Testen van station, besturingskast
- Energiemeter derden fabricaat – nader te bespreken
- Gebruikte materialen volgen op nacalculatie
- Kosten reistarief en arbeidstijd worden vooraf gemeld - (geschatte tijd per station 1.1/2..2 uur)
- Facturatie zal plaatsvinden na akkoord (met handtekening ) van het service / onderhoudsbezoek

Lokale installateur :

- Tijdens gesprek afgelopen maandag hebben we gesproken over de mogelijkheid van inzet van de huidige lokale installateur. Het spreekt voor zich dat wij u, uw klant alsmede de installateur willen :
- Assisteren, Informeren, Trainen
- Uitleg geven over de regelaars / regelingen.
- Tijdens de start up van de stations is het wenselijk dat een monteur van de installateur aanwezig is om zo direct ter plaatse het geheel uit te leggen
- Zijn er extra wensen (denk bijv. voorraad vorming) dan is dit uiteraard mogelijk in overleg

Procedure station inmeten t.b.v. maatvoering na opdracht :

Vooraf wordt door ons met u besproken :

- welke ruimte voor het station beschikbaar is
- waar de aansluitingen komen (boven , onder, zijdelings )
- Indien noodzakelijk kijken op locatie (deur openingen, gangpaden, lift , trap etc..)
- Standaard station - maatschetsen 3-D worden naar u toegezonden voor akkoord
- na akkoord van u of uw klant gaat productie van start

FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN  
CAMPUS GEEL  
Kleinhoefstraat 4  
2440 GEEL, België  
tel. + 32 14 80 22 40  
iiw.geel@kuleuven.be  
[www.iw.kuleuven.be](http://www.iw.kuleuven.be)

