

2017 • 2018
Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: energie

Masterthesis

Techno-economische evaluatie van warmteverdeelssystemen in
appartementsgebouwen met centrale warmteproductie of
warmtenet-aansluiting

PROMOTOR :

ir. Frederik ROGIERS

PROMOTOR :

ing. Jan DE SCHEPPER

Amber Bemelmans, Jules Hermans

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: energie,
afstudeerrichting elektrotechniek

De transnationale Universiteit Limburg is een uniek samenwerkingsverband van twee universiteiten in twee landen: de Universiteit Hasselt en Maastricht University.



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE-3590 Diepenbeek
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE-3500 Hasselt



2017•2018

Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: energie

Masterthesis

Techno-economische evaluatie van warmteverdeelsystemen in
appartementen gebouwen met centrale warmteproductie of
warmtenet-aansluiting

PROMOTOR :

ir. Frederik ROGIERS

PROMOTOR :

ing. Jan DE SCHEPPER

Amber Bemelmans, Jules Hermans

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: energie,
afstudeerrichting elektrotechniek



KU LEUVEN

Woord vooraf

Ervoor kiezen om de aarde te redden en wanneer we dat doen is werk van onze politici. Hoe we dat gaan doen is echter het werk van ingenieurs. Wij en onze collega studenten zijn de ingenieurs van de toekomst en zullen deze taak uitvoeren. Zo zullen wij en onze generatie de systemen moet ontwikkelen die een stop van *global warming* een feit laten worden. Als masterstudenten Industriële Ingenieurswetenschappen Energie – Elektrotechniek wilden wij daarom voor onze masterthesis een onderwerp binnen de energie in het kader van dit maatschappelijk belang. Jules had reeds als student gewerkt bij Deltha en was zich op deze manier bewust van het potentieel van collectieve verwarmingssystemen voor collectieve woongebouwen. De vraag om ons eindwerk rond dit onderwerp te maken werd positief onthaald bij Deltha. Ing. Jan de Schepper, zaakvoerder van Deltha, werd onze externe promotor. Ir. Frederik Rogiers heeft ons bijgestaan als interne promotor. Na een aantal iteraties werd er in samenspraak met beide promotoren beslist om te kiezen voor een technoeconomische evaluatie van warmteverdeelsystemen in appartementsgebouwen met centrale warmteproductie of warmtenet-aansluiting als onderwerp voor onze masterthesis.

Tijdens deze masterthesis hebben wij veel geleerd in verband met de EPB-regelgeving en -software. Daarnaast was de berekening van warmteverliezen aan de hand van warmteoverdrachtcorrelaties eveneens een uitdaging waarvan we veel hebben opgestoken. Ook het opmaken van ramingen was nieuw voor ons en gaf ons inzicht in het financiële aspect van verwarmingssystemen.

Dit eindwerk hadden we nooit tot een goed einde kunnen brengen zonder de hulp van een aantal personen. In het bijzonder willen wij ir. Rogiers Frederik en ing. Jan de Schepper bedanken om ons deze kans te geven, om ons het hele jaar bij te staan als promotoren door gerichte feedback te geven, om hun kennis en ervaring te delen en om ons uit te dagen om de lat steeds hoger te leggen. Beide hebben ze ons ieder moment opnieuw uitgedaagd met dit eindwerk als resultaat. Daarnaast bedanken wij alle medewerkers van Deltha om steeds klaar te staan om al onze vragen te beantwoorden, om ons bij te staan bij de praktische kant van dit onderwerp, zoals het aanleveren van leveranciers en offertes en om ons een beeld te geven van wat er in de praktijk wordt toegepast. Bovendien zijn wij ook ing. Abdu Sak, zaakvoerder van Sensenergy, heel dankbaar om verschillende dagen tijd vrij te maken om ons te helpen bij het uitvoeren van de EPB-simulaties en zijn kennis omtrent de EPB-regelgeving met ons te delen. Als laatste zijn wij ook onze ouders, familie en vrienden dankbaar om de vele steun niet alleen tijdens deze masterproef maar ook gedurende onze studie industriële wetenschappen, dat wordt afgesloten met deze masterproef.

Zeer veel dank voor deze uitdagende en boeiende opdracht.

Amber Bemelmans en Jules Hermans.

Dit eindwerk is tot stand gekomen in samenwerking met
ingenieursbureau Deltha te Diepenbeek

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1: Inleiding.....	15
1.1 Situering.....	15
1.2 Probleemstelling.....	15
1.3 Warmtenetten.....	16
1.3.1 Conventioneel warmtenet Nederland.....	18
1.4 Vier casestudies.....	19
1.4.1 Decentrale individuele gasketels.....	21
1.4.2 Centrale gasketel.....	21
1.4.3 Centrale CO ₂ -warmtepomp.....	22
1.4.4 Centrale klassieke warmtepomp.....	23
1.4.5 Centraal VS decentraal verwarmingssysteem.....	24
1.5 Doelstellingen & methode.....	25
Hoofdstuk 2: Vergelijkende EPB-studie van centrale en decentrale verwarmingsinstallaties	
27	
2.1 Eisen voor Energieprestatie en binnenklimaat.....	28
2.1.1 Thermische isolatie.....	28
2.1.2 Binnenklimaat: ventilatie en oververhitting.....	30
2.1.3 Installaties en hernieuwbare energie.....	31
2.1.4 Energieprestatie.....	31
2.1.5 BEN-bouwen.....	32
2.2 Referentiegebouw.....	33
2.3 Verwarmingsinstallaties.....	34
2.4 Resultaten EPB-simulaties.....	36
2.4.1 Vergelijking van de energieopwekkingssystemen.....	36
2.4.2 Invloed van het aantal appartementen op het E-peil.....	37
2.4.3 Invloed van het afgiftesysteem en temperatuurregime.....	39
2.4.4 Invloed van de isolatie van de circulatieleiding.....	41
2.4.5 Invloed van de ecodesign-richtlijn.....	42
2.4.6 E30 door middel van een parameterstudie.....	45
2.5 Conclusies.....	52

Hoofdstuk 3: Energetisch onderzoek.....	55
3.1 Berekening verliezen combilus	55
3.1.1 Berekening.....	55
3.1.2 Resultaten.....	61
3.2 Vergelijking EPB-resultaten en energetische resultaten	65
3.3 Conclusie	74
Hoofdstuk 4: Financiële vergelijking van de vastgelegde systemen.....	75
4.1 Indelingen	75
4.2 Dimensionering combilus	77
4.2.1 Dimensionering combilusleidingen.....	77
4.2.2 Optimum isolatie combilus	89
4.2.3 Schachten combilus	94
4.3 Dimensionering centrale stookplaats.....	96
4.3.1 Opwekkers en buffervat.....	96
4.3.2 <i>Leidingen en appendages</i>	100
4.3.3 Drukstap ontgasser, Expansievat en Vulset.....	102
4.3.4 Pompen	103
4.3.5 Gasinstallatie	105
4.4 Dimensionering decentrale installatie	106
4.4.1 Gasinstallatie	106
4.4.2 Rookgasafvoer	108
4.5 Investeringskostanalyse	109
4.5.1 Vergelijking centrale en decentrale structuur.....	110
4.5.2 Vergelijking centrale energieproductiesystemen.....	118
4.6 Conclusie	121
Hoofdstuk 5: Besluit	123
Literatuurlijst	125
Bijlagen:.....	12929

Lijst van tabellen

Tabel 1: Warmtenetten per land	16
Tabel 2: Overzicht oppervlaktes, energiebehoefte, isolatiewaarden, oververhitting en S-peil referentiegebouw	33
Tabel 3: Invloed systeem op het E-peil.....	36
Tabel 4: Oorspronkelijke lengtes van de leidingen van de combilus	37
Tabel 5: Invloed aantal appartementen op het E-peil.....	38
Tabel 6: Invloed van het afgiftesysteem en temperatuurregime op het E-peil.....	40
Tabel 7: Invloed isolatiedikte circulatieleiding op het E-peil	41
Tabel 8: Evolutie van de minimale rendementen per capaciteitsprofiel	43
Tabel 9: Invloed glasoppervlakte op E-peil.....	45
Tabel 10: Invloed glassoort op E-peil	46
Tabel 11: Invloed luchtdichtheid op E-peil.....	47
Tabel 12: E30 met 3 systemen.....	49
Tabel 13: Combilus met warmtepomp, E30 bij toenemend aantal appartementen	50
Tabel 14: Warmteverliezen combilus.....	64
Tabel 15: Afstanden combilus referentiegebouw.....	65
Tabel 16: Warmteverlies combilus berekend op basis van warmteoverdrachtcorrelaties.....	65
Tabel 17: Warmteverliezen combilus volgens EPB.....	66
Tabel 18: Gemiddelde maandtemperatuur volgens EPB in een technische schacht.....	67
Tabel 19: Verlies combilus bij verschillende temperaturen technische schacht	68
Tabel 20: Convectiecoëfficiënt voor verschillende temperaturen en volgens EPB	68
Tabel 21: Verliezen combilus bij verschillende convectiecoëfficiënten.....	68
Tabel 22: Warmteverliezen satelliet warmtewisselaars	69
Tabel 23: Invloed correctiefactor koudebruggen combilus	71
Tabel 24: Warmteverliezen berekening met EPB-correctiefactoren.....	71
Tabel 25: Constanten DIN 1988-300	80
Tabel 26: Buisparameters.....	84
Tabel 27: Maximum stromingssnelheid	85
Tabel 28: Normen maximale snelheid leidingen.....	85
Tabel 29: Vermogens verschillende indelingen	86
Tabel 30: Gebruikte regimes en waardes verwarmingssysteem.....	87
Tabel 31: Lengtes verschillende buisdiameters combilus	89
Tabel 32: Prijzen kingspan kooltherm FM.....	91
Tabel 33: Prijzen rockwool 810.....	91
Tabel 34: Prijzen Rockwool Propox PS 960.....	91
Tabel 35: Terugverdijaren kooltherm FM.....	92
Tabel 36: Terugverdijaren Rockwool 810	93
Tabel 37: Terugverdijaren Rockwool Propox PS 960.....	93
Tabel 38: Gekozen isolatiediktes voor investeringskost berekening.....	94
Tabel 39: Appendages schachten.....	95
Tabel 40: Vermogens van opwekkers en buffervaten.....	97
Tabel 41: Vermogen verschillende opwekkers: alle groottes appartementsgebouw	98
Tabel 42: Buffervat inhoud voor verschillende gebouwgroottes	100

Tabel 43: Buisdiameters stookplaats.....	101
Tabel 44: Appendages hoeveelheden stookplaats	101
Tabel 45: Grootte expansievaten: verschillende indelingen	103
Tabel 46: Parameters primaire en secundaire pompen	104
Tabel 47: Gekozen CLV-systemen	108
Tabel 48: Inregeltijd componenten combilus.....	109
Tabel 49: Verschil investeringskost centraal en decentraal systeem	110
Tabel 50: Meters combilus per wooneenheid	112
Tabel 51: Meters gasleiding per wooneenheid	113
Tabel 52: Investeringskost van rookgasafvoer per wooneenheid.....	114
Tabel 53: Gekozen ketels	116
Tabel 54: Samenvatting financiële vergelijking centraal en decentraal systeem met gasketels	117
Tabel 55: Prijzen verschillende decentrale units	118
Tabel 56: Samenvatting financiële vergelijking verschillende decentrale opwekkers	120

Lijst van figuren

Figuur 1: De baten van een warmtenet (incl. investeringssteun restwarmte) waarbij de restwarmte niet enkel rechtstreeks van de bron wordt onttrokken, maar ook via een buurcel (1200 x 1200 m)	17
Figuur 2: Geothermisch potentieel in België	17
Figuur 3: Conventioneel warmtenet	18
Figuur 4: Principeschema werking satelliet warmtewisselaar.....	20
Figuur 5: Schets principe decentrale gasketels	21
Figuur 6: Schets principe systeem met centrale gasketel.....	22
Figuur 7: Schets principe centraal systeem met CO2-warmtepomp	22
Figuur 8: Schets principe centraal systeem met klassieke warmtepomp	23
Figuur 9: Maximale U- en R-waarden vanaf 2018	29
Figuur 10: Overzicht van elementen die het E-peil bepalen	31
Figuur 11: EPB-eisen vanaf 2021	32
Figuur 12: Invloed aantal appartementen op het E-peil	39
Figuur 13: Isolatie dikte DN65 in functie van het E-peil.....	42
Figuur 14: Voorbeeld van energie-etikettering voor warmwatertank en SWW-productietoestel	43
Figuur 15: Invloed glasoppervlakte op E-peil	45
Figuur 16: Invloed glasoort op E-peil	46
Figuur 17: Invloed luchtdichtheid op E-peil	47
Figuur 18: invloed van de SCOP van een centrale water-water warmtepomp op het E-peil...48	
Figuur 19: Invloed van het rendement van een centrale en decentrale gasketel op het E-peil48	
Figuur 20: Prestaties NIBE F1245-10.....	51
Figuur 21: Thermisch netwerk van een leiding.....	55
Figuur 22: Conductieweerstand voor verschillende leidingdiameters.....	57
Figuur 23: Natuurlijk convectie: grenslaag.....	57
Figuur 24: Convectiecoëfficiënt horizontale leidingen.....	60
Figuur 25: Convectiecoëfficiënt verticale leidingen	60
Figuur 26: Convectieweerstand voor verschillende leidingdiameters	61
Figuur 27: Warmteverlies per meter leiding met isolatie resolschuim	62
Figuur 28: Warmteverlies per meter leiding voor DN65	63
Figuur 29: Leidings- en vermogenkarakteristiek van de gekozen pomp (secundair).....	72
Figuur 30: Leidings- en vermogenkarakteristiek van de gekozen primaire pomp	72
Figuur 31: Vergelijking berekeningen op basis van correlaties en EPB berekening	73
Figuur 32: Zijaanzicht indeling 10.2.....	75
Figuur 33: Bovenanzicht indeling 10.2.....	76
Figuur 34: Evolutie invloed SWW in appartementsgebouwen.....	78
Figuur 35: Vergelijking gelijktijdigheidsnormen SWW	79
Figuur 36: Aantal wooneenheden met SWW-vraag of CV-vraag volgens DIN1988-300	82
Figuur 37: Aandeel SWW	82
Figuur 38: Moodydiagram	83
Figuur 39: Vermogens gelijktijdigheid	87
Figuur 40: Voorbeeld schacht	90

Figuur 41: Principeschema Schacht.....	95
Figuur 42: Afwijking piekdebiet bij grotere tijdsintervallen.....	99
Figuur 43: Afwijking piekdebieten bij groter tijdsintervallen Tetra SWW project	99
Figuur 44: Douchetijd Tetra SWW project	100
Figuur 45: Vulset.....	102
Figuur 46: Pompkarakteristiek primaire pomp indeling 100.2	104
Figuur 47: Voorbeeld van een gasinstallatie bij centrale gasketels	106
Figuur 48: Voorbeeld van een gastellerlokaal.....	107
Figuur 49: Vergelijking decentrale en centrale investeringskost	110
Figuur 50: Investeringskost leidingen per wooneenheid.....	111
Figuur 51: Gemiddelde investeringskost leidingen per wooneenheid	112
Figuur 52: Investeringskost stookplaats per wooneenheid	115
Figuur 53: Investeringskost centrale ketels per wooneenheid	115
Figuur 54: Investeringskost opwekkers per wooneenheid	118
Figuur 55: Verschil investeringskost CO2-wp en decentraal systeem per wooneenheid	119
Figuur 56: Verschil investeringskost klassieke wp en decentrale gasketel per wooneenheid	119

Abstract

Collectieve woongebouwen kunnen verwarmd worden door een decentraal verwarmingstoestel per wooneenheid of door een centrale eenheid die warmte over het gebouw verdeelt via een warmwaterlus, ook wel combilus genoemd. Gebouwen met een centraal systeem zijn eenvoudig aan te sluiten op warmtenetten, die men in de toekomst wil gebruiken om de klimaatimpact van gebouwverwarming te beperken. Centrale systemen worden echter zelden toegepast vanwege het hogere E-peil en vanwege het idee dat in de bouwsector leeft dat deze systemen een grotere investering vereisen dan decentrale systemen. Deze masterproef beoogt deze twee belemmeringen te onderzoeken aan de hand van een gevallenstudie aangeleverd door het bedrijf Deltha te Diepenbeek.

Eerst wordt de invloed van de combilus op het E-peil onderzocht aan de hand van een parameterstudie in de EPB-software van het Vlaams Energie Agentschap. Vervolgens worden deze resultaten vergeleken met de berekening van de verliezen door deze combilus aan de hand van warmteoverdrachtcorrelaties. Als laatste wordt een financiële vergelijking gemaakt tussen de twee systemen. Deze drie punten worden telkens uitgevoerd voor verschillende gebouwgroottes.

De vergelijking van de EPB-simulaties en de energieberekeningen toont aan dat EPB het verlies van de combilus overschat. Uit de financiële berekeningen blijkt dat vanaf 25 appartementen de investering van een centraal systeem goedkoper wordt en dit bedrag per wooneenheid stijgt bij toenemend aantal appartementen.

Abstract in English

Collective residential buildings can either be heated by a central heating device per living unit, or by a central unit which distributes the heat across the building via a hot water loop. Buildings with a central system are easy to connect to district heating, which will be used to reduce the climate impact from domestic heating. Central systems are rarely used because of the penalty in the EPB calculation from the heat losses by the hot water loop, and because of the general belief that such systems require a higher investment than decentral systems. This master's thesis aims at investigating these two obstructions by means of a case study at Deltha in Diepenbeek.

Firstly, the influence of the hot water loop on the E-level is investigated through a study of parameters in the EPB software of the Vlaams Energie Agentschap. Secondly, these results are compared with the calculations of the losses from this hot water loop by means of heat transfer correlations. Thirdly, a financial comparison is made between the two systems. Each of the three calculations are done for various building sizes.

The comparison between the EPB simulations and the energy calculations show that the EPB overestimates the heat losses of a central heating system. The financials prove that the investment of a central system is cheaper from 25 living units and this amount per living unit increases with an increasing number of apartments.

Hoofdstuk 1: Inleiding

1.1 Situering

Deze masterthesis focust zich op verwarmingssystemen binnen appartementsgebouwen. Op dit moment zijn er twee systemen voor verwarmingsinstallaties. Namelijk een decentrale opwekking, waarbij men de nodige energie per wooneenheid gaat opwekken, en een centrale opwekking, waarbij men de nodige energie in een centrale stookplaats opwekt en vervolgens via een combilus verdeelt naar de verschillende appartementen. Deze combilus kan gezien worden als een lus van warm water die door het appartementsgebouw loopt. Via een satellietwarmtewisselaar nemen de appartementen hier warmte op die nodig is binnen het appartement. Men spreekt van een combilus om dat door deze lus zowel de energie voor sanitaire warmwaterproductie (SWW) als centrale verwarming (CV) wordt getransporteerd.

Nieuwe appartementsgebouwen dienen te voldoen aan de normen die de Vlaamse overheid oplegt in verband met energieprestatie en binnenklimaat (EPB), de zogenaamde EPB-regelgeving. Deze eisen worden ieder jaar verstrengt om zo uiteindelijk te komen tot bijna energie neutrale (BEN) gebouwen. In deze eisen zit onder andere de gebouwschil, verwarmingsinstallaties, koeling, hernieuwbare energiebronnen etc. Al deze componenten worden vervolgens vertaald naar een S-peil voor de gebouwschil en een E-peil voor de energieprestatie. Tegen 2021 moeten alle nieuwbouwwoningen BEN gebouwd worden, dit komt overeen met een E-peil van 30.

1.2 Probleemstelling

Uitstoot van CO₂ beperken en energie besparen is een uitdaging op wereldschaal, waar ook België zijn steentje aan moet bijdragen. Volgens [1] zijn gebouwen verantwoordelijk voor 40% van de Europese energieconsumptie en voor 36% van de uitstoot van CO₂ emissies. Daarbij zou volgens [2] de broeikasgasuitstoot op Europees niveau met 18 % kunnen dalen tegen 2050, enkel op vlak van gebouwverwarming. Hier zit dus een enorm besparingspotentieel.

De manier om deze uitstoot te reduceren is door collectieve huisvestingen aan te sluiten op een warmtenet dat op een duurzame manier warmte opwekt en verdeelt. Warmtenetten bieden de mogelijkheid om geothermie op collectieve schaal toe te passen.

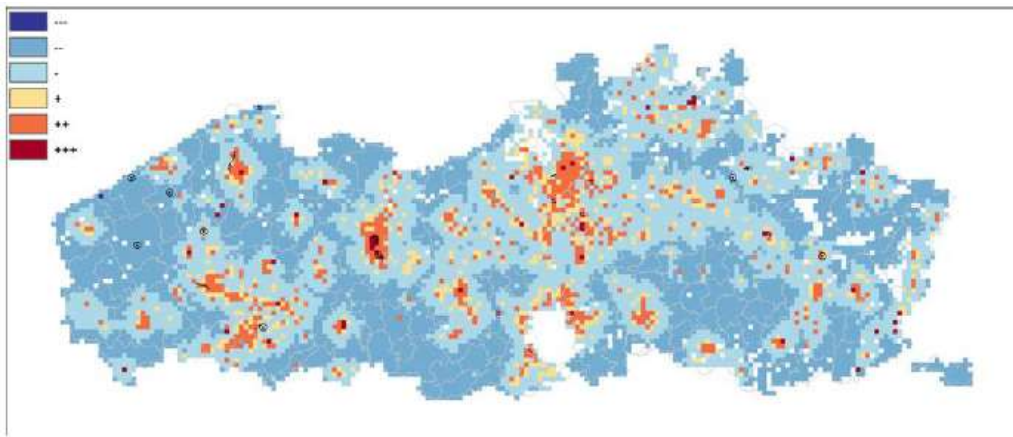
In de ons omringende landen liggen er duizenden kilometers warmtenet. Tabel 1 geeft een overzicht hiervan. In Scandinavische landen is het de standaard. Nederland is bovendien volop bezig om alle woningen aardgasvrij te maken en over te stappen naar andere energiebronnen zoals warmtenetten [3], [4]. [5] geeft een overzicht van de warmtenetten in Vlaanderen. In [6] vergelijkt men de totale opgewekte energie met de warmtevraag in België in 2012, hieruit blijkt dat er minder dan 1% van de vraag gedekt wordt door de warmtenetten. België blijft dus achter op het vlak van warmtenetten, terwijl er zoveel besparingspotentieel op uitstoot van CO₂ zit. De reden is vermoedelijk het “kip of het ei” probleem. Om een warmtenet rendabel te maken voor een uitbater moeten er voldoende afnemers zijn en die zijn er momenteel onvoldoende.

Tabel 1: Warmtenetten per land [7]

Land	Capaciteit [MWth]	Aantal inwoners aangesloten	Percentage residentiële warmtevraag gedekt door warmtenet
Denemarken	/	3627723	64%
Frankrijk	/	5130200	7%
Zweden	/	/	51%
Wit-Rusland	/	/	70%
China	462595	/	/
Polen	56049	/	41%
Duitsland	52379	10028604	14%
Korea	29961	7748000	/
Tsjechië	23831	4359960	40%
Finland	22790	/	39%
Slovakije	15000	/	54%
Oostenrijk	10400	2105092	14%
Roemenië	9962	/	23%
Nederland	9800	/	/
Italië	8588	/	3%
Hongarije	7809	/	12%
Servië	6652	/	27%
Bulgarije	6162	/	18%
Estland	5406	/	52%
Japan	4241	/	/
Zwitserland	2792	/	4%
IJsland	2290	/	92%
Kroatië	1800	/	7%

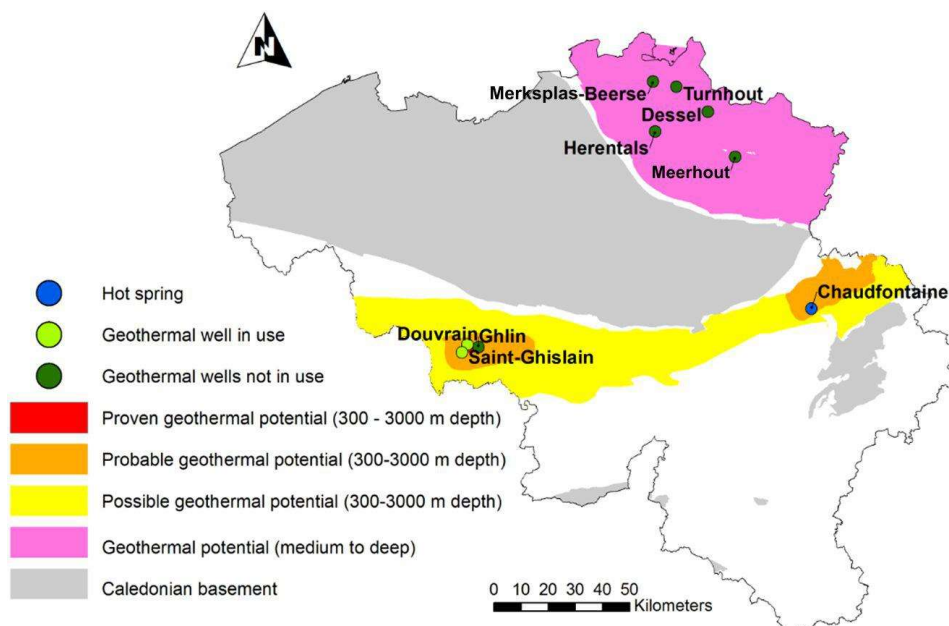
1.3 Warmtenetten

Er zijn verschillende soorten warmtebronnen voor een warmtenet. Enkele voorbeelden hiervan zijn biogas, biomassa, elektrisch, etc. Ook kan restwarmte uit de industrie gebruikt worden. Deze warmte zou anders toch maar verloren gaan en door het implementeren van een warmtenet kan deze nog nuttig gebruikt worden voor bijvoorbeeld gebouwverwarming. In 2015 werd er een studie gepubliceerd in opdracht van het Vlaams Energie Agentschap omtrent warmtenetten op basis van restwarmte of warmtekrachtkoppelingen (WKK's) in Vlaanderen. Uit de kosten-baten analyse bleek dat 62 % van de warmtevraag binnen Vlaanderen kosteneffectief (incl. investeringssteun) kan worden uitgebaat door een warmtenet gevoed met restwarmte. Figuur 1 geeft het resultaat weer op kaart. Voor de toepassing van WKK's was dit slechts 17 %. Toch laat dit onderzoek zien dat er een groot potentieel is voor warmtenetten binnen Vlaanderen.



Figuur 1: De baten van een warmtenet (incl. investeringssteun restwarmte) waarbij de restwarmte niet enkel rechtstreeks van de bron wordt onttrokken, maar ook via een buurcel (1200 x 1200 m) [6, p. 59]

Een andere optie is het gebruik van aardwarmte of geothermie. Deze warmte is afkomstig uit de kern van de aarde. Hierdoor kan met op drie tot vier kilometer diepte water oppompen met een temperatuur van 100°C wat geschikt zou zijn voor gebouwverwarming. Ook op kleinere dieptes is warm water te vinden, deze is echter wel van een lagere temperatuur. Geothermie is echter wel afhankelijk van de bodem, aanwezigheid watervoerende laag en eventuele breuken in de bodem. Hierdoor is dit niet overal mogelijk. Figuur 2 geeft dit potentieel in België weer. Hieruit blijkt dat er vooral een groot potentieel is in Antwerpen en Limburg. Het Vito doet verscheidenen onderzoeken om het potentieel en de mogelijkheden rond geothermie in deze regio in kaart te brengen [8].

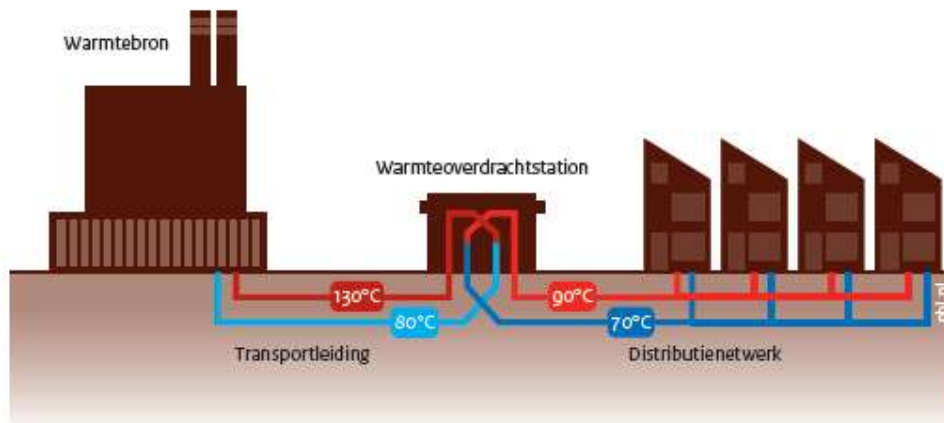


Figuur 2: Geothermisch potentieel in België [9]

1.3.1 Conventioneel warmtenet Nederland

Ons buurland Nederland staat al verder met het gebruik van warmtenetten. In 2013 had Nederland al 13 grote warmtenetten en 5 middelgrote warmtenetten. De grote warmtenetten hebben elk meer dan 5.000 aansluitingen, terwijl de middelgrote tussen de 3.000 en 5.000 aansluitingen tellen.

De huidige warmtenetten in Nederland worden gevoed door één warmte-aanbieder, zie Figuur 3. Dit bedrijf is dan eigenaar van het buizenstelsel dat instaat voor het leveren van warmte aan de verbruikers. Transportleidingen transporteren warm water op een temperatuur van ongeveer 130°C vanaf de warmtebron tot aan een overdracht station. Dit station beschikt over een warmtewisselaar die gebruik maakt van de retourleiding om het water af te koelen. Het water dat geleverd wordt aan woningen en kantoren heeft dan nog een temperatuur van 90°C . Voor de levering van warm tapwater wordt er een ondergrens gelegd op de temperatuur van 70°C om de groei van legionellabacteriën te voorkomen.



Figuur 3: Conventioneel warmtenet [10, p. 65]

1.4 Vier casestudies

Een ideale afnemer die in de toekomst zou kunnen aansluiten op een warmtenet is een collectieve huisvesting die vandaag werkt op een centrale stookplaats. Wanneer het warmtenet wordt aangelegd kan de ketel weg, wordt het gebouw aangesloten op het warmtenet en hangen ineens tientallen appartementen op een duurzame warmteopwekker. Dit in tegenstelling tot de decentrale structuren, waarbij het distributienet in het bestaande gebouw geïnstalleerd moet worden. Hoe meer collectieve huisvestingen er gebouwd worden met een centrale stookplaats, hoe meer potentieel er ontstaat om een warmtenet voor een uitbater rendabel te maken. Omwille van deze reden werden volgende vier verwarmingssystemen met elkaar vergeleken:

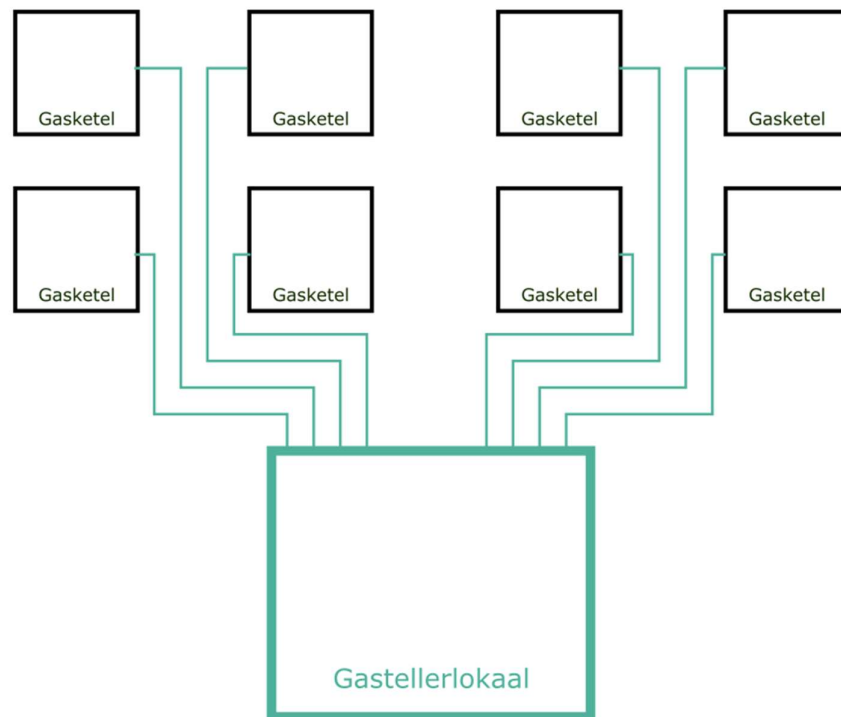
- het decentrale systeem met individuele gasketels;
- het centrale systeem met een gasketel en individuele satelliet warmtewisselaars;
- het centrale systeem met een CO₂-warmtepomp en individuele satelliet warmtewisselaars;
- het centrale systeem met een klassieke warmtepomp en individuele boosterwarmtepompen.

Een belangrijk onderdeel van de centrale systemen met gasketel en CO₂-warmtepomp is de satelliet warmtewisselaar. In Figuur 4 staat een principeschema weergegeven.

Via de combilus of het warmte distributienet wordt water door de CV aanvoer naar de radiatoren gestuurd en staat de SWW regelklep (nr.15) dicht wanneer er geen vraag is naar warm tapwater. Wanneer de flowsensor (nr.11) op de koud tapwater leiding stroming detecteert wordt de SWW regelklep elektronisch opengezet en wordt warm water van de combilus door de warmtewisselaar geleid. Hiermee wordt vervolgens sanitair warm water geproduceerd. Terwijl dat warm tapwater geproduceerd wordt zal de CV regelklep (nr.14) dicht gestuurd worden door de elektronica. Zo zorgt de satelliet ervoor dat wanneer er zowel CV als SWW moet voorzien worden in één wooneenheid het gevraagde debiet van de circulatieleiding niet te groot wordt. Hierdoor zal erin een wooneenheid telkens oftewel de CV warmtevraag oftewel de SWW warmtevraag beantwoord worden.

1.4.1 Decentrale individuele gasketels

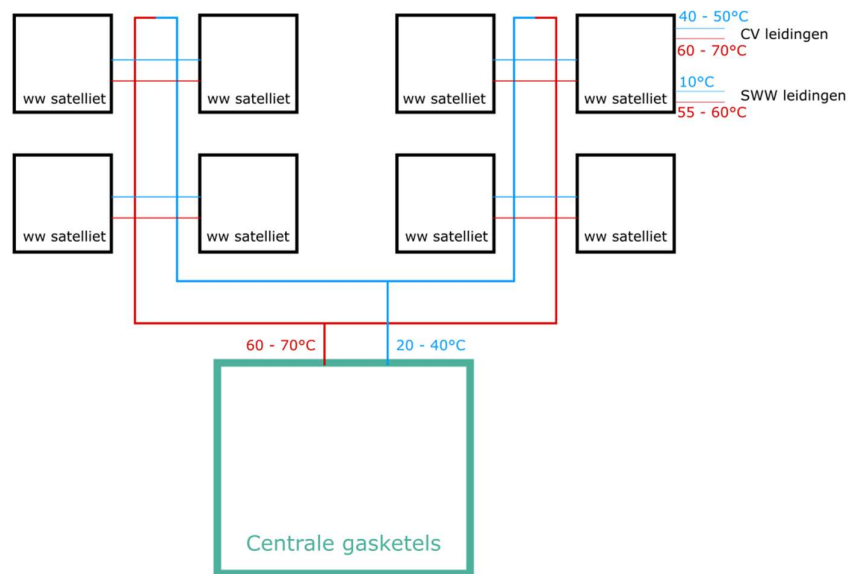
Het eerste systeem is een decentrale opwekking. Hierbij heeft iedere wooneenheid zijn eigen gasketel. Hiermee wordt vervolgens zowel de CV-vraag als de SWW-vraag per wooneenheid geleverd. Dit is vergelijkbaar met het verwarmingssysteem van een standaard woning. In dit systeem heeft iedere woning zijn eigen gasteller wat dus maakt dat er van het gastellerlokaal een individuele gasleiding naar iedere gasketel voorzien wordt. Figuur 5 is een schets van dit principe.



Figuur 5: Schets principe decentrale gasketels

1.4.2 Centrale gasketel

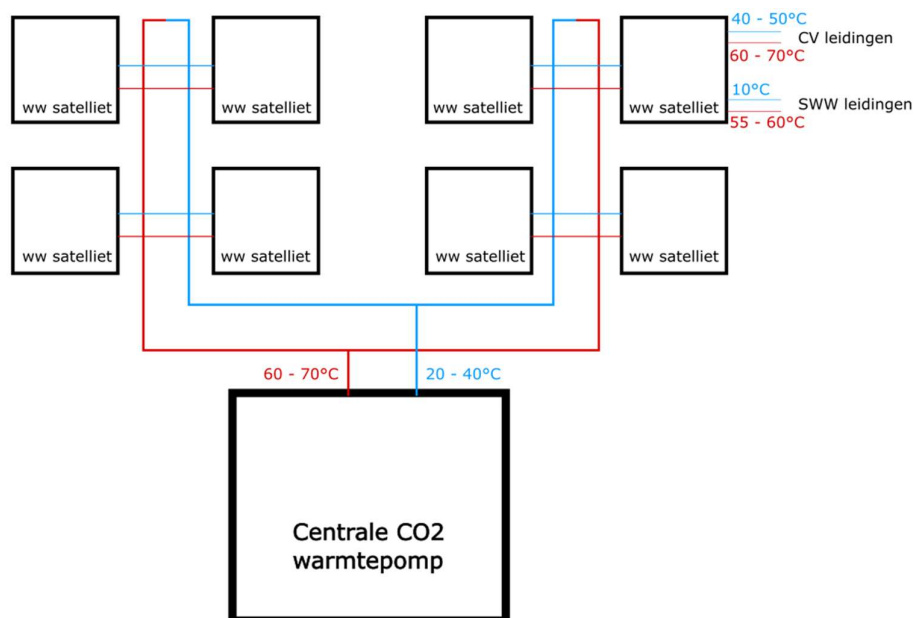
Het tweede systeem is een centraal systeem waarbij een gasketel gebruikt wordt als opwekker. Hierbij wordt centraal warm water opgewekt tegen een temperatuur van 60°C-70°C. Dit water wordt door de combibus naar alle individuele satelliet warmtewisselaars gebracht. In de satelliet wordt bepaald of dit warm water gebruikt wordt voor CV-vraag of SWW-vraag. Indien het warm water gebruikt wordt voor CV-vraag wordt dit water door de radiatoren in de wooneenheid gestuurd en zal dit afkoelen tot een 40°C-50°C waarna het terug naar de retourleiding van de combibus gaat. Indien het water gebruikt wordt voor SWW-vraag zal het water door een warmtewisselaar gestuurd worden. Hiermee wordt dan sanitair koud water opgewarmd naar 55°C-60°C om dan vervolgens naar aftappunten binnen de wooneenheid gestuurd te worden. Het warme water van de combibus zal hierbij afkoelen naar 20°C-35°C en komt in de retourleiding van de combibus terecht. Via deze retourleiding wordt het koude water terug naar de stookplaats geleid waar het opnieuw kan opgewarmd worden. Figuur 6 is een schets van dit principe.



Figuur 6: Schets principe systeem met centrale gasketel

1.4.3 Centrale CO₂-warmtepomp

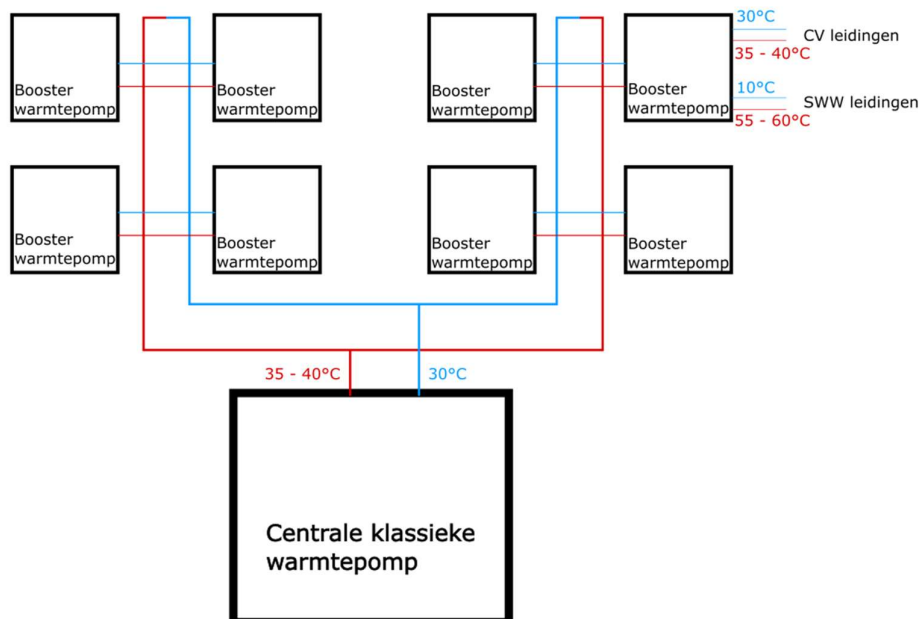
Het derde systeem hanteert hetzelfde principe als het 2^{de} systeem, het verschil tussen beide is dat de opwekking van het warm water door de combiunit niet gebeurt met een gasketel, maar met een CO₂-warmtepomp. De warmtepomp kan in tegenstelling tot een klassieke warmtepomp warm water creëren van 70°C of meer. Hiermee kan het de gasketel in hetzelfde centrale systeem met een individuele satelliet warmtewisselaar vervangen. Enkel zal bij een CO₂-warmtepomp de COP variëren met de retour of inlaat temperatuur. Bij een stijgende retour temperatuur zal deze COP afnemen [12]. Figuur 7 is een schets van dit principe.



Figuur 7: Schets principe centraal systeem met CO₂-warmtepomp

1.4.4 Centrale klassieke warmtepomp

Het vierde systeem werkt met een klassieke warmtepomp lucht/water, die maar temperaturen tot 35°C- 40°C kan opwekken. Dit is onvoldoende voor zowel radiatoren als voor de SWW-productie. Daarom wordt bij een klassieke warmtepomp meestal met vloerverwarming gewerkt. Hier zijn deze relatief lage temperaturen wel voldoende om de wooneenheden te verwarmen. Voor de SWW-vraag wordt vervolgens een water/water warmtepomp gebruikt om sanitair warm water te creëren van 55°C-60°C. Hiermee worden de temperaturen van de combilus als het ware omhoog geboost volgens het principe van een warmtepomp. Deze boosterwarmtepomp kan gezien worden als de klassieke lucht/water warmtepomp enkel wordt hier niet buitenlucht als bron gebruikt maar het water van de combilus. Dit water zal hierbij van 40°C naar 10°C worden afgekoeld. Vandaar de naam individuele boosterwarmtepomp. Bij de vloerverwarming zal de temperatuur van de retourleiding 30°C bedragen. Dit koude water van de vloerverwarming en de boosterwarmtepomp retourleidingen wordt vervolgens via de retourleiding terug naar de centrale warmtepomp gebracht om hier opnieuw opgewarmd te worden naar 40°C. Figuur 8 is een schets van dit principe. Dit systeem is het systeem toegepast in [13]. In [13] verschilt echter de opwekkingsbron, in dit systeem wordt de warmte van de lus gegenereerd uit ofwel koeling dit zou ook door restwarmte van het gebouw of externe warmtelevering zoals een warmtenet kunnen geleverd worden.



Figuur 8: Schets principe centraal systeem met klassieke warmtepomp

1.4.5 Centraal VS decentraal verwarmingssysteem

De centrale systemen hebben allemaal als nadeel dat deze combilus, heel het jaar door verliezen heeft door zijn leidingen. Deze verliezen worden in het Energetisch onderzoek in kaart gebracht en vergeleken met de EPB-resultaten. Het voordeel van de combilus is zoals eerder aangehaald dat deze makkelijker op een warmtenet kunnen worden aangesloten waardoor deels het kip en het ei verhaal rond warmtenetten wordt opgelost. Indien er meerdere centrale stookplaatsen zouden zijn in een omgeving, creëert dit ook direct een potentieel aantal afnemers.

Een bijkomend voordeel van het centrale systeem is dat er slechts één of twee ketels onderhouden moeten worden. De bewoners kunnen deze kost uiteraard delen. Bij het decentrale systeem is iedere bewoner echter verantwoordelijk voor het onderhoud van zijn eigen ketel, waardoor deze kost hoger oploopt.

Echter, de realiteit leert dat centrale systemen minder worden toegepast dan decentrale systemen. Als energieproductiesysteem wordt er dan gekozen voor een gaswandketel. Bij enkele gevallen wordt als energieproductiesysteem een warmtepomp gekozen, zoals bijvoorbeeld het project Quartier Blue in Hasselt [13]. De redenen voor de voorkeur van decentrale systemen zijn onder andere een te grote onwetendheid van de projectontwikkelaars rond de centrale structuur en hun kosten.

Onze masterproef bestaat eruit om deze kosten in kaart te brengen en zo de projectontwikkelaars te voorzien van de juiste inzichten hieromtrent. Onze masterproef zal inzicht brengen in het omslagpunt waarop het goedkoper is om met een centraal systeem te werken ten opzichte van individuele verwarmingssystemen per wooneenheid.

De technische impact en de invloed op EPB zijn belangrijke aspecten voor projectontwikkelaars en bouwheren. De alsmaar strenger wordende EPB-regelgeving heeft tot gevolg dat veel projectontwikkelaars nog maar moeilijk aan deze eisen kunnen voldoen. Dit spreekt niet in het voordeel van het centrale systeem, aangezien de verliezen die bij zo een combilus horen in de EPB worden afgestraft door middel van een verlaging van het E-peil. Hierdoor zijn projectontwikkelaars nog minder geneigd om voor dit systeem te kiezen. Deze masterthesis zal deze verliezen in kaart brengen en vergelijken met EPB-berekeningen rond deze warmteverliezen van de combilus.

1.5 Doelstellingen & methode

Uit deze problemen volgt de onderzoeksvraag voor deze masterthesis:

Wat zijn de technische en economische verschillen tussen centralen en decentrale warmteverdeelsystemen in nieuwbouw appartementsgebouwen?

Hiervoor worden vier verschillende configuraties bestudeerd:

- decentrale (per wooneenheid) energieproductie met ketels;
- de 3 volgende combilussystemen:
 - centrale productie van sanitair warm water en centrale verwarming met een ketel en buffervat in combinatie met een satellietwarmtewisselaar per wooneenheid;
 - centrale productie van sanitair warm water en centrale verwarming met een klassieke warmtepomp en buffervat in combinatie met een satelliet per wooneenheid;
 - centrale productie van sanitair warm water en centrale verwarming met een CO₂-warmtepomp en buffervat in combinatie met een satellietwarmtewisselaar per wooneenheid.

Eerst en vooral wordt zo een vergelijking gemaakt tussen de decentrale en centrale structuur. Daarnaast worden ook nog alternatieve energiebronnen, in dit geval warmtepompen, in een centrale structuur vergeleken met de gasketel.

Voor deze masterthesis werden verschillende werkpakketten opgesteld om bovenstaande onderzoeksvraag uit te werken. Deze werkpakketten zijn:

- literatuurstudie,
- EPB-studie,
- energetische studie,
- financiële studie.

Als eerste werd een literatuurstudie uitgevoerd. Deze had als doelstelling om meer inzicht te verkrijgen omtrent de EPB-wetgeving, de warmteverliezen binnen gebouwen, de sanitaire warmwater voorziening, het leidingstelsel en de verschillende energieproductiesystemen. Rond al deze aspecten werden verschillende bronnen geraadpleegd en eerder conclusies uit voorgaande onderzoeken bestudeerd. Deze literatuurstudie zit over heel het document van de masterthesis verwerkt in de vormen van verschillende bronnen of conclusies.

Als tweede is een EPB-studie uitgevoerd, deze wordt nauwer besproken in Hoofdstuk 2: Deze had de doelstelling om een vergelijking van het E-peil te maken voor de gekozen centrale en decentrale installaties. Voor deze EPB-studie werd nauw samengewerkt met het EPB-studiebureau Sensenergy [14]. Hier werd door een EPB-verslaggever de werking van de EPB-software uitgelegd. Deze software is gratis te vinden op de website van het Vlaams energie agentschap (VEA) [15]. Met deze software zijn de verschillende EPB-simulaties gemaakt.

In deze EPB-studie werd eerst en vooral een referentiegebouw gedefinieerd waarop alle simulaties uitgevoerd werden. Dit referentiegebouw voldoet aan de eisen voor de gebouwschil, namelijk het S-peil, voor 2021. Het referentiegebouw wordt nader besproken in 2.2. Vervolgens werd een parameterstudie rond de verwarmingsinstallaties behandeld in 2.3. Als laatste werd voor een decentrale en centrale structuur de verschillende E-peilen vergeleken en onderzocht of met het referentiegebouw, waarvan de gebouwschil wel voldoet aan de eisen van 2021, een E-peil van 30 gehaald kan worden. Deze resultaten zijn te vinden in 2.4.

Als derde werd een energetische studie uitgevoerd. De energetische studie staat weergegeven in Hoofdstuk 3:. In deze studie werden aan de hand van formules uit de warmteoverdracht theoretisch de verliezen van de combilus berekend. De berekening staat nader uitgelegd in 3.1. Vervolgens werden deze verliezen vergeleken met de verliezen die EPB in rekening brengt bij de berekening van het E-peil. Hiervoor werd de EPB-berekeningsmethode bestudeerd [16], [17]. Op deze manier kunnen eventuele verschillen in de resultaten verklaard worden. De vergelijking van de resultaten van de energieberekeningen op basis van de warmteoverdrachtcorrelaties en de verliezen berekend in de EPB-berekeningsmethode zijn terug te vinden in 3.2 .

Als vierde werd een financiële studie uitgevoerd. De financiële studie staat weergegeven in Hoofdstuk 4:. Voorafgaand aan de studie werden eerst 20 gebouwindelingen gedefinieerd met verschillende groottes in 4.1. Voor al deze gebouwindelingen werden vervolgens alle onderdelen van de verwarmingsinstallatie gedimensioneerd. Dit wordt uitgelegd in 4.2. In dit deel wordt ook een economische optimale isolatiedikte van de combilus bepaald. Tenslotte is laatste de investeringskost voor de verschillende centrale en decentrale verwarmingsinstallaties bepaald en vergeleken. De resultaten hiervan staan weergegeven in 4.5.

Hoofdstuk 2: Vergelijkende EPB-studie van centrale en decentrale verwarmingsinstallaties

De energieprestatieregelgeving of EPB-regelgeving, waarbij EPB staat voor EnergiePrestaties en Binnenklimaat, legt eisen op waaraan een nieuwbouw moet voldoen. Elk nieuw appartementsgebouw in Vlaanderen moet hieraan voldoen.

Deze regelgeving is ontstaan uit de Richtlijn 2002/91/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 september 2002. Europese lidstaten zijn hierdoor verplicht minimumeisen toe te passen inzake energieprestaties van gebouwen en toe te zien op de energiecificatie van gebouwen [18].

De regelgeving werd in Vlaanderen vastgelegd in het Energiedecreet van 8 mei 2009 en in het Energiebesluit van 19 november 2010. Het doel van deze regelgeving heeft te maken met de Europese doelstelling om vanaf 2021 enkel bijna-energie neutrale nieuwe gebouwen te bouwen (BEN bouwen). Dit komt overeen met een E-peil van 30. De eisen verstrengen daarom elk jaar tot in 2021. Deze eisen moeten gezien worden in het kader van de klimaatverandering. Door deze eisen op te leggen wordt er verwacht dat de vraag naar energie zal dalen door een verbetering van de energieprestatie en hiermee ook de afhankelijkheid van externe energiebronnen en de uitstoot van broeikasgassen daalt [18].

De Vlaamse Regering moet minstens om de twee jaar de EPB-eisen en de berekeningsmethodiek evalueren om te garanderen dat de vooropgestelde eisen haalbaar en betaalbaar blijven [19].

Indien de energieprestatieregelgeving niet nageleefd wordt, zullen de overtreders boetes moeten betalen. Vandaar dat EPB toch een belangrijke rol speelt bij projectontwikkelaars.

Om ons te richten op de toekomst gaan wij ons focussen op de eisen die vanaf 2021 gelden. Aangezien elk nieuw gebouw moet voldoen aan de EPB-regelgeving zullen wij nagaan wat de invloed is van een centraal verwarmingssysteem ten opzichte van een decentraal verwarmingssysteem. De bedoeling is om na te gaan of E30 haalbaar is met een centraal verwarmingssysteem in de huidige berekeningsmethodiek.

Uit de EPB-evaluatierapporten in 2013 en 2015 blijkt dat er reeds inspanningen zijn gedaan om een collectief verwarmingssysteem minder af te straffen in de EPB-rekenmethode [20], [21]. Er waren een aantal problemen die aanleiding gaven tot deze herzieningen.

- “Appartementen hebben een hoger E-peil hebben dan woningen, terwijl ze in absolute waarde minder energie verbruiken” [22, p. 6];
- “De methodiek was afgestemd op individuele verwarming en bestraft collectieve verwarming” [22, p. 6];
- In een appartement met een warmteverlies van bijv. 5 kW is het technisch gezien niet mogelijk om een condensatieketel te voorzien (is te groot en zal continu pendelen, wat energetisch zeer nefast is) en is het economisch moeilijk om een individuele warmtepomp te voorzien (investering/kW is te hoog) terwijl een centrale stookplaats beide alternatieven toelaat. Ook niet vergeten dat 4 kW voor warm tapwater waarschijnlijk onvoldoende zal zijn en dat het verwarmingstoestel dus op warm tapwater behoefte zal gedimensioneerd worden [22, pp. 6–7];
- “Distributieverliezen werden overschat en niet evenredig verdeeld over het geheel” [22, p. 7];
- “Voor vele toepassingen hebben goed gedimensioneerde collectieve installaties heel wat voordelen op individuele installaties, in het bijzonder bij gebruik van hernieuwbare energie” [22, p. 7].

In 2.1 worden de eisen uitgelegd. Vervolgens wordt in 2.2 een referentiegebouw gedefinieerd waarmee er gewerkt wordt in deze masterthesis. Daarna worden in 2.3 de drie verwarmingssystemen omschreven die geïmplementeerd kunnen worden in het referentiegebouw. In 2.4 worden de resultaten van de EPB-simulaties weergegeven. Hierin wordt het E-peil van het referentiegebouw met de drie verwarmingsinstallaties vergeleken en wordt de evolutie van het E-peil in functie van de gebouw grootte nagegaan. Tevens wordt de invloed van een aantal gebouw- en installatieparameters nagegaan aan de hand van het referentiegebouw. Hierna wordt er getracht E₃₀ te behalen met het referentiegebouw en een centraal verwarmingssysteem door een aantal van de onderzochte parameters gunstig in te stellen.

2.1 Eisen voor Energieprestatie en binnenklimaat

2.1.1 Thermische isolatie

U-waarde

De U-waarde van een scheidingsconstructie drukt “de hoeveelheid warmte uit die per seconde, per m² en per graad Celsius tussen de ene en de andere zijde van de scheidingsconstructie doorgelaten wordt” [23]. De EPB-regelgeving legt maximale U-waarden op aan scheidingsconstructies zoals buitenmuren, ramen, vloeren, daken, etc. (zie energiebesluit, bijlage VII [24]). Een overzicht hiervan wordt weergegeven in Figuur 9.

MAXIMAAL TOELAATBARE U-WAARDEN

Constructiedeel	U_{max} (W/m ² K)
1 SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN, met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aansluitend beschermd volume	
1.1 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), lichte gevels (zie 1.4), glasbouwstenen (zie 1.5) en scheidingsconstructies andere dan glas (zie 1.6)	1.5 en $U_{g,max} = 1.1$
1.2 OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en lichte gevels (zie 1.4)	0.24
1.2.1 daken en plafonds	
1.2.2 muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4	
1.2.3 muren in contact met de grond	
1.2.4 verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume	
1.2.5 vloeren in contact met de buitenomgeving	
1.2.6 andere vloeren (vloeren op volle grond, boven een kruipruimte of boven een kelder buiten het beschermd volume, ingegraven keldervloeren)	
1.3 DEUREN EN POORTEN (met inbegrip van kader)	2.0
1.4 GORDIJNGEVELS	2.0 en $U_{g,max} = 1.1$
1.5 GLASBOUWSTENEN	2.0
1.6 TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES ANDERE DAN GLAS, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en lichte gevels (zie 1.4)	2.0 en $U_{g,max} = 1.4$
2 SCHEIDINGSCONSTRUCTIES TUSSEN TWEE BESCHERMD VOLUMES OP AANGRENZENDE PERCELEN	0.6
3 VOLGENDE OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES BINNEN HET BESCHERMD VOLUME OF PALEND AAN EEN BESTAAND BESCHERMD VOLUME OP EIGEN PERCEEL, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3):	
3.1 VOOR MUREN	0.6
3.1.1 tussen aparte wooneenheden	
3.1.2 tussen wooneenheden en gemeenschappelijke ruimten (trappenhuis, inkomhal, gangen, ...)	
3.1.3 tussen wooneenheden en ruimten met een andere bestemming	
3.2 VOOR PLAFONDS/VLOEREN	1.0
3.2.1 tussen aparte wooneenheden	
3.2.2 tussen wooneenheden en gemeenschappelijke ruimten (trappenhuis, inkomhal, gangen, ...)	
3.2.3 tussen wooneenheden en ruimten met een andere bestemming	
3.3 TUSSEN RUIMTEN MET EEN INDUSTRIËLE BESTEMMING EN RUIMTEN MET EEN ANDERE BESTEMMING met uitzondering van wooneenheden	
4 NA-ISOLEREN VAN BESTAANDE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN	
4.1 OPAKE CONSTRUCTIES met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aansluitend beschermd volume	
4.1.1 BESTAANDE DAKEN EN PLAFONDS MET NA-ISOLATIE tussen of aan de buitenzijde van de draagconstructie in contact met de buitenomgeving of een AOR	0.24
4.1.2 BESTAANDE MUREN MET NA-ISOLATIE aan de buitenzijde van de bestaande constructie in contact met de buitenomgeving	
4.1.3 BESTAANDE SPOUWMUREN MET NAVULLING, in contact met de buitenomgeving of een AOR (enkel voor ingrijpende energetische renovatie van residentiële gebouwen)	0.55
4.1.4 BESTAANDE MUREN MET NA-ISOLATIE aan de binnenzijde van de bestaande constructie	
4.1.5 BESTAANDE VLOEREN MET NA-ISOLATIE aan de buitenzijde van de bestaande constructie in contact met de buitenomgeving	0.24

Ten hoogste 2 % van de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies die het beschermde volume omhullen, zoals vermeld onder 1.1 t/m 1.6, mag afwijken van deze eisen.

Figuur 9: Maximale U- en R-waarden vanaf 2018 [25]

S-peil

Vanaf 2018 werd het S-peil of schilpeil voor woningen ingevoerd. Dit peil geeft de kwaliteit van de gebouwschil aan op vlak van energie-efficiëntie. Met het S-peil wordt getracht de nadruk te leggen op het beperken van de energievraag. Daarom wordt het S-peil niet enkel berekend op basis van de isolatie. Ook de luchtdichtheid, de vormefficiëntie en de grootte, oriëntatie en type beglazing hebben een invloed op de waarde van het S-peil. Het S-peil wordt berekend voor elk appartement of wooneenheid binnen een project. Dit is dus niet noodzakelijk gelijk voor alle appartementen binnen één gebouw. De eis in 2018 is S31 en wordt verder verlaagd tot S28 in 2021 [26], [27].

2.1.2 Binnenklimaat: ventilatie en oververhitting

Ventilatie

Een goede ventilatie brengt verse lucht binnen in het gebouw en voert vervuilde, vochtige lucht af. De ventilatie-eis stelt dat elk nieuwbouwproject moet voldoen aan basisventilatie door middel van een ventilatiesysteem. Het ventilatiesysteem dient de minimumdebieten die opgelegd worden door deze eis te realiseren. De minimumdebieten zijn afhankelijk van het soort ruimte (badkamer, slaapkamer, woonkamer, etc.) [28].

Er zijn vier verschillende soorten ventilatiesystemen [28]:

- systeem A: natuurlijke toevoer en afvoer;
- systeem B: mechanische toevoer en natuurlijke afvoer;
- systeem C: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer;
- systeem D: mechanische toevoer en afvoer.

Systemen C en D kunnen vraag gestuurd werken aan de hand van een vocht- en/of CO₂-meting. Systeem D kan daarenboven ook werken met warmteterugwinning [28].

De laatste twee systemen worden het vaakst toegepast, omdat ze minder warmteverliezen veroorzaken dan systemen A en B [29]. Het energieverbruik dat gepaard gaat met ventilatie wordt hoofdzakelijk bepaald door enerzijds de energie die nodig is voor het opwarmen van koude buitenlucht en anderzijds door de energie die nodig is om de lucht te laten circuleren, namelijk het verbruik van de ventilatoren. Hierdoor zullen systemen die een teveel aan ventilatie vermijden door een vraag gestuurde werking (C of D) of die warmte recupereren (D) beter scoren op het E-peil. Een C-systeem dat vraag gestuurd werkt voert niet constant warme lucht af, enkel indien hier vraag naar is. Bij een D-systeem kan de warme afvoerlucht gebruikt worden om de koude lucht voor te verwarmen. Op deze manier blijft het warmteverlies door ventilatie beperkt. Ook het gebruik van zuinige ventilatoren en een goed ontworpen kanaalnet hebben een positieve invloed op het E-peil [30].

Oververhitting

De thermische capaciteit van het gebouw, zonnewinsten en interne winsten (bv. de gerecupereerde warmte in een ventilatiesysteem D) hebben een invloed op de temperatuur binnen een gebouw. Deze factoren kunnen ervoor zorgen dat de binnentemperatuur sterk toeneemt in de zomer. Indien de warmte moeilijk afgevoerd kan worden, kan dit leiden tot oververhitting [31].

Het risico op oververhitting moet volgens de EPB-regelgeving onderzocht worden bij een nieuwbouw. Hiervoor hanteert men de zogenaamde oververhittingsindicator. Deze moet onder een bepaalde drempelwaarde blijven. De drempelwaarde “slaat op de maximale tijd dat de binnentemperatuur van de wooneenheid een bepaalde temperatuur niet mag overschrijden” [32]. Voor dossiers met vergunningsaanvraagdatum vanaf 1 januari 2014 is drempelwaarde 6500 Kh [32].

Hoe groter het oppervlak beglazing ten opzichte van het beschermd volume, hoe groter het risico op oververhitting. Ook dient er voldoende thermische massa aanwezig te zijn om het risico op oververhitting bij lichte bouwwijzen te beperken [23].

2.1.3 Installaties en hernieuwbare energie

Elke nieuwbouw is verplicht een minimumaandeel aan hernieuwbare energie te voorzien. Vanaf 2018 is dat aandeel voor residentiële gebouwen gelijk aan 15 kWh/m². jaar.

Er zijn zes mogelijke maatregelen opgesomd waarmee men kan voldoen aan deze nieuwe eis [23]:

- het installeren van een thermisch zonne-energiesysteem;
- het installeren van een fotovoltaïsch zonne-energiesysteem;
- het gebouw verwarmen via een warmtepomp;
- het gebouw verwarmen met biomassa;
- het gebouw aansluiten op een stadsverwarmingsnet;
- participeren in een project voor hernieuwbare energie.

Elk van deze mogelijkheden heeft bijhorende kwalitatieve eisen. Indien de eis in verband met hernieuwbare energie of de kwalitatieve eisen niet gerespecteerd worden, wordt het E-peil met maximaal 10% aangescherpt [23]. Voor het vereiste E30 peil in 2021 wil dit dus zeggen dat het gebouw bij niet naleven van de eis voor hernieuwbare energie E27 moet halen.

2.1.4 Energieprestatie

Het E-peil is een schatting van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van een gebouw en de vaste installaties ervan in standaardomstandigheden relatief ten opzichte van een referentiewaarde van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik van het gebouw en dit volgens een decretaal vastgelegde rekenmethode [33]. Hoe lager het E-peil, hoe energiezuiniger het gebouw is. Figuur 10 geeft een overzicht van de elementen die het E-peil bepalen.

warmteverliezen	energiebalans = netto energiebehoefte	bruto energiebehoefte	eindenergieverbruik voor ruimteverwarming	maand- totalen naar jaarlijks eind- energie- verbruik + omzetten naar primair energie- verbruik	karakteristiek jaarlijks primair energie- verbruik en referentie- waarde	E-peil
nuttige warmtewinsten						
systeemrendement						
opwekkingsrendement						
systeemrendement						
bijdrage thermisch zonne-energiesysteem		eindenergieverbruik voor warm tapwater				
opwekkingsrendement						
energieverbruik van hulpfuncties van de installaties		energieverbruik voor hulpfuncties en ventilatoren				
energieverbruik van de ventilatoren						
eindenergieverbruik voor koeling						
energiewinst door PV-panelen of WKK						

Figuur 10: Overzicht van elementen die het E-peil bepalen [16]

2.1.5 BEN-bouwen

Een BEN-gebouw moet voldoen aan de EPB-eisen die gelden in het jaar van de stedenbouwkundige vergunningsaanvraag of melding en aan een E30-peil. Deze eisen komen overeen met de EPB-eisen voor projecten met een vergunningsaanvraag of melding vanaf 1 januari 2021. Figuur 11 geeft deze eisen weer. Deze masterproef behandelt nieuwbouwprojecten met als bestemming wooneenheden, zoals aangegeven in de rode kader.

Woningen met bouwaanvragen of meldingen vanaf 2021 moeten het E30-peil en het S28-peil respecteren [19].

De maximale U-waardes zijn terug te vinden onder 2.1.1. Deze moeten eveneens gerespecteerd worden om te voldoen aan een BEN-woning. Het Vlaams Energie Agentschap (VEA) raadt echter aan om voor muren en daken te streven naar een U-waarde van 0,15 tot 0,20 W/m²K, in plaats van de maximumwaarde van 0,24 W/m²K toe te passen.

Het VEA raadt aan om bij een BEN-woning te kiezen voor een vraag gestuurd ventilatiesysteem of voor een ventilatiesysteem met warmteterugwinning. De maximale oververhittingsindicator is voor een BEN-woning eveneens 6500 Kh.

De eis voor productie van hernieuwbare energie is 15 kWh/m²jaar, zoals aangegeven in Figuur 11. Er is geen eis in verband met de installaties, maar opnieuw raadt het VEA aan om te kiezen voor lagetemperatuurradiatoren of vloerverwarming. Op deze manier kan er gewerkt worden met een laag temperatuurregime van 45 °C. Indien er gewerkt wordt met een centraal verwarmingssysteem is dat echter geen optie omdat de temperatuur in de combibus best boven de 60 °C gehouden wordt om de groei van legionellabacteriën tegen te gaan.

Gekende eisen voor bouwprojecten met stedenbouwkundige vergunningsaanvraag of melding vanaf 1 januari 2021

EPB-eisen (eisen op het vlak van ENERGIEPRESTATIE en BINNENKLIMAAT)		BESTEMMING		
AARD VAN HET WERK		wonen	niet-residentieel	industrie
nieuwbouw (of gelijkwaardig)	thermische isolatie	maximaal S 28 (wooneenheid) en maximale U-waarden	maximale U-waarden	maximaal K 40 (gebouw) en maximale U-waarden
	energieprestatie	maximaal E 30 (wooneenheid)	maximaal E-peil* (in functie van de functionele delen)	-
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen en beperken van risico op oververhitting (wooneenheid)	minimale ventilatievoorzieningen	minimale ventilatievoorzieningen
	hernieuwbare energie	≥ 15 kWh/m ² jaar	≥ 15 kWh/m ² jaar	-
	installaties	-	-	minimale installatie-eisen
ingrijpende energetische renovatie	thermische isolatie	maximale U-waarden (voor nieuwe en na-geïsoleerde delen)		-
	energieprestatie	maximaal E 90 (wooneenheid)	maximaal E-peil (in functie van de functionele delen)	volg de eisen bij renovatie
	installaties	-	-	-
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen		-
	hernieuwbare energie	≥ 15 kWh/m ² jaar	≥ 15 kWh/m ² jaar	-
renovatie	thermische isolatie	maximale U-waarden (voor nieuwe en na-geïsoleerde delen)		
	energieprestatie	-		
	installaties	minimale eisen (voor nieuwe, vernieuwde of vervangen installaties)		
	binnenklimaat	minimale ventilatievoorzieningen (voor bestaande ruimten bij vervanging van vensters en voor nieuwe ruimten)		ventilatie-eisen (voor het nieuw gebouwde toegevoegde deel)

*: voor kantoorgebouwen van publieke organisaties gelden strengere E-peilen

Figuur 11: EPB-eisen vanaf 2021 [34]

2.2 Referentiegebouw

In dit hoofdstuk wordt een referentiegebouw beschreven waarop de EPB-simulaties werden uitgevoerd. Het referentiegebouw is een nieuwbouwproject dat bestaat uit 29 appartementen, aangeleverd door Deltha. Dit is een gebouw met een bouwaanvraag in 2017, maar de gebouwschil voldoet reeds aan de eisen van 2021. Het gelijkvloers bestaat uit acht appartementen. De eerste en tweede verdieping tellen elk negen appartementen. De derde verdieping heeft drie appartementen.

Tabel 2 geeft per appartement de oppervlakte, netto energiebehoefte en de U-waarden van de ramen, muren, vloeren, plafonds en van het dak. Tussen haakjes wordt de maximumeis weergegeven.

Tabel 2: Overzicht oppervlaktes, energiebehoefte, isolatiewaarden, oververhitting en S-peil referentiegebouw

app	oppervlakte [m ²]	netto energiebehoefte verwarming [kWh/m ²]	Uw gemiddeld [W/m ² K] (max. 1,5 W/m ² K)	U buitenmuren [W/m ² K] (max. 0,24 W/m ² K)	U vloer buiten / kelder [W/m ² K] (max. 0,24 W/m ² K)	U vloer binnen [W/m ² K] (max. 1 W/m ² K)	U binnenmuren [W/m ² K] (max. 0,6 W/m ² K)	U plafond [W/m ² K] (max. 1 W/m ² K)	U dak [W/m ² K] (max. 0,24 W/m ² K)	oververhitting [Kh] (max. 6500 Kh)	S-peil (max. 28)
0.1	86,07	35,15	1,33	0,185	0,2 /		0,43	0,44 /		1012	22
0.2	67,58	29,85	1,34	0,19	0,2 /		0,43	0,44 /		2381	19
0.3	78,52	31,91	1,33	0,185	0,2 /		0,43	0,44 /		170	21
0.4	98,68	30,43	1,33	0,185	0,2 /		0,43	0,44 /		778	20
0.5	104,44	35,51	1,33	0,185	0,2 /		0,43	0,44 /		805	23
0.6	79,56	31,07	1,34	0,185	0,2 /		0,43	0,44 /		443	19
0.7	70,74	33,71	1,34	0,19	0,2 /		0,43	0,44 /		1231	22
0.8	100,88	29,75	1,33	0,185	0,2 /		0,43	0,44 /		2669	20
1.1	126,99	28,44	1,32	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		1448	20
1.2	70,37	20,75	1,34	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		4010	15
1.3	99,32	21,95	1,33	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		3629	16
1.4	99,35	18,87	1,33	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		1496	15
1.5	99,18	15,75	1,31	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		4026	13
1.6	98,18	27,04	1,34	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		2651	17
1.7	101,3	21,76	1,34	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		905	15
1.8	72,62	24,82	1,34	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		3575	17
1.9	101,91	20,79	1,33	0,185	0,14	0,41	0,43	0,44 /		3701	16
2.1	126,99	23,49	1,31	0,18 /		0,41	0,43	0,44 /		2543	19
2.2	70,37	16,52	1,34	0,185 /		0,41	0,43	0,44 /		3897	15
2.3	99,32	22,83	1,33	0,185 /		0,41	0,43	0,44	0,16	3907	16
2.4	99,35	31,08	1,33	0,18 /		0,41	0,43	0,44	0,16	1084	20
2.5	85,37	21,94	1,31	0,185 /		0,41	0,43	0,44	0,16	3604	16
2.6	98,18	22,95	1,34	0,185 /		0,41	0,43	0,44	0,16	3349	16
2.7	175,89	35,91	1,31	0,185 /		0,41	0,43	0,44	0,13	752	22
2.8	72,62	38,58	1,34	0,18 /		0,41	0,43	0,44	0,13	3291	19
2.9	101,91	37,31	1,33	0,18 /		0,41	0,43	0,44	0,13	740	20
3.1	136,02	47,60	1,32	0,185 /		0,41	0,43	0,44	0,13	931	24
3.2	136,03	43,78	1,31	0,185 /		0,41	0,43	0,44	0,13	309	24
3.3	92,5	45,41	1,31	0,185 /		0,41	0,43	0,44	0,13	741	22

Dit referentiegebouw heeft een gemiddelde netto energiebehoefte van 29 kWh/m². Ter referentie, de maximumeis voor de netto energiebehoefte bedroeg 70 kWh/m² voordat het S-peil werd ingevoerd. De isolatiewaarden zijn economisch geoptimaliseerd. De U-waarden zijn lager dan de maximaal toelaatbare U-waarden (zie 2.1.1) en voldoen aan de aanbevelingen van het VEA in verband met BEN-woningen (zie 2.1.5). Meer isoleren zal een kleine daling in het E-peil veroorzaken, maar de kosten in verhouding met de opbrengst zijn hiervoor te groot. De luchtdichtheid van dit gebouw is 6m³/hm² lekdebiet bij 50 Pa per eenheid oppervlakte. De eis voor oververhitting, maximaal 6500 Kh, wordt eveneens gerespecteerd.

Deze parameters geven een S-peil (dat de energie-efficiëntie van een gebouw voorstelt) van gemiddeld 18 en dus beduidend lager dan de S-peil eis van 28 in 2021. Hiermee voldoet het gebouw alvast aan de eisen van een BEN-gebouw. De resultaten van de EPB-simulaties moeten dan uitwijzen of de resterende E30 eis, die nodig is voor een BEN-gebouw, gehaald kan worden met de verschillende installaties.

Als ventilatiesysteem werd er een vraag gestuurd D-systeem met warmteterugwinning gekozen, zoals aangeraden door het VEA.

Voor het afgiftesysteem werd er gekozen voor vloerverwarming.

Er werden geen zonnepanelen toegevoegd aan het gebouw, omdat dit een verkeerd beeld zou kunnen geven van het E-peil van het gebouw en de installaties zelf.

2.3 Verwarmingsinstallaties

De drie opwekkingssystemen worden geplaatst in het referentiegebouw om het verschil om een vergelijking te kunnen maken van deze systemen op het vlak van EPB. De drie systemen zijn:

- een decentrale verwarmingsinstallatie met individuele gasketels;
- een centrale verwarmingsinstallatie met twee gasketels;
- een centrale verwarmingsinstallatie met een warmtepomp.

Het decentrale systeem bestaat uit 29 gasketels met geïntegreerde warmtewisselaar van elk 25,5 kW verwarming en 28 kW sanitair, met respectievelijke rendementen van 98% (t.o.v. de bovenste verbrandingswaarde) en 87%. Het temperatuurregime kan niet worden ingesteld bij decentrale ketels.

Het centrale systeem met gasketels bestaat uit twee gasketels van elk 110 kW met een rendement van 98% (t.o.v. de bovenste verbrandingswaarde), gecombineerd met een opslagvat van 3000 l, gekoppeld aan de combibus. Hierbij werd als temperatuurregime 75 °C aanvoer- en 55 °C retourtemperatuur gekozen. De twee gasketels staan buiten het beschermd volume. In het appartement zelf bevindt zich een satelliet met een warmtewisselaar voor de productie van sanitair warm water.

Het centrale systeem met warmtepomp wordt eveneens gecombineerd met een opslagvat van 3000 l, gekoppeld aan de combilus en bestaat uit één lucht-water warmtepomp van 160 kW met een SCOP¹ van 3,8. Het vermogen in uit-stand² en het CCH-vermogen³ werden ingesteld als 0,018 kW. Het TO-vermogen⁴ en het stand-by vermogen⁵ werden 0 kW ingesteld. Voor de temperatuur toename over de condensor werd er 5 °C ingevuld en voor het temperatuurverschil tussen vertrek en retour werd er 10 °C ingevuld.

In de EPB-software kan men kiezen voor een “lagetemperatuurswarmtepomp”, waarbij de vertrektemperatuur 35 °C wordt verondersteld, of voor “geen lagetemperatuurswarmtepomp”, waarbij de vertrektemperatuur 55 °C wordt verondersteld. Geen van beiden is voldoende voor de voorziening van warm tapwater binnen de combilus. Hiervoor is er namelijk een temperatuur van minimum 60 °C vereist. In de praktijk worden er dan, naast bijvoorbeeld een warmtepomp die water van 35 °C levert voor de vloerverwarming, boosterwarmtepompen voorzien per appartement om de temperatuur verder te verhogen en sanitair warm water te produceren. Deze simulatie is echter niet mogelijk binnen de huidige EPB-software.

Een andere optie is om gebruik te maken van lucht-water CO₂-warmtepompen. Deze warmtepompen maken gebruik van vloeibaar CO₂ als koelmiddel en zijn voorzien van een gaskoeler in plaats van een condensor. CO₂-warmtepompen kunnen een hogere temperatuur leveren dan de klassieke warmtepompen, namelijk 70 tot 90 °C en zijn hierdoor geschikt om in te staan voor de voorziening van sanitair warm water. Deze warmtepompen hebben een zeer goed rendement ten opzichte van klassieke koelmiddelen indien de temperatuurstijging van het water groot genoeg is, hetgeen bij SWW het geval is. Het rendement daalt indien deze temperatuurstijging afneemt, bijvoorbeeld bij ruimteverwarming. Deze CO₂-warmtepompen zijn dus interessant indien het aandeel SWW groot is.

¹ De SCOP is een afkorting voor Seasonal Coëfficiënt of Performance en geeft het rendement weer van een warmtepomp gedurende een heel jaar. Dit is een gecorrigeerde COP, omwille van de temperatuurschommelingen aan de bron (bij lucht-water warmtepompen is dit dus de schommeling in de buitentemperatuur) en aan het afgiftesysteem. De COP is dan weer de verhouding van het afgegeven vermogen (of de geproduceerde warmte) ten opzichte van het opgenomen vermogen (of het elektrisch vermogen dat de warmtepomp verbruikt).

² Dit is het opgenomen vermogen van de elektrische warmtepomp in uit-stand, bepaald volgens Europese Verordening (EU) n°813/2013 voor warmtepompen met water als warmte afvoerend medium en volgens Europese Verordening (EU) n°206/2012 voor warmtepompen met lucht als warmte afvoerend medium, in kW [66].

³ Dit is het opgenomen vermogen van de elektrische warmtepomp op het ogenblik dat het toestel geactiveerd is om te voorkomen dat koelmiddel naar de compressor loopt, bepaald als P_{ck} volgens Europese Verordening (EU) n°813/2013 voor warmtepompen met water als warmte afvoerend medium en volgens Europese Verordening (EU) n°206/2012 voor warmtepompen met lucht als warmte afvoerend medium, in kW [66].

⁴ Dit is het opgenomen vermogen van de elektrische warmtepomp op het ogenblik dat de verwarmingsfunctie is ingeschakeld maar de elektrische warmtepomp niet operationeel is omdat er geen warmtevraag is, bepaald volgens Europese Verordening (EU) n°813/2013 voor warmtepompen met water als warmte afvoerend medium en volgens Europese Verordening (EU) n°206/2012 voor warmtepompen met lucht als warmte afvoerend medium, in kW [66].

⁵ Dit is het opgenomen vermogen van de elektrische warmtepomp in stand-by-stand, bepaald volgens Europese Verordening (EU) n°813/2013 voor warmtepompen met water als warmte afvoerend medium en volgens Europese Verordening (EU) n°206/2012 voor warmtepompen met lucht als warmte afvoerend medium, in kW [66].

De nadelen van CO₂-warmtepompen zijn dat ze duurder zijn dan conventionele warmtepompen en de correcte ingaven in EPB niet mogelijk is. De reden hiervoor is dat men in de EPB-software het temperatuurverschil tussen vertrek en retour zo klein mogelijk wenst te houden, omdat hiermee het rendement van de warmtepomp bepaald wordt. Bij een CO₂-warmtepomp is dit temperatuurverschil groot en resulteert dit vervolgens in een slecht rendement en heeft dit een negatieve invloed op het E-peil. Ook de vertrektemperatuur van 90 °C kan men niet ingeven in de EPB-software.

Als gevolg van deze beperkingen hebben we hier gebruik gemaakt van een warmtepomp die 55°C zou kunnen leveren, in de veronderstelling dat dit voldoende zou zijn voor sanitair warm water via een satelliet warmtewisselaar.

2.4 Resultaten EPB-simulaties

In dit deel worden de resultaten van een aantal EPB-simulaties overlopen. De resultaten worden weergegeven door een gemiddelde te maken van de E-peilen van de verschillende appartementen. In 2.4.1 wordt een vergelijking gemaakt van het E-peil bij de drie energieopwekkingssystemen. Daarnaast wordt in 2.4.2 de invloed van het aantal appartementen nagegaan. In 2.4.3, 2.4.4 en 2.4.5 worden een aantal parameters onderzocht die rechtstreeks gelinkt zijn met de energieopwekkingssystemen. Tenslotte wordt in 2.4.6 getracht E30 te halen met de drie opwekkingssystemen door middel van een parameterstudie en de resultaten hiervan zo gunstig mogelijk in te stellen.

2.4.1 Vergelijking van de energieopwekkingssystemen

Tabel 3 toont het E-peil voor verschillende opwekkingssystemen.

Tabel 3: Invloed systeem op het E-peil

Systeem	E-peil
Decentrale gasketels	36
Centrale gasketels	44
Centrale warmtepomp	39

In de resultaten is te zien dat het combilussysteem tot 8 punten hoger scoort ten opzichte van het decentrale systeem. Een reden hiervoor is dat in de circulatieleiding constant warm water aanwezig is, en dat brengt uiteraard verliezen met zich mee. Een centrale warmtepomp scoort beter dan een centrale gasketel, omdat de warmtepomp warmte opneemt uit de verdamper en dit in de EPB-software als hernieuwbare energie wordt gezien. Ook is het rendement van een warmtepomp hoger dan dat van een gasketel.

We kunnen hieruit concluderen dat de drie installaties gecombineerd met het referentiegebouw niet voldoen aan E30 en dus ook niet voldoen aan een BEN-woning. Alhoewel het referentiegebouw toch voor de gebouwschil wel voldoet aan BEN.

2.4.2 Invloed van het aantal appartementen op het E-peil

Er is een belangrijk verband tussen het gebruikte systeem en het aantal appartementen op het E-peil. Elk systeem brengt namelijk verliezen mee. In het geval van een centraal systeem worden de verliezen verdeeld over de appartementen om de energieprestatie van elk appartement te bepalen. Bij een decentraal systeem heeft elk appartement een eigen systeem en horen de verliezen van dat systeem uiteraard bij het bijhorende appartement.

In de simulaties werd de lengte van de combilus evenredig met het aantal appartementen verhoogd of verlaagd om een snelle inschatting te kunnen maken van het effect van het aantal appartementen.

Tabel 4 geeft de oorspronkelijke lengtes per diameter van de combilus bij 29 appartementen.

Tabel 4: Oorspronkelijke lengtes van de leidingen van de combilus

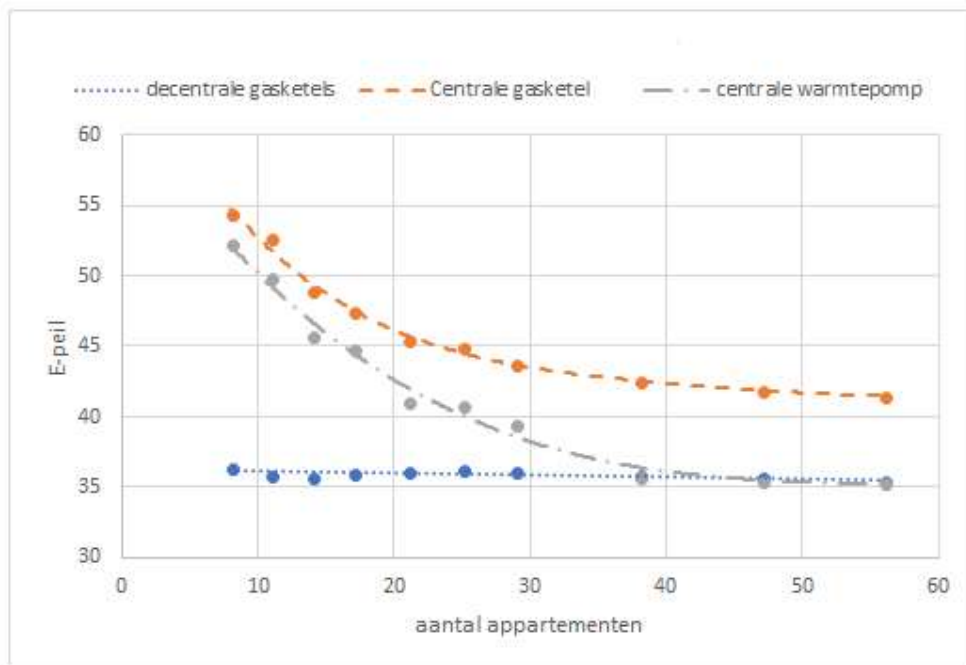
Buistype	Afstand (m)
DN25	110
DN32	50
DN40	90
DN65	50

Eén appartement toevoegen komt overeen met 2 m extra DN25 om de aftakking van de schacht naar het appartement te realiseren. Eén verdieping toevoegen komt overeen met 6 m DN32 per schacht toevoegen om de combilus te verlengen. De combilus moet namelijk in elke schacht een verdieping van 3 m extra omhoog en 3 m extra weer terug omlaag. Daarnaast werd het vermogen van de warmteopwekker eveneens aangepast aan het aantal appartementen. In het referentiegebouw was de warmtevraag voor 29 appartementen gelijk aan 150 kW. Indien dit evenredig verdeeld wordt over de appartementen komt dit overeen met 5,17 kW per appartement. Dit bevat zowel de verwarming als het sanitair warm water van het appartement. Er werd dus per toegevoegd appartement 5,17 kW toegevoegd aan het vermogen van de opwekker.

Tabel 5 geeft de resultaten van de simulaties weer. Het kader duidt op de referentiecasse. Ter verduidelijking werden deze gegevens grafisch voorgesteld in Figuur 12.

Tabel 5: Invloed aantal appartementen op het E-peil

Aanpassingen aantal appartementen t.o.v. referentiecasse	Aantal appartementen	E-peil decentraal gasketel	E-peil centraal gasketel	E-peil centraal warmtepomp
App. 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.1, 3.2, 3.3 verwijderd	8	36	54	52
App. 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.1, 3.2, 3.3 verwijderd	11	36	53	50
App. 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 3.1, 3.2, 3.3 verwijderd	14	36	49	46
App. 0.6, 0.7, 0.8, 1.7, 1.8, 1.9, 2.7, 2.8, 2.9, 3.1, 3.2, 3.3 verwijderd	17	36	47	45
App. 0.7, 0.8, 1.8, 1.9, 2.8, 2.9, 3.2, 3.3 verwijderd	21	36	45	41
App. 0.8, 1.9, 2.9, 3.3 verwijderd	25	36	45	41
Referentie	29	36	44	39
1 verdieping toegevoegd, identiek aan verdieping 1	38	36	43	36
2 verdiepingen toegevoegd, identiek aan verdieping 1	47	36	42	35
3 verdiepingen toegevoegd, identiek aan verdieping 1	56	35	42	35



Figuur 12: Invloed aantal appartementen op het E-peil

Figuur 12 geeft aan dat het E-peil relatief constant blijft voor een decentraal systeem indien het aantal appartementen toeneemt. Voor een centraal systeem, waarbij gebruik gemaakt wordt van een gasketel, daalt het E-peil bij een stijgend aantal appartementen. Dit effect dooft uit vanaf circa 30 appartementen, echter de daling is niet voldoende om E₃₀ te behalen. Dezelfde trend is te zien in het geval van een centraal systeem met een warmtepomp. Hierbij dooft het effect pas uit vanaf circa 40 appartementen en is de daling groter dan bij een centraal systeem met gasketels, maar nog steeds wordt E₃₀ niet bereikt. De sterkere daling heeft te maken kunnen hebben met het feit dat een warmtepomp binnen de EPB-software gezien wordt als een hernieuwbare energiebron.

2.4.3 Invloed van het afgiftesysteem en temperatuurregime

Deze simulaties werden uitgevoerd voor de 3 verschillende systemen. Het temperatuurregime hangt samen met het afgiftesysteem. In het geval van vloerverwarming is de gebruikelijke uitlaattemperatuur 35 °C, bij radiatoren is dit 70 °C.

De resultaten worden getoond in Tabel 6. De kaders duiden de oorspronkelijke situatie aan.

Tabel 6: Invloed van het afgiftesysteem en temperatuurregime op het E-peil

Systeem	Afgiftesysteem	Uitlaat T (°C)	Retour T (°C)	E-peil
Centrale gasketels	Vloerverwarming	55	30	44
		50	30	44
		45	30	44
		40	30	44
	Radiatoren	70	40	43
		65	40	43
		60	40	43
		55	40	43
Centrale warmtepomp	Vloerverwarming	55	30	39
		50	30	39
		45	30	38
		40	30	38
	Radiatoren	70	40	42
		65	40	42
		60	40	41
		55	40	40
Decentrale gasketels	Vloerverwarming	55	30	36
	Radiatoren	70	40	37

Door gebruik te maken van vloerverwarming in plaats van radiatoren daalt het E-peil met maximum 3 punten. Bij het systeem met een centrale warmtepomp daalt het E-peil eveneens als de uitlaattemperatuur afneemt, hetgeen niet het geval is bij centrale gasketels. Bij de decentrale gasketels kan de uitlaattemperatuur niet aangepast worden in de EPB-software, vandaar dat deze invloed niet kon worden nagegaan.

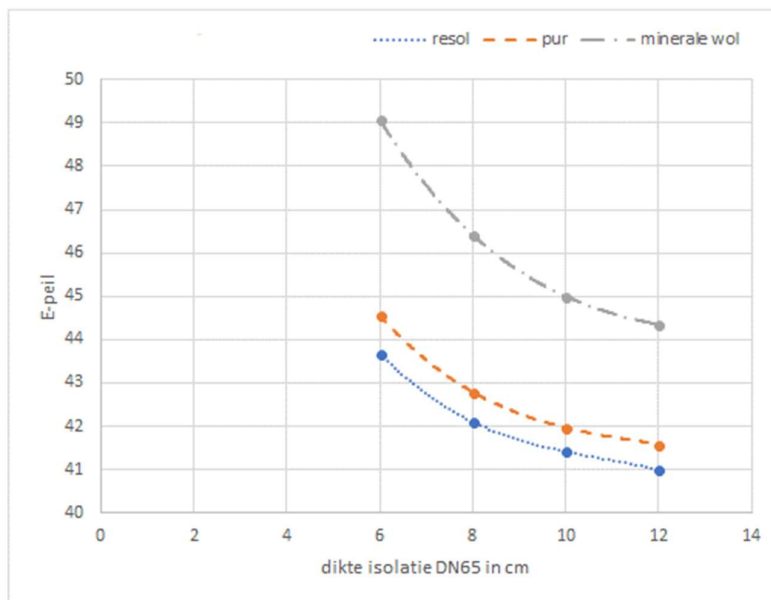
2.4.4 Invloed van de isolatie van de circulatieleiding

De volgende simulaties zijn uitgevoerd op het referentiegebouw met als energieopwekkingssysteem twee centrale gasketels met een centraal buffervat en een satellietverdeelstation per appartement.

De diameter van de circulatieleiding evolueert in functie van het gewenste debiet door de leiding. Dit wordt verder besproken in 4.2.1. Samen met de diameter van de leiding, wordt de dikte van de isolatie aangepast. Tabel 7 geeft de gebruikte diktes en soort isolatie weer, samen met het behaalde E-peil. Het kader geeft de oorspronkelijke situatie aan, de arceringen geven het beste en slechtste geval weer. Figuur 13 geeft het verband weer tussen de isolatiedikte van DN65 en het E-peil.

Tabel 7: Invloed isolatiedikte circulatieleiding op het E-peil

Soort isolatie	Dikte [cm]				E-peil
	DN25	DN32	DN40	DN65	
Resol: 0,02 W/mK	2	2	4	6	44
	4	4	6	8	42
	6	6	8	10	41
	8	8	10	12	41
Pur: 0,023 W/mK	2	2	4	6	44
	4	4	6	8	43
	6	6	8	10	42
	8	8	10	12	42
Minerale wol: 0,04 W/mK	2	2	4	6	49
	4	4	6	8	46
	6	6	8	10	45
	8	8	10	12	44



Figuur 13: Isolatie dikte DN65 in functie van het E-peil

De resultaten laten zien dat de soort isolatie die men gebruikt meer invloed heeft dan de dikte waarmee men isoleert. Bij de dunst gesimuleerde waarden, namelijk 2, 2, 4 en 6 cm voor respectievelijk DN25, DN32, DN40 en DN65, is het verschil in E-peil tussen minerale wol en resol al 5 punten.

Meer isoleren resulteert in een lager E-peil, maar de daling is niet evenredig met de toegevoegde isolatiedikte. Het verschil tussen de twee uiterste simulaties is gelijk aan drie punten voor resol, twee punten en pur, en vijf punten voor minerale wol. Het verschil tussen het best geïsoleerde en het slechts geïsoleerde geval (aangeduid door de arcering in Tabel 7) is maar liefst 8 punten. Dikker isoleren dan 8, 8, 10 en 12 cm voor respectievelijk DN25, DN32, DN40 en DN65 is zeer ongebruikelijk. Ten eerste omdat de kost voor verdere isolatie te hoog is ten opzichte van de daling van de verliezen en ten tweede wegens plaatsgebrek in de schachten. Een DN32 leiding, geïsoleerd met een dikte van 12 cm, resulteert namelijk al in een buitendiameter van 28,2 cm.

2.4.5 Invloed van de ecodesign-richtlijn

In 2009 werd de Europese Ecodesign-richtlijn ingevoerd. Deze richtlijn doelt op een ecologisch ontwerp van energie gerelateerde producten. In 2010 trad de energie-etiketteringsrichtlijn in werking. Deze richtlijn handelt over de vermelding van het energieverbruik van dergelijke producten. Nadien werden beide richtlijnen nog uitgebreid met Gedelegeerde Verordeningen – respectievelijk nr. 812/2013 en nr. 814/2013 – die de eisen voor onder meer warmwatertanks beschrijven [35].

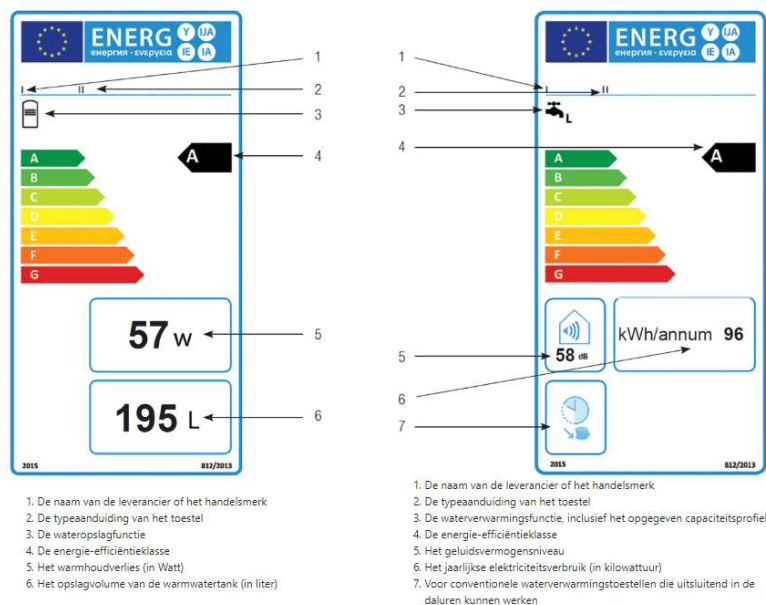
Sinds 26 september 2015 zijn de richtlijnen ook van toepassing voor toestellen voor de productie van sanitair warm water. Hieruit volgt dat toestellen die niet aan deze richtlijnen voldoen niet meer verkocht mogen worden [35].

Tabel 8 toont de minimale rendementen, afhankelijk van het capaciteitsprofiel, opgelegd door de Ecodesign-richtlijn, voor SWW toestellen met een nominale warmteafgifte tot 400 kW.

Tabel 8: Evolutie van de minimale rendementen per capaciteitsprofiel [35]

Capaciteitsprofiel	Minimale rendementen		
	2015	2017	2018
3XS	22 %	32 %	-
XXS	23 %	32 %	-
XS	26 %	32 %	-
S	26 %	32 %	-
M	26 %	36 %	-
L	30 %	37 %	-
XL	30 %	37 %	-
XXL	32 %	37 %	60 %
3XL	32 %	37 %	64 %
4XL	32 %	38 %	64 %

De energie-etikettering, bekend van ijskasten etc. geldt ook voor kleinere SWW-toestellen en warmwatertanks (tot 70 kW en 500 liter) die bestemd zijn voor toepassing in woningen. Op basis van de Ecodesign-resultaten wordt er een klasse van energetische efficiëntie toegekend en moet worden vermeld op het etiket. De klassen worden aangeduid met een letter, waarbij G zeer energieverspillend is en A+++ zeer energiezuinig [35]. Figuur 14 toont hier een voorbeeld van.



Figuur 14: Voorbeeld van energie-etikettering voor warmwatertank en SWW-productietoestel [35]

In de EPB-software kan men kiezen of de verwarmingsinstallatie gecombineerd wordt met een geïntegreerd opslagvat of een apart opslagvat. Het verschil tussen de twee is dat een verwarmingstoestel met een geïntegreerd opslagvat onder de Ecodesign-richtlijn valt en een verwarmingstoestel met een apart opslagvat of een aparte warmtewisselaar voor de voorziening van SWW niet onder de Ecodesign-richtlijn valt.

Voor de toestellen die niet onder de Ecodesign-richtlijn vallen, wordt er automatisch teruggevallen op vaste waarden voor het opslag- en opwekkingsrendement. Voor de toestellen die wel onder de Ecodesign-richtlijn vallen, moet het capaciteitsprofiel en de energie-efficiëntie opgegeven worden.

De oorspronkelijke simulatie van het systeem met decentrale gasketels, werd er gekozen voor een verwarmingstoestel voor SWW met een geïntegreerde warmtewisselaar. Hiermee valt het toestel dus onder de Ecodesign-richtlijn. Het opgegeven capaciteitsprofiel voor warmteopslag was XL met een energie-efficiëntie van 87%. Het E-peil was in dat geval gelijk aan 36. Indien er gebruik gemaakt wordt van de optie “verwarmingstoestel met apart opslagvat of met externe warmtewisselaar”, valt het verwarmingstoestel niet onder de Ecodesign-richtlijn. Vervolgens rekent de EPB-software met standaardwaarden voor energie-efficiëntie voor de warmteopslag. Het E-peil stijgt dan met 6 punten tot E42.

Dit toont aan dat de standaardwaarden voor energie-efficiëntie zeer laag zijn en dit tevens een grote invloed heeft op het E-peil. In de simulaties voor de centrale systemen, zowel met gasketel als met de warmtepomp, werd er gekozen voor de optie “verwarmingstoestel met apart opslagvat of met externe warmtewisselaar”. Dit werd zo gedaan omdat de warmtewisselaar voor de productie van SWW zich bevindt in de satellieten in de appartementen en de stookplaats in de kelder gelegen is. Dit heeft als gevolg dat de warmtewisselaar voor de productie van warm tapwater niet onder de Ecodesign-richtlijn valt en dit een negatieve invloed heeft op het E-peil. Hierdoor wordt het centrale systeem dus nog eens extra benadeeld ten opzichte van het decentrale systeem.

Indien we in de EPB-software toch kiezen voor de optie “Verwarmingstoestel met geïntegreerde warmtewisselaar” voor de centrale systemen en dezelfde waardes instellen voor het capaciteitsprofiel en de energie-efficiëntie als bij de decentrale simulaties zakken de E-peilen van de centrale systemen. Bij de centrale gasketels daalt het E-peil met 1 punt van E44 naar E43. Bij de centrale warmtepomp vermindert het E-peil met 6 punten van E39 naar E33. Dit systeem heeft dus een lager E-peil dan de decentrale gasketels, bij dezelfde instellingen voor de productie van SWW.

2.4.6 E30 door middel van een parameterstudie

In deze sectie worden een aantal simulaties uitgevoerd op het referentiegebouw met als energieopwekkingssysteem twee centrale gasketels met een centraal buffervat en een satellietverdeelstation per appartement, uitgezonderd de delen waar anders vermeld. Hiermee trachten we de invloed van enkele gebouw- en installatieparameters na te gaan. Het referentiegebouw voldoet aan een BEN-gebouw op het vlak van gebouwschil, zoals aangehaald in 2.2. Aangezien E30 toch niet werd gehaald bij het toepassen van de drie verschillende verwarmingsinstallaties (zie 2.4.1), worden op het einde van deze sectie een aantal van de onderzochte parameters gunstig ingesteld om E30 te bereiken met de vastgelegde systemen uit 2.3. Tevens wordt er een nieuwe casestudy behandeld met het oog op E30.

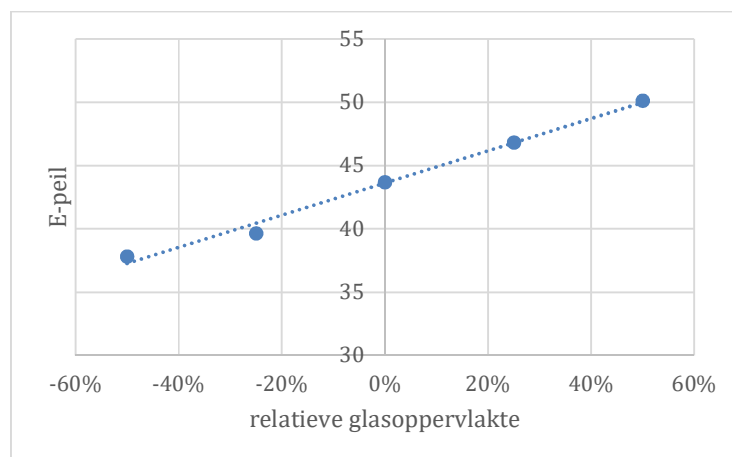
Glasoppervlakte

In de simulaties werd dubbel glas gebruikt met een U-waarde voor de beglazing gelijk aan 1 W/m²K. De invloed van het glasoppervlak op het E-peil werd nagegaan door het oppervlak glas ten opzichte van het referentiegebouw met 25% en 50% te laten af- en toenemen.

Tabel 9 en Figuur 15 geven de resultaten van de simulaties weer. Het kader geeft de referentiecasse aan.

Tabel 9: Invloed glasoppervlakte op E-peil

Relatieve glasoppervlakte	E-peil
-50%	38
-25%	40
0%	44
25%	47
50%	50



Figuur 15: Invloed glasoppervlakte op E-peil

Het E-peil stijgt met de grootte van het glasoppervlak. Ook de oververhittingsindicator neemt toe. Bij de simulatie met -50% glasoppervlak zijn er 14 appartementen die een oververhitting hebben groter dan 1000 Kh. Bij het andere uiterste, dus +50% glasoppervlak, zijn dit reeds 27 van de 29 appartementen.

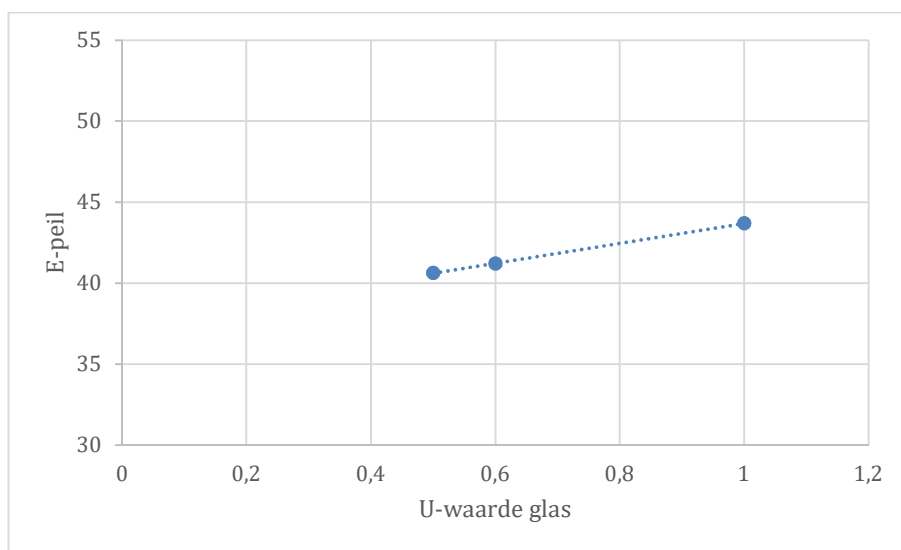
De oververhitting is niet enkel afhankelijk van de hoeveelheid glas, maar ook van de U-waarde voor het glas.

Glassoort

Om de invloed van dubbel of driedubbel glas op het E-peil na te gaan werd de U-waarde van het glas aangepast. Dit wordt weergegeven in Tabel 10 en Figuur 16. Het kader geeft de referentiecasi aan. Overstappen van dubbel naar driedubbel glas geeft een vermindering van 3 punten op het E-peil.

Tabel 10: Invloed glassoort op E-peil

U-waarde (W/m ² K)	E-peil
1	44
0,6	41
0,5	41



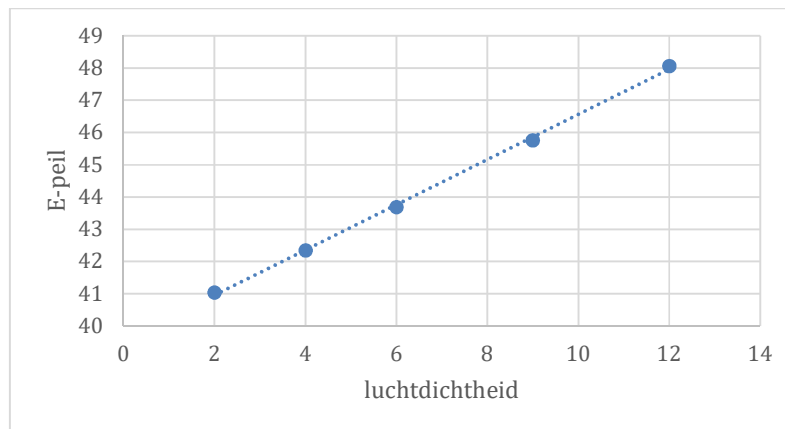
Figuur 16: Invloed glassoort op E-peil

Luchtdichtheid

De luchtdichtheid wordt bepaald door een test, waarbij het lekdebiet bij 50 Pa per eenheid oppervlakte wordt nagegaan. De waarde die gebruikt wordt indien er geen test uitgevoerd werd is $12 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Tabel 11 geeft de resultaten van de simulaties weer, deze zijn in Figuur 17 weergegeven om het verband duidelijker te maken. Het kader geeft de referentiecasse aan.

Tabel 11: Invloed luchtdichtheid op E-peil

Luchtlekverlies (m^3/hm^2)	E-peil
2	41
4	42
6	44
9	46
12	48

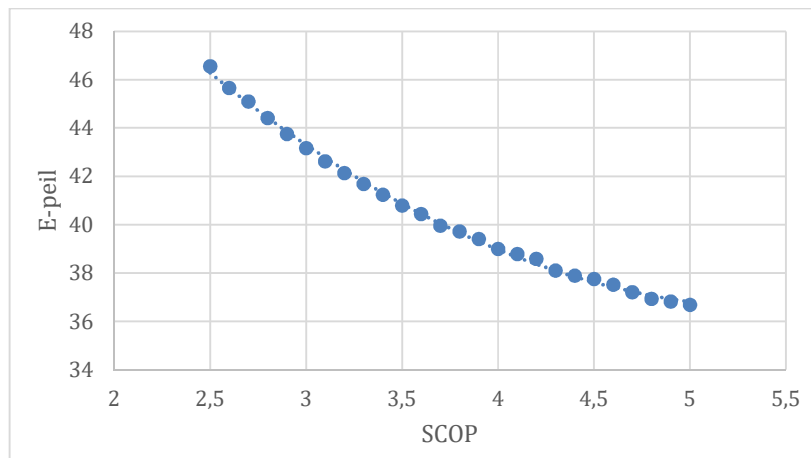


Figuur 17: Invloed luchtdichtheid op E-peil

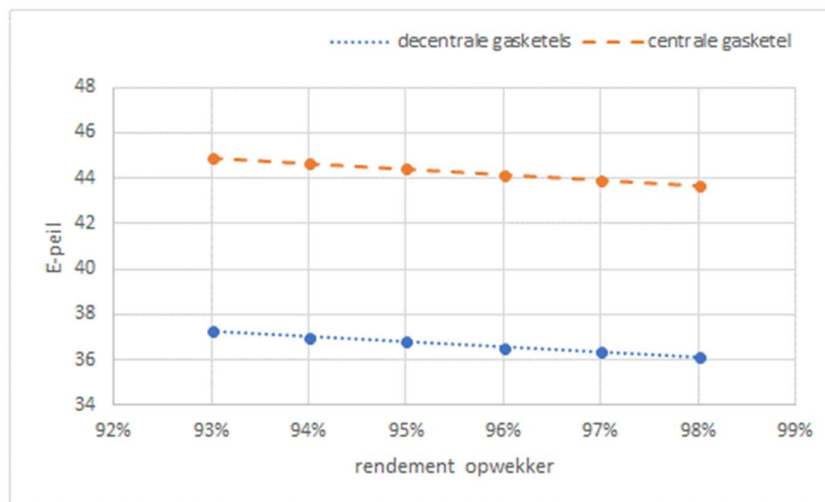
Hieruit is af te leiden dat het uitvoeren van een test, en dus een lagere luchtdichtheid dan de waarde bij ontstentenis, een positieve invloed heeft op het E-peil. Aangezien E-peil evolueert met de luchtdichtheid. Het verschil in E-peil tussen een luchtdebiet van 2 en $12 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ is in de simulaties 7 punten. Dit duidt op een grote invloed.

Rendement opwekkingssysteem

Om de invloed van het rendement van het opwekkingssysteem op het E-peil na te gaan, werden de simulaties voor de drie systemen uitgevoerd. De oorspronkelijke rendementen zijn voor de gasketels 98 % en voor de warmtepomp een SCOP van 3,8. Figuur 18 en Figuur 19 geven de resultaten van de simulaties weer.



Figuur 18: Invloed van de SCOP van een centrale water-water warmtepomp op het E-peil



Figuur 19: Invloed van het rendement van een centrale en decentrale gasketel op het E-peil

Hierin is te zien dat de SCOP van een warmtepomp meer invloed heeft op het E-peil dan het rendement van een gasketel, zowel centraal als decentraal. Door een SCOP te behalen van 5 in plaats van 2,5 zakt het E-peil met 10 punten. Het is dus zeker belangrijk om een warmtepomp te kiezen die voor de gebruikte toepassing een hoog rendement heeft. Het rendement van een gasketel ligt meestal tussen de 93 en 98%. Overgaan van een gasketel met een rendement van 93% naar een gasketel met een rendement van 98%, betekent een daling van 1 punt in het E-peil.

Gunstige instelling van besproken parameters gecombineerd met vastgelegde systemen

Het referentiegebouw voldoet aan de EPB-eisen voor 2021 (zie 2.2), op het E30 peil na. Dit werd aangehaald in de sectie 2.4.1, aangezien het E-peil voor centrale gasketels gelijk is aan 44, voor een centrale warmtepomp 39 en voor decentrale gasketels 36. Om E30 te behalen zullen de 3 systemen gesimuleerd worden met volgende aanpassingen aan het referentiegebouw en aan de isolatie van de combilus:

- luchtdichtheid: $2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ (oorspronkelijk $6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$);
- driedubbel glas: $U_g = 0,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (oorspronkelijk $1 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$);
- circulatieleiding geïsoleerd met resol: 8, 8, 10 en 12 cm voor respectievelijk DN25, DN32, DN40 en DN65;
- intensieve ventilatie: maximum potentieel.

Er werd bewust geen extra isolatie aan de gebouwschil toegevoegd omdat de gebouwschil volgens het S-peil al ruimschoots voldoet aan de eisen. In de praktijk worden er dan zonnepanelen toegevoegd om het E-peil verder te verlagen en zo te voldoen aan E30 [36]. Tabel 12 geeft het E-peil van deze simulaties weer ten opzichte van het E-peil in 2.4.1 Vergelijking van de energieopwekkingssystemen.

Tabel 12: E30 met 3 systemen

Systeem	E-peil	E-peil referentiecases
Centrale gasketels	34	44
Centrale Warmtepomp	32	39
Decentrale gasketels	29	36

De combilus leiding werd zoals hierboven beschreven geïsoleerd met diktes die in de praktijk niet gebruikt worden wegens te hoge investeringskost, plaatsgebrek en een minimale warmtewinst. Toch tonen de resultaten aan dat het E30-peil nog steeds niet behaald wordt bij de systemen met centrale gasketels of een centrale warmtepomp. Enkel de decentrale gasketels halen een E-peil van 30 en voldoen wel (met de aanpassingen aan het referentiegebouw) aan de eisen een BEN-woning.

Indien bij het systeem van de warmtepomp de SCOP gelijk is aan 5 (oorspronkelijk 3,8), wordt het E-peil voor het systeem met de centrale warmtepomp gelijk aan 30. De andere eisen in verband met EPB-regelgeving blijven nog steeds gerespecteerd. Op deze manier zou het referentiegebouw met een centrale warmtepomp dus voldoen aan een BEN-woning.

Zoals in 2.4.2 al aangehaald werd zal het E-peil dalen bij een stijgend aantal appartementen. De resultaten van de simulaties onder de hierboven beschreven voorwaarden zijn terug te vinden in

Tabel 13. Het oorspronkelijk aantal appartementen is 29, aangeduid door het kader.


Tabel 13: Combilus met warmtepomp, E30 bij toenemend aantal appartementen

Aantal appartementen	E-peil
29	30
37	29
45	29
53	28

Bij het centrale systeem met een warmtepomp met een SCOP gelijk aan 5, een luchtdichtheid van $2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, een overgedimensioneerde isolatie op de combilus, een maximum potentieel aan intensieve ventilatie en gebruik makend van driedubbel glas, daalt het E-peil slechts met een paar punten bij een toenemend aantal appartementen. Dit omwille van het feit dat door de dikkere isolatie van de combilus minder verliezen hierbij gepaard gaan en er dus minder verliezen verdeeld worden over meerdere appartementen, waardoor de toename van het aantal appartementen niet meer hetzelfde effect heeft als eerder.

Referentiegebouw gecombineerd met decentrale warmtepompen

Het volgend systeem wordt enkel in dit hoofdstuk behandeld, maar wordt eveneens toegepast op het referentiegebouw (zie 2.2), zonder aanpassingen zoals hierboven besproken. Het systeem bestaat uit een koude waterlus met een water-water warmtepomp van 10 kW per appartement, die instaat voor zowel centrale verwarming als voor de productie van sanitair warm water. De warmtepomp heeft een SCOP van 3,9 en kan temperaturen leveren tot $65 \text{ }^\circ\text{C}$, zoals de warmtepomp F1245-10 van producent NIBE (zie Figuur 20). Deze specificaties werden gebruikt bij de invoer in de EPB-software.

Model(s):				NIBE F1245-10								
Type of heat source/sink:				Brine-to-water								
Low-temperature heat pump:				No								
Equipped with supplementary heater:				Yes								
Heat pump combination heater:				Yes								
Climate condition:				Average								
Temperature application:				Medium temperature (55 °C)								
Applied standards: EN14825 and EN16147												
Rated heat output				Prated	10,0	kW		Seasonal space heating energy efficiency				
								η_s	147	%		
<i>Declared capacity for part load at outdoor temperature Tj</i>								<i>Declared coefficient of performance for part load at outdoor temperature Tj</i>				
Tj = -7 °C	Pdh	7,9	kW		Tj = -7 °C	COPd	3,40			-		
Tj = +2 °C	Pdh	8,7	kW		Tj = +2 °C	COPd	3,91			-		
Tj = +7 °C	Pdh	9,2	kW		Tj = +7 °C	COPd	4,25			-		
Tj = +12 °C	Pdh	9,6	kW		Tj = +12 °C	COPd	4,58			-		
Tj = biv	Pdh	8,2	kW		Tj = biv	COPd	3,52			-		
Tj = TOL	Pdh	7,6	kW		Tj = TOL	COPd	3,19			-		
Tj = -15 °C (if TOL < -20 °C)	Pdh		kW		Tj = -15 °C (if TOL < -20 °C)	COPd				-		
Bivalent temperature				T _{biv}	-5,2	°C		Operation limit temperature				
Cycling interval capacity for heating				P _{cyc}		kW		Cycling interval efficiency				
Degradation co-efficient				Cdh	1,00	-		Heating water operating limit				
								WTOL	65	°C		
<i>Power consumption in modes other than active mode</i>								<i>Supplementary heater</i>				
Off mode	P _{OFF}	0,002	kW		Rated heat output				P _{sup}	2,4	kW	
Thermostat-off mode	P _{TO}	0,01	kW									
Standby mode	P _{SB}	0,007	kW		Type of energy input				Electric			
Crankcase heater mode	P _{CK}	0,014	kW									
<i>Other items</i>												
Capacity control				fixed				Rated air flow rate, outdoors				
Sound power level, indoors/outdoors				L _{WA}	45/-	dB		Rated water flow rate, indoor heat exchanger				
Annual energy consumption				Q _{HE}	5345	kWh		Rated brine or water flow rate, outdoor heat exchanger				
									1,56	m ³ /h		
<i>For heat pump combination heater:</i>												
Declared load profile				XL				Water heating energy efficiency				
								η_{wh}	96	%		
Daily electricity consumption				Q _{elec}	7,95	kWh		Daily fuel consumption				
Annual electricity consumption				AEC	1745	kWh		Annual fuel consumption				
								AFC		GJ		
Approved by:												
Contact details				© NIBE Energy Systems - Box 14 - Hannabadvägen 5 - 28521 Markaryd - Sweden								

Figuur 20: Prestaties NIBE F1245-10 [37]

Deze warmtepomp beschikt over een geïntegreerd opslagvat van 180 l voor de productie van sanitair warm water. Hiermee valt het toestel onder de Ecodesign-richtlijn, wat een positieve invloed heeft op het E-peil. De gegevens voor opslagcapaciteit en efficiëntie werden eveneens uit Figuur 20 gehaald.

Uit de simulaties bleek dat het E-peil gemiddeld gelijk was aan 25. Aangezien de andere eisen gerespecteerd worden, voldoet dit systeem dus aan een BEN-gebouw.

2.5 Conclusies

In deze EPB-studie werd het E-peil van een centraal verwarmingssysteem met ofwel twee gasketels ofwel één warmtepomp vergeleken met een decentraal verwarmingssysteem met individuele gasketels. Deze simulaties werden eveneens uitgevoerd in functie van het aantal appartementen. Daarnaast werd de invloed van een aantal parameters op het E-peil bekeken. Tenslotte werd er getracht E₃₀ te behalen door een aantal parameters van het referentiegebouw te veranderen, zonder de gebouwschil extra te isoleren.

Uit het EPB-onderzoek kunnen we concluderen dat een centraal systeem een hoger E-peil behaalt dan een decentraal systeem in het referentiegebouw. Dit is enerzijds te wijten aan de verliezen in de combilus die een verhoging van het E-peil veroorzaken, en anderzijds aan het feit dat het toestel voor SWW, namelijk de decentrale warmtewisselaars in de satellieten, niet onder de Ecodesign-richtlijn valt en dit nog een extra negatieve invloed heeft op het E-peil. Bovendien heeft het referentiegebouw een S-peil dat tien punten lager is dan de eis in 2021, maar voldoet het geheel niet aan E₃₀.

Opvallend is dat bij een toenemend aantal appartementen het E-peil van een systeem met combilus daalt. Dit is het gevolg van de verliezen in de combilus die niet evenredig toenemen met het aantal appartementen. De verliezen worden steeds verdeeld over alle appartementen, zodat het verlies per appartement daalt bij een toenemend aantal appartementen. Voor het centraal systeem met warmtepomp werd het E-peil vanaf circa 40 appartementen zelfs gelijk aan het E-peil van een decentraal systeem met gasketels. Tevens heeft de SCOP van de warmtepomp ook een groot effect op het E-peil. Om die reden zou bij een SCOP hoger dan 3,8 het punt waarbij het E-peil gelijk wordt aan dat van decentrale gasketels al bij minder dan 40 appartementen zijn. Indien de simulaties realistischer uitgevoerd zouden kunnen worden met boosterwarmtepompen, zou het E-peil vermoedelijk verder dalen, aangezien de hoeveelheid hernieuwbare energie toeneemt.

Bovendien zou de mogelijkheid om een CO₂-warmtepomp te kunnen simuleren ook passen binnen een duurzame verwarmingsinstallatie. Deze simulatie is op dit moment niet mogelijk omdat de SCOP gecorrigeerd wordt met een factor op basis van de afgiftetemperatuur van de warmtepomp. Hieruit bleek dat hoe hoger de temperatuur werd ingesteld, hoe lager het E-peil van het gebouw.

Daarnaast heeft de soort isolatie en de dikte eveneens een grote invloed op het E-peil van een combilus. Uit de simulaties bleek dat er een verschil was van 8 E-peil punten tussen de minst geïsoleerde leiding met de slechtste isolatie, en de meest geïsoleerde leiding met de beste isolatie. In 3.2 wordt dit vergeleken met de berekende verliezen in de combilus.

Uit de simulaties in verband met aanpassingen aan het referentiegebouw bleek dat enkel het systeem met decentrale gasketels dan voldeed aan E₃₀. Ook een decentraal systeem met water-water warmtepompen kan volgens de simulaties voldoen aan E₃₀. Het E-peil verder laten dalen bij de centrale systemen bleek niet evident. Vandaar dat het toevoegen van zonnepanelen wellicht de gemakkelijkste oplossing zou zijn.

Bij het centrale systeem met warmtepomp werd E30 wel behaald, mits de aanpassingen aan het referentiegebouw en een SCOP van 5. Hierbij daalt het E-peil slechts met een paar punten bij een toenemend aantal appartementen.

Bij de casestudy rond een decentraal systeem dat gebruik maakt van warmtepompen per appartement werd het referentiegebouw gebruikt, zonder aanpassingen. Hier werd gemiddeld E25 gescoord. Dit systeem voldoet dus aan een BEN-woning.

Hoofdstuk 3: Energetisch onderzoek

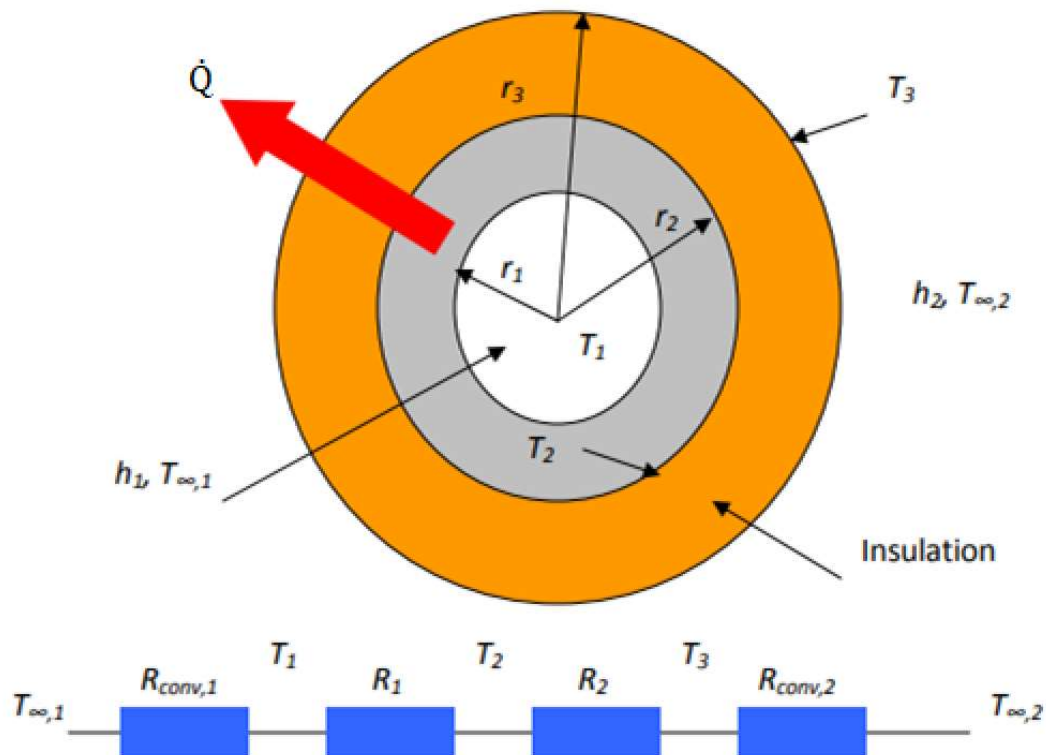
In het energetisch onderzoek gaan we de verliezen van de combilus te berekenen via warmteoverdrachtcorrelaties in 3.1. De berekende verliezen kunnen we vervolgens vergelijken met verliezen die in de EPB-simulaties gebruikt werden. Via deze vergelijking kan gezocht worden of deze verliezen misschien overschat worden in de EPB-berekening en of dit de reden is waarom de centrale systemen zo slecht scoren binnen de EPB, hiervan staan de resultaten weergegeven in 3.2.

3.1 Berekening verliezen combilus

3.1.1 Berekening

Om de verliezen van de combilus te berekenen, is het gemakkelijk om de verliezen per lopende meter leiding te berekenen en deze achteraf te vermenigvuldigen met het aantal meter leiding die zich in het appartementsgebouw bevindt.

Om deze verliezen te berekenen moet er een thermisch netwerk opgelost worden. Dit netwerk staat weergegeven in Figuur 21: Thermisch netwerk van een leiding.



Figuur 21: Thermisch netwerk van een leiding [38, p. 6]

In Figuur 21 is te zien dat dit netwerk bestaat uit vier thermische weerstanden namelijk:

- waterzijdeconvectie: dit is de warmteconvectie van het warme water naar de buis;
- buisconductie: dit is de warmteconductie door de stalenbuis;
- isolatiemantelconductie: dit is de warmteconductie door het isolatiemateriaal;
- luchtzijdeconvectie: dit is de warmteconvectie van de buiswand naar de omgevende lucht.

Van deze vier zijn de eerste 2 weerstanden ten opzichte van de laatste 2 verwaarloosbaar en deze zullen dan ook niet meegenomen worden in volgende berekening.

Met deze weerstanden kunnen we de warmtestroom \dot{Q} berekenen:

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{Cond}} + R_{\text{Conv}} \quad [1]$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\text{fluid}} - T_{\infty}}{R_{\text{tot}}} \quad [2]$$

Met:

R_{tot} : de totale thermische weerstand van het berekende thermisch netwerk

R_{Cond} : de conductieweerstand van het isolatiemateriaal

R_{Conv} : de 2^{de} convectieweerstand

T_{fluid} : de temperatuur van de vloeistof in de leiding

T_{∞} : de fluidumtemperatuur van de omgevende lucht rond de leiding

\dot{Q} : de warmtestroom door het thermisch netwerk

Hiervoor moeten eerst de twee thermische weerstanden berekend worden. De conductieweerstand van het isolatiemateriaal, de isolatiemantel conductieweerstand op Figuur 21, wordt bepaald met de formule voor warmteconductie uit de warmteleer:

$$R_{\text{Cond}} = \frac{\ln\left(\frac{r_{\text{buis}} + d_{\text{iso}}}{r_{\text{buis}}}\right)}{2 \times \pi \times k \times L} \quad [3]$$

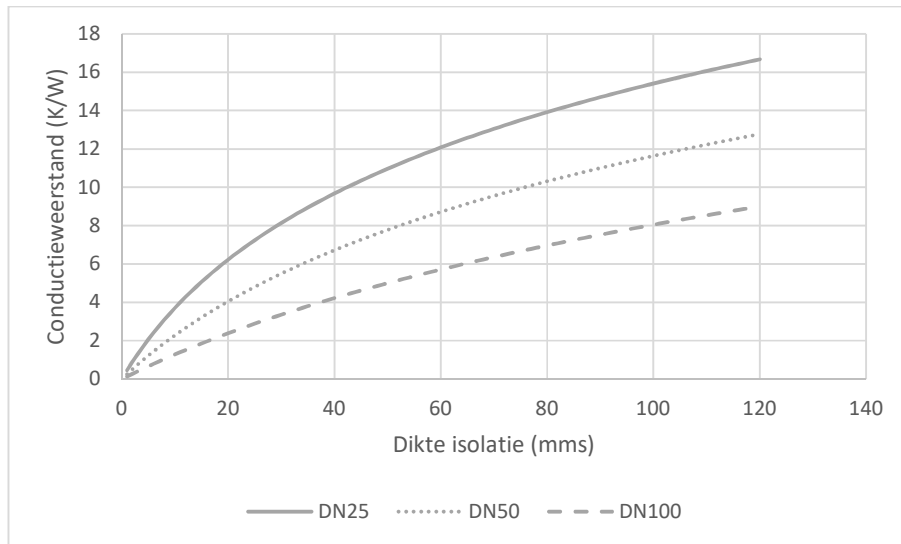
Met:

r_{buis} : de buitenstraal van de stalenbuis

d_{iso} : de dikte van het isolatiemateriaal

k : de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal

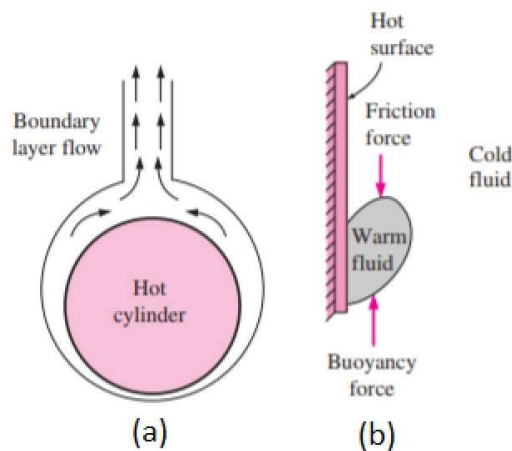
L : de lengte van de buis, in deze berekening 1 m



Figuur 22: Conductieweerstand voor verschillende leidingdiameters

Op bovenstaande figuur staat het verloop van de conductieweerstand voor een DN25, DN50, DN100 weergegeven.

Om de convectie weerstand te bepalen moeten we eerst bepalen met welk soort convectie we hier te maken hebben. In het geval van de leidingen in de schachten spreekt men van natuurlijke convectie. Hierbij bevindt de warmere leiding zich in een koudere omgeving namelijk de lucht in de schacht. Hierdoor gaat de warme leiding warmte overdragen naar de lucht waardoor de lucht dichtbij de wand van de leiding in temperatuur zal stijgen. De laag lucht die hierbij opwarmt wordt de grenslaag genoemd. Omdat de grenslaag opwarmt zal de dichtheid van deze laag afnemen, aangezien de dichtheid van lucht omgekeerd evenredig is met de temperatuur. Hierdoor wordt de grenslaag lichter dan de omgevende lucht en zal deze gaan stijgen. De ruimte aan de wand van de warme leiding wordt dan opnieuw ingenomen door koudere lucht. Hierdoor ontstaat een kleine stroming rond de warme leiding [39]. Het principe van de grenslaag tegen een hete wand wordt afgebeeld in Figuur 23-b, zo een hete wand is vergelijkbaar met een verticale cilinder. In Figuur 23-a wordt deze grenslaag en natuurlijke convectiestroom verduidelijkt voor een horizontale leiding.



Figuur 23: Natuurlijk convectie: grenslaag [39, p. 538;542]

De luchtzijdeconvectieweerstand wordt bepaald door het contactoppervlak tussen isolatiemateriaal en de lucht in de technische schacht, en door de convectiecoëfficiënt die aangeeft hoe gemakkelijk warmte van het oppervlak naar de lucht stroomt.

$$R_{\text{Conv}} = \frac{1}{h \times 2 \times \pi \times (r_{\text{buis}} + d_{\text{iso}}) \times L} \quad [4]$$

Met:

h: de convectiecoëfficiënt

De convectiecoëfficiënt kan met volgende formule bepaald worden:

$$h = \frac{\text{Nu} \times k}{L_{\text{kar}}} \quad [5]$$

Met:

Nu: het Nusselt-getal

L_{kar} : de karakteristieke lengte van de leiding: verticaal= L en horizontaal =D

Bij een horizontale leiding is de karakteristieke lengte de buitendiameter van de isolatie en bij een verticale leiding is dit de effectieve lengte van de leiding. Dit valt ook af te leiden uit de fysica van de grenslaag of Figuur 23. Het Nusselt-getal verschilt ook naargelang het om een verticale of horizontale leiding gaat:

Verticale leiding:

$$\text{Nu} = \left(0.825 + \frac{0.387 \times \text{Ra}^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{\text{Pr}} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2 \quad [6]$$

Horizontale leiding:

$$\text{Nu} = \left(0.6 + \frac{0.387 \times \text{Ra}^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0.559}{\text{Pr}} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right)^2 \quad [7]$$

$$\text{Ra} = \text{Gr} \times \text{Pr} \quad [8]$$

Met:

Gr: het Grashof-getal

Ra: het Rayleigh-getal

Pr: het Prandtl-getal van lucht (0,7255)

Om het Nusselt-getal te kunnen berekenen moeten eerst bovenstaande drie dimensieloze getallen bepaald worden. Hierbij geeft het Prandtl-getal de vorming van de grenslaag weer, door de relatie tussen zowel thermische als stromingsdiffusiviteit. Het Grashof-getal geeft dan weer de relatie tussen opwaartse kracht van de warmere lucht en de viscositeit in de lucht. Het Rayleigh-getal kan vervolgens gezien worden als de relatie tussen de opwaartse stuwkracht en de thermische – en stromingsdiffusiviteit [39]. Het Grashof-getal wordt als volgt berekend:

$$Gr = \frac{g \times \beta \times (T_{wand} - T_{\infty}) \times L_{kar}^3}{\nu^2} \quad [9]$$

Met:

g : de valversnelling, 9.81 m/s^2

β : de kubieke uitzettingscoëfficiënt, voor ideaal gas $\frac{1}{T}$ (1/K)

T_{wand} : de wand temperatuur van het isolatiemateriaal

ν : de dynamische viscositeit van de lucht rond de leiding ($1,702 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$)

Nu treedt er het volgende probleem op, voor de berekening van het Grashof-getal moet de wand temperatuur gekend zijn en deze wordt gegeven door:

$$T_{wand} = T_{\infty} + \frac{Q}{h \times A_{mantel}} \quad [10]$$

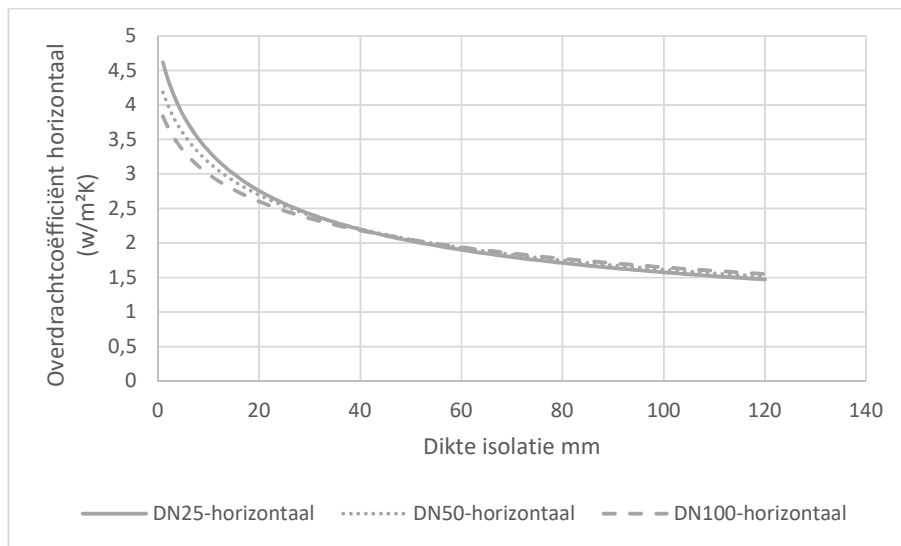
Met:

A_{mantel} : het manteloppervlak van de leiding met isolatie

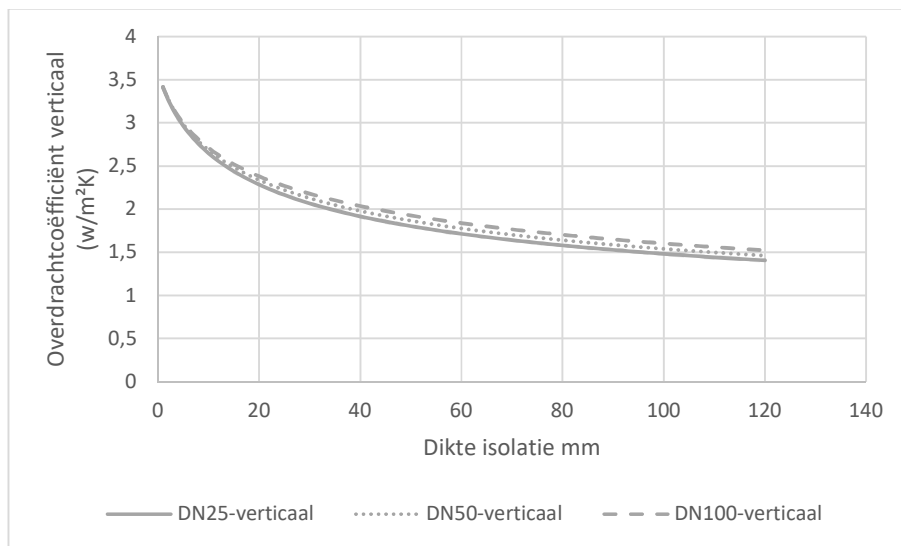
Hierbij zien we dat de wandtemperatuur wordt bepaald door de convectiecoëfficiënt, deze wordt op zijn beurt bepaald door de wandtemperatuur via de invloed van het Grashof-getal. Om dit op te lossen gaan we een wand temperatuur aannemen, waarna vervolgens via een iteratieve berekening zowel de wandtemperatuur als de convectiecoëfficiënt bepaald kunnen worden.

In Figuur 24 en Figuur 25 staan voor drie verschillende leidingen zowel de horizontale als de verticale convectiecoëfficiënt in functie van de isolatiedikte. De gebruikte isolatie bij het opstellen van deze figuren is resolschuim met een conductiecoëfficiënt van 0.02 W/mK . Op de figuren valt op dat naarmate de dikte van de isolatie toeneemt de convectiecoëfficiënt afneemt. Dit is te wijten aan de toenemende grenslaagdikte indien de isolatiedikte toeneemt. Dit komt dan weer door het feit dat bij grotere isolatiediktes de wandtemperatuur zal afnemen waardoor er minder stuwkracht is en de grenslaagdikte dus toeneemt.

Indien men beide figuren zou vergelijken kan men concluderen dat de convectiecoëfficiënt van de verticale leidingen telkens kleiner is. Dit kan verklaard worden uit Figuur 23, doordat bij een verticale leidingen de warmere zwaardere lucht langs de leiding omhoog stijgt zal deze verticale leiding minder makkelijk warmte afstaan omdat de grenslaag langs de leiding omhoog gestuwd wordt waarbij de hogere secties dus een dikkere grenslaag hebben. Omwille van deze redenen zal de verticale convectiecoëfficiënt telkens lager liggen dan de horizontale.

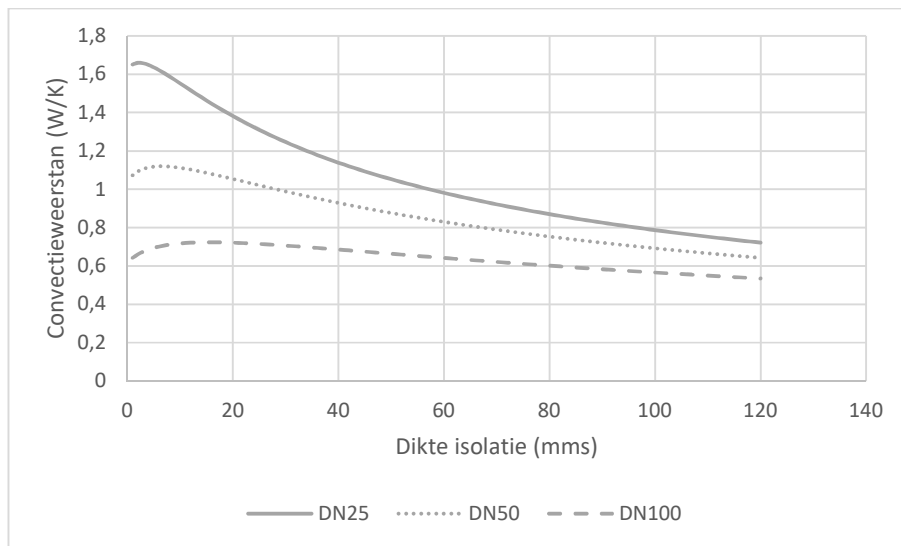


Figuur 24: Convectiecoëfficiënt horizontale leidingen



Figuur 25: Convectiecoëfficiënt verticale leidingen

Uit Figuur 24 en Figuur 25 volgt zo Figuur 26.



Figuur 26: Convectieweerstand voor verschillende leidingdiameters

In Figuur 26 valt te zien dat voor alle drie de leidingen de convectieweerstand bij kleine diktes eerst zal stijgen en daarna bij grotere diktes zal afnemen. Uit de formule van de convectieweerstand valt dit te verklaren aan de hand van het verloop van de convectiecoëfficiënt en de toenemende buitendiameter van de isolatie. Het is namelijk zo dat de weerstand bepaald wordt door zowel de convectiecoëfficiënt als de buitendiameter van de isolatie. Zoals te zien in Figuur 24 en Figuur 25 zijn deze omgekeerd evenredig bij stijgende diameter zal de convectiecoëfficiënt dalen. Bij de kleinere diktes zal het effect van een afnemende convectiecoëfficiënt een grotere invloed hebben als het effect van de toenemende buitendiameter. Immers is op Figuur 24 en Figuur 25 te zien dat bij kleinere diameters deze afname veel sterker is als bij grotere diameters. Bij grotere diameters zal echter het effect van de stijgende buitendiameter van de isolatie de bovenhand nemen waardoor de convectieweerstand zal beginnen afnemen.

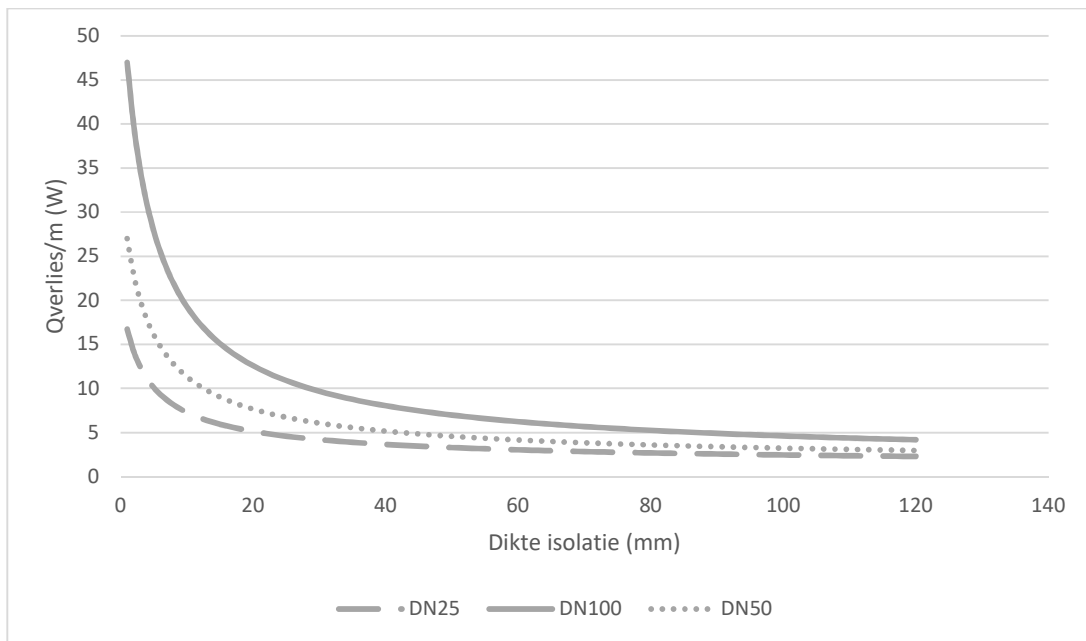
3.1.2 Resultaten

Voor de berekening van de resultaten werd gekozen voor een T_{fluid} van 60°C en een T_{∞} van 20°C . Deze berekening werd voor verschillende buisdiameters, verschillende isolatiematerialen en verschillende isolatiediktes uitgevoerd.

In deze berekening valt het op dat warmtegeleidingscoëfficiënt k van het isolatiemateriaal een belangrijke rol speelt in de grootte van de verliezen. In Figuur 28 is te zien dat wanneer men met een beter materiaal gaat isoleren er beduidend minder verliezen zijn, dit was ook te verwachten uit de berekeningen. Zo zal minerale wol met een k -waarde van ± 0.04 nog meer warmte laten ontsnappen dan resolschuim met een k -waarde van ± 0.02 .

Uit de resultaten blijkt dat bij de grotere diktes nog dikker isoleren slechts een beperkte vermindering van het warmteverlies teweegbrengt. Dit kan duiden op het feit dat er misschien een economisch optimum bestaat voor de dikte van het isolatiemateriaal. Dit wordt later bekeken in 4.2.2 wanneer dat ook de kosten van het isolatiemateriaal in rekening gebracht wordt.

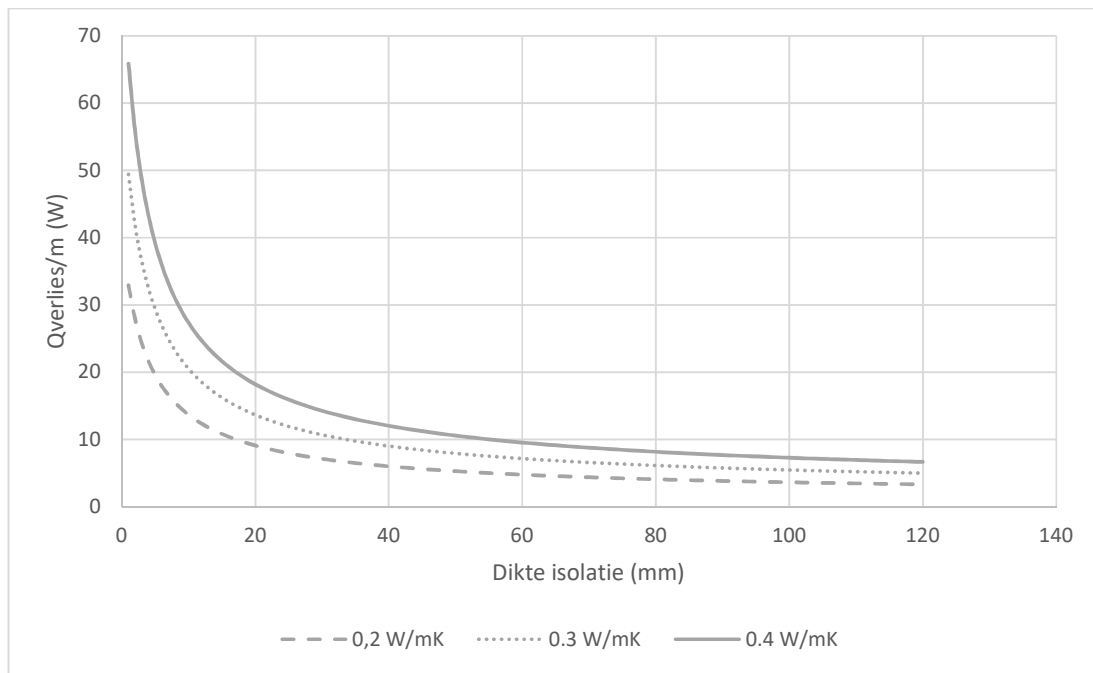
Voor Resol schuim staan de resultaten van enkele buisdiameters weergegeven in Figuur 27.



Figuur 27: Warmteverlies per meter leiding met isolatie resolschuim

Hierop valt te zien dat bij grotere buisdiameters de warmteverliezen hoger zullen liggen. Dit komt door het feit dat grotere buisdiameters zoals te zien valt op Figuur 22 een hogere conductieweerstand hebben bij dezelfde dikte. Dit is net omwille van de grotere diameter. Deze leidingen dragen immers ook meer energie, omwille van de grotere inhoud.

In Figuur 28 valt het verschil te zien tussen verschillende isolatiematerialen. Omwille van de kleinere geleidingscoëfficiënt zal Resol (0.2 W/mK) een hogere conductieweerstand hebben waardoor de warmteverliezen lager zullen liggen als bij bijvoorbeeld wol (0.4 W/mK).



Figuur 28: Warmteverlies per meter leiding voor DN65

Op Figuur 28 valt op dat hoe dikker men isoleert hoe minder effect dit zal hebben op de beperking van de verliezen. Dit heeft twee oorzaken. Eerst en vooral valt er op Figuur 22 te zien dat de conductieweerstand bij grotere diktes minder zal toenemen als bij kleinere diktes. Daartegenover staat dat de convectieweerstand zal toenemen bij kleinere diameters en zal afnemen bij grotere diameters zoals weergegeven in Figuur 26. Deze twee fenomenen zorgen ervoor dat de totale weerstand bij kleinere diameters veel rapper zal toenemen en met dus extra isolatiemateriaal betere resultaten geboekt kunnen worden als bij grotere diktes. Tabel 14 geeft voor de volledigheid de uitkomsten van de buisdiameters DN20 tot DN100. Voor vier verschillende warmtegeleidingscoëfficiënten k en voor verschillende diktes van 10 tot 120 mm. In de tabel staan de warmteverliezen in W/m leiding. Uit deze tabel kunnen dezelfde conclusies getrokken worden als eerder.

Tabel 14: Warmteverliezen combilus (W/m)

K=0,02	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Resol								
10 mm	6,23	7,29	8,63	9,53	11,33	13,68	15,57	19,28
20 mm	4,46	5,13	5,97	6,53	7,65	9,11	10,28	12,58
30 mm	3,69	4,19	4,82	5,23	6,06	7,14	8,00	9,68
40 mm	3,24	3,65	4,16	4,49	5,16	6,02	6,70	8,04
50 mm	2,94	3,30	3,73	4,01	4,57	5,29	5,87	6,98
60 mm	2,73	3,04	3,42	3,66	4,15	4,78	5,27	6,24
80 mm	2,43	2,69	3,00	3,20	3,59	4,09	4,49	5,25
100 mm	2,24	2,46	2,72	2,89	3,23	3,65	3,98	4,62
120 mm	2,10	2,29	2,52	2,67	2,97	3,34	3,62	4,17
K=0,023	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
PUr								
10 mm	7,16	8,38	9,92	10,96	13,03	15,73	17,90	22,18
20 mm	5,13	5,90	6,87	7,51	8,80	10,48	11,82	14,46
30 mm	4,24	4,82	5,54	6,02	6,97	8,21	9,19	11,13
40 mm	3,73	4,20	4,78	5,17	5,94	6,92	7,71	9,25
50 mm	3,39	3,79	4,28	4,61	5,26	6,09	6,75	8,03
60 mm	3,14	3,49	3,93	4,21	4,78	5,50	6,06	7,17
80 mm	2,80	3,09	3,45	3,68	4,13	4,71	5,16	6,04
100 mm	2,57	2,83	3,13	3,33	3,71	4,20	4,58	5,31
120 mm	2,41	2,63	2,90	3,08	3,41	3,84	4,17	4,80
K=0,03	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
10 mm	9,34	10,94	12,94	14,29	17,00	20,52	23,35	28,93
20 mm	6,69	7,70	8,96	9,80	11,48	13,66	15,42	18,86
30 mm	5,53	6,29	7,23	7,85	9,10	10,71	11,99	14,52
40 mm	4,86	5,48	6,24	6,74	7,74	9,03	10,06	12,07
50 mm	4,42	4,94	5,59	6,01	6,86	7,94	8,80	10,48
60 mm	4,09	4,56	5,12	5,50	6,23	7,17	7,91	9,36
80 mm	3,65	4,03	4,49	4,80	5,39	6,14	6,73	7,87
100 mm	3,36	3,69	4,08	4,34	4,84	5,47	7,30	6,93
120 mm	3,14	3,44	3,79	4,01	4,45	5,00	5,00	6,26
K=0,04	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Wol								
10 mm	12,45	14,58	17,26	19,05	22,66	27,36	31,14	38,57
20 mm	8,92	10,26	11,94	13,06	15,31	18,22	20,56	25,15
30 mm	7,38	8,39	9,64	10,47	12,13	14,27	15,99	19,36
40 mm	6,48	7,30	8,32	8,99	10,32	12,04	13,41	16,09
50 mm	5,89	6,59	7,45	8,02	9,14	10,59	11,73	13,97
60 mm	5,46	6,08	6,83	7,33	8,31	9,56	10,55	12,48
80 mm	4,87	5,38	5,99	6,39	7,18	8,18	8,97	10,50
100 mm	4,48	4,92	5,44	5,78	6,45	7,30	7,96	9,23
120 mm	4,19	4,58	5,05	5,35	5,94	6,67	6,67	8,35

3.2 Vergelijking EPB-resultaten en energetische resultaten

De resultaten uit 3.1 kunnen nu toegepast worden op het referentiegebouw dat in de EPB-studie gebruikt werd (Tabel 2). De afstanden van de leidingen die voor de combilus gebruikt werden, in dit referentiegebouw, staan weergegeven in volgende tabel:

Tabel 15: Afstanden combilus referentiegebouw

Buistype	Afstand (m)
DN25	110
DN32	50
DN40	90
DN65	50

Als men nu voor de gekozen isolatiediktes zoals in Tabel 7 van de EPB-studie het totale energieverlies over de combilus berekent, met de waardes uit Tabel 15 dan bekomt men de waardes in Tabel 16.

Tabel 16: Warmteverlies combilus berekend op basis van warmteoverdrachtcorrelaties

Soort isolatie	Dikte [cm]				Totaal verlies (W)	Totaal verlies per app (w)
	DN25 (cm)	DN32 (cm)	DN40 (cm)	DN65 (cm)		
Resol: 0,02 W/mK	2	2	4	6	1474,40	50,84
	4	4	6	8	1143,40	39,43
	6	6	8	10	975,90	33,65
	8	8	10	12	873,00	30,10
Pur: 0,023 W/mK	2	2	4	6	1732,80	59,75
	4	4	6	8	1315,40	45,36
	6	6	8	10	1121,60	38,68
	8	8	10	12	1004,10	34,62
Minerale wol: 0,04 W/mK	2	2	4	6	3012,70	103,89
	4	4	6	8	2287,70	78,89
	6	6	8	10	1950,40	67,26
	8	8	10	12	1745,00	60,17

Hierbij valt er op dat ondanks dat de combilus zo hard wordt afgestraft in de EPB-software het verlies per appartement eerder beperkt is. Zoals blijkt uit de laatste kolom van Tabel 16 liggen deze verliezen tussen de 30-100 watt. Waarbij moet vermeld worden dat met wol isoleren niet de ideale oplossing is. Wol is het goedkoopste materiaal van de drie, maar men moet veel dikker gaan isoleren om bijna dezelfde resultaten te boeken. Dit doet niet alleen het verschil in investeringskost verkleinen, maar dit zorgt ook voor een bouwkundig probleem. Zoals eerder al vermeld worden deze leidingen dan te groot om nog in de bouwkundige schachten te passen.

Indien men dus wol buiten beschouwing laat, liggen de verliezen van de combilus tussen de 30-60 watt. Als men dit dan bijvoorbeeld gaat vergelijken met particuliere ventilatoren. Deze verbruiken vermogens tussen 160-230 watt, afhankelijk van de grootte, als maximaal vermogen voor een D+ ventilatiesysteem [40]. Dit is elektrische energie en moet dus nog omgezet worden naar primair energie verbruik. Hiervoor gebruikt EPB een factor van 2,5, terwijl bij gas, zoals bij een centrale gasketel deze factor 1 is [41]. Er kan dus gesteld worden dat de verliezen van een combilus per wooneenheid kleiner zijn dan per woning verluchting te voorzien.

Nu kunnen we in de verslagen van de EPB-simulaties de primaire energieverbruiken op jaarlijkse basis voor verwarming en SWW aflezen. Aangezien we met een gasketel werken kunnen we deze primaire energieverbruiken gelijkstellen aan de bruto energieverbruiken om willen van een omreken factor van één [41]. In Tabel 17 staan de gemiddelde verliezen in kWh/jaar van een centraal en decentraal systeem met gasketels. Het enige verschil wat gesimuleerd werd is dat bij het centrale systeem de warmte verdeeld wordt via een combilus, voor de rest zijn alle andere parameters gelijk ingesteld voor beide simulaties. Er werd gesimuleerd met de dunste PUR-isolatie diktes uit Tabel 16.

Tabel 17: Warmteverliezen combilus volgens EPB

Centrale gasketel	Decentrale gasketels	Verlies EPB	Zelf berekende waarde
KWh/jaar	KWh/jaar	KWh/jaar	KWh/jaar
6403	4735	1668	523

In bovenstaande tabel blijkt dit verschil tussen de EPB en het eigen berekende warmteverlies. In [17] wordt een overzicht gegeven van de berekening van de verliezen van deze combilus. Hiervoor wordt heel vaak verwezen naar Bijlage V van het energiebesluit van 19 november 2010 [42].

In [17] wordt volgende formule gegeven voor de berekening van de warmteverliezen van de combilus in de EPB software:

$$Q_{\text{loss,combi k,m}} = t_m \cdot \left(f_{\text{insul,combi k}} \cdot \sum_j \frac{l_{\text{combi k,j}}}{R_{1,j}} \cdot [\max(60^\circ; \theta_{\text{combi k,m}}) - \theta_{\text{amb,m,j}}] + \sum_n H_{\text{hx,n}} \cdot [\max(60^\circ; \theta_{\text{combi k,m}}) - \theta_{\text{amb,m,n}}] \right) \quad [11]$$

Met:

$f_{\text{insul,combi k}}$: correctiefactor voor de koudebruggen in het isolatiemateriaal

t_m : de lengte van de betreffende maand in seconden

$l_{\text{combi k,j}}$: lengte van sectie j van de combilus

$R_{1,j}$: de warmteweerstand van de combilus over sectie j

$\theta_{\text{combi k,m}}$: de maandgemiddelde watertemperatuur in de combilus

$\theta_{\text{amb,m}}$: de gemiddelde omgevingstemperatuur

$H_{\text{hx,n}}$: de warmteoverdrachtcoëfficiënt van de afleverset (satelliet) in W/K

Uit bovenstaande formule en [17] vallen een paar verschillen op. Het eerste verschil is de omgevingstemperatuur in de technische schacht. In onze berekening werd hiervoor 20°C verondersteld. De EPB maakt rekent hiermee indien deze technische schacht afgesloten is en dus binnen het beschermde volume valt met een temperatuur van 18°C en indien deze in een aangrenzende ruimte ligt wordt deze temperatuur per maand bepaald afhankelijk van de buitentemperatuur. Deze temperaturen waarmee de EPB rekent staan weergegeven in Tabel 18.

Tabel 18: Gemiddelde maandtemperatuur volgens EPB in een technische schacht (°C)

Jan	Feb	Ma	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
12,28	12,56	13,36	14,68	16,32	17,48	18,04	18,04	17,08	15,48	13,52	12,40

Deze waardes werden berekend volgens volgende formule [17]:

$$\theta_{\text{amb,m}} = 11 + 0,4 \theta_{e,m} \quad [12]$$

Met:

$\theta_{e,m}$: de gemiddelde maandelijkse buitentemperatuur, bepaald in [42].

Indien we via de methode in 3.1 deze temperaturen zouden gebruiken zouden we de resultaten bekomen uit Tabel 19 voor de combilus uit Tabel 15 met de dunste pur isolatie uit Tabel 16.

Tabel 19: Verlies combilus bij verschillende temperaturen technische schacht

Berekend bij 20 °C	Berekend bij 18°C	Berekend bij gemiddelde Tabel 18	EPB
523,43 kWh/jaar	550,63 kWh/jaar	590,32 kWh/jaar	1668,08 kWh/jaar

Zoals te zien in bovenstaande tabel zijn deze temperaturen niet de grootste factor waaruit het verschil kan verklaard worden tussen het EPB-resultaat en ons resultaat. In Hoofdstuk 2: is er telkens gesimuleerd met het feit dat de combilus niet in een verwarmde ruimte ligt. Dit wordt meestal door de EPB-verslaggever zo gedaan. In [43] wordt echter gezegd dat een technische schacht als een verwarmde ruimte gezien moet worden. Het is echter niet duidelijk welke temperatuur er nu precies heerst in zo'n technische schacht. Dit kan eventueel in verder onderzoek onderzocht worden.

Deze temperatuur werd ook gebruikt om de convectiecoëfficiënt te bepalen in 3.1. Indien we deze nu opnieuw berekenen voor de hierboven aangegeven temperaturen en de combilusleidingen met de Resol isolatiedikte bekommen we de resultaten weergegeven in Tabel 20:

Tabel 20: Convectiecoëfficiënt voor verschillende temperaturen en volgens EPB

	DN25 W/m²K	DN32 W/m²K	DN40 W/m²K	DN65 W/m²K
$T_{inf} = 20^{\circ}C$	3,59	3,55	2,82	2,45
$T_{inf} = 18^{\circ}C$	3,63	3,58	2,85	2,47
$T_{inf} = 15,1^{\circ}C$	3,69	3,65	2,90	2,52
EPB in beschermvolume	8	8	8	8
EPB in aangrenzende onverwarmde ruimte	10	10	10	10

Hierop valt een eerste verschil te merken tussen onze berekening en de EPB. Het is te zien in bovenstaande tabel dat de EPB de convectiecoëfficiënt overschat en daardoor er dus een te kleine convectieweerstand zal zijn, waardoor er meer verliezen door de combilus berekend zullen worden in de EPB. Indien we nu onze berekening uit 3.1 aanpassen en met bovenstaande convectiecoëfficiënten werken van de EPB berekening krijgen we de resultaten uit Tabel 21.

Tabel 21: Verliezen combilus bij verschillende convectiecoëfficiënten

	Originele berekening	h= 8 W/m²K	h= 10 W/m²K
Verliezen combilus	523,43 kWh/jaar	585,38 kWh/jaar	593,71 kWh/jaar

Een derde verschil is dat EPB de verliezen van de warmtewisselaar in rekening brengt. Deze hebben wij bij onze berekening niet mee gerekend. Hiervoor wordt de isolatie rond de warmtewisselaar als een wand beschouwd en wordt dus een fictieve U-waarde berekend namelijk de H_{hx} voor de warmtewisselaar op volgende manier:

$$R_{hx} = 0,1 + \frac{d_{hx,insul}}{\lambda_{hx,insul}} \quad [13]$$

$$H_{hx} = \frac{A_{hx}}{R_{hx}} \quad [14]$$

Met:

$\lambda_{hx,insul}$: de lambda waarde van de isolatie rond de warmtewisselaar

$d_{hx,insul}$: de dikte van de isolatie rond de warmtewisselaar

A_{hx} : de oppervlakte van het omhullende lichaam van de warmtewisselaar

Voor de berekening van de EPB van de centrale gasketel combilus zijn de waardes uit Tabel 22 gebruikt om deze factor te berekenen en de totale verliezen over de warmtewisselaar te bepalen.

Tabel 22: Warmteverliezen satelliet warmtewisselaars

$\lambda_{hx,insul}$	$d_{hx,insul}$	A_{hx}	$\theta_{amb,m,n}$	Qverlies WW	Totaal verlies
0,038 W/mK	20 mm	0,185 m ²	18,0°C	12,4 W	359,6 W
0.038 W/mK	20 mm	0,185 m ²	15,1°C	13,3 W	385,7 W

Indien we deze verliezen per wooneenheid of warmtewisselaar vertalen naar KWh/jaar dan bekommen we 108 KWh/jaar per wooneenheid indien de warmtewisselaar binnen het beschermvolume valt. Dit wordt 116,18 KWh/jaar per wooneenheid indien de warmtewisselaar in een aangrenzende onverwarmde ruimte zit. Dit lost alweer een deel van het verschil tussen de berekende waarde en de EPB waarde op maar dit dekt nog niet het volledig verschil. Het is de vraag of deze warmteverliezen wel mee geteld moeten worden. Aangezien de satelliet warmtewisselaar in het appartement geplaatst wordt en deze warmteverliezen dus meehelpt aan de ruimteverwarming in het stookseizoen. Buiten het stookseizoen moeten deze verliezen wel geteld worden maar zullen deze door de hogere omgevingstemperatuur ook lager liggen.

Het belangrijkste verschil zit in de correctiefactor $f_{insul,combi k}$ deze wordt bepaald aan de hand volgende voorwaarde [42].

- 1) “De isolatie van elke bocht is van hetzelfde materiaal en heeft dezelfde dikte als de isolatie van de aangrenzende rechte leidingstukken en is zo aangebracht dat de isolatie nergens onderbroken wordt. geen enkele beugel ter bevestiging van de leiding mag de isolatie niet onderbreken. De isolatie van de hoofdleiding wordt ter hoogte van geen enkele aftakking onderbroken en de thermische isolatie van elke aftakleiding, indien van toepassing, sluit aan op deze van de hoofdleiding” [42, p. 65].
- 2) “Elk kraanwerkelement heeft een equivalente warmteweerstand, waarvoor geldt:

$$R_{eq,tap} \geq \max(R_{l,j}) \quad [15]$$

Met:

$R_{eq,tap}$: de equivalente warmteweerstand van het isolatiemateriaal van het kraanwerkelement, in mK/W;

$R_{l,j}$: de lineaire warmteweerstand van leidingsegment j waarop het kraanwerkelement wordt aangesloten” [42, p. 65].

- 3) “Elk pomphuis is thermisch geïsoleerd met een isolatiemateriaal met warmtegeleidingscoëfficiënt $\lambda_{insul,pumps}$ en minimale isolatiedikte $d_{ins,pumps}$ waarvoor geldt:

$$\frac{d_{insul,pumps}}{\lambda_{insul,pumps}} \geq 0,5 \quad [16]$$

Met:

$d_{insul,pumps}$: de kleinste afstand tussen het binnen- en buitenoppervlak van de omhullende isolatie rond de pomp, waarbij bedieningsstukken, afleesinterfaces en delen die specifiek bedoeld zijn om de pompelektronica tegen oververhitting te beschermen (koelvinnen) buiten beschouwing worden gelaten, in m;

$\lambda_{insul,pumps}$: de warmtegeleidingscoëfficiënt van de warmte-isolatie rond de pomp, in (W/(mK)) [42, p. 65].

Er worden nu drie verschillende gevallen onderscheiden. Een eerste waar dat aan alle voorwaarden voldaan is in dat geval is $f_{insul,combi k} = 1,1$. Een tweede waar dat enkel aan de eerste voorwaarde voldaan is in dit geval is $f_{insul,combi k} = 1,3$. Een derde geval waar dat aan geen enkele voorwaarde voldaan is in dit geval is $f_{insul,combi k} = 2$. In Hoofdstuk 2: is het laatste geval gebruikt waardoor alle verliezen door de combilus verdubbeld werden en deze grote verschillen met onze berekende waarde optreden. Indien we nu de eerste twee gevallen simuleren dan komen we de waardes uit Tabel 23 als warmteverliezen van de combilus uit.

Tabel 23: Invloed correctiefactor koudebruggen combilus

Koudebrug correctiefactor	Centrale Gasketel kWh/jaar	Decentrale Gasketels kWh/jaar	Vershil vorige 2 kWh/jaar	Zelf berekende waarde kWh/jaar	EPB Centrale gasketel
2	6403	4735	1668	523	44
1,3	5974	4735	1239	523	42
1,1	5 871	4735	1136	523	41

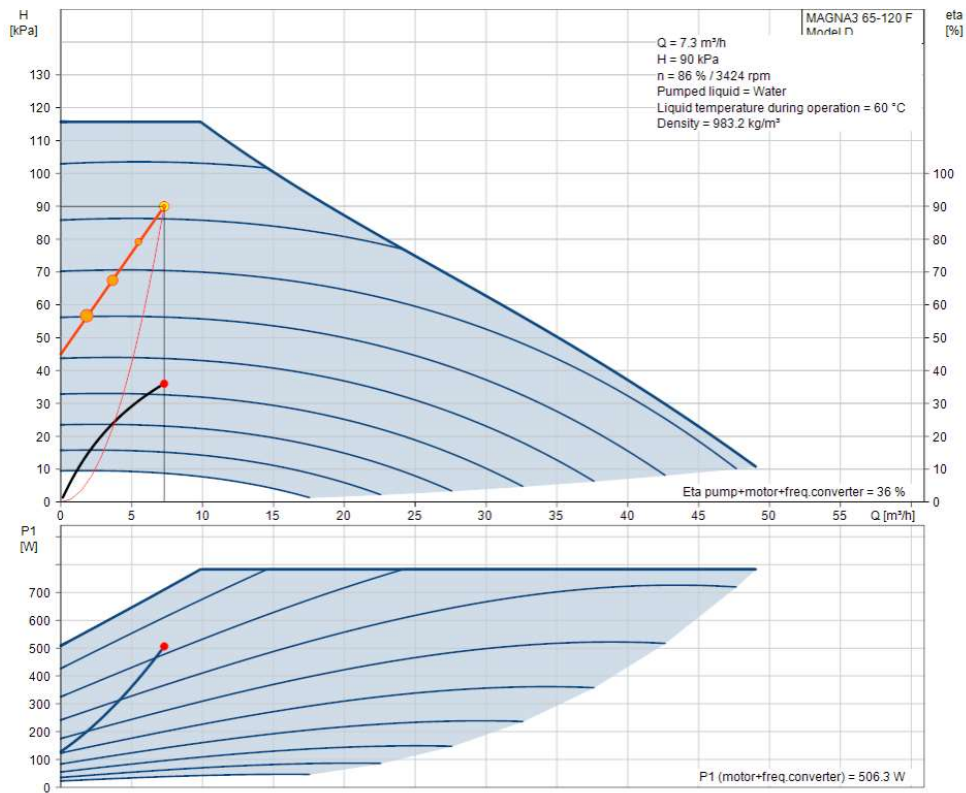
Deze correctiefactor heeft een invloed op de warmteverliezen die door de EPB berekend worden. Een EPB-verslaggeven zal echter altijd $f_{\text{insul,combi k}} = 2$ omdat hij niet kan garanderen dat aan de eerste voorwaarde voldaan wordt. Wat de invloed van deze koudebruggen op het warmteverlies nu precies zijn is nog onduidelijk en kan in verder onderzoek onderzocht worden.

Toch is deze invloed niet groot genoeg en wordt hiermee de verliezen door de combilus nog altijd overschat. Indien we nu al deze factoren gebruiken bij de berekening uit 3.1.1 dan bekomen we Tabel 24.

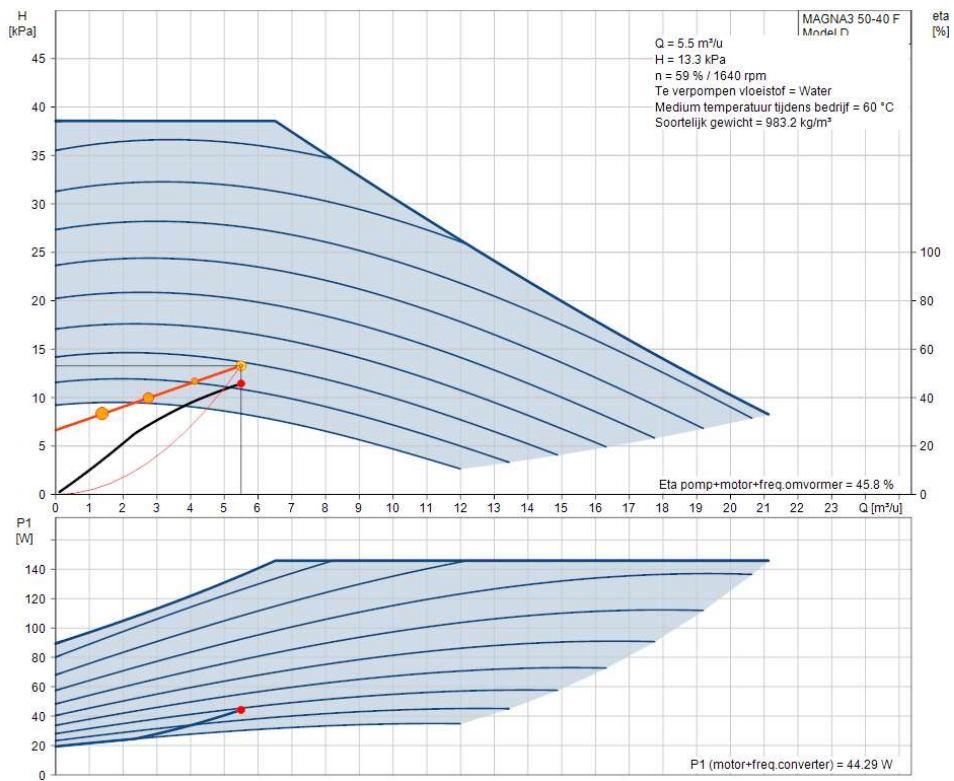
Tabel 24: Warmteverliezen berekening met EPB-correctiefactoren

Warmteverliezen met $h = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ en met $T_{\text{inf}} = 15,1^\circ\text{C}$	Correctiefactor $f_{\text{insul,combi k}} = 2$	Warmteverliezen warmtewisselaar bij $15,1^\circ\text{C}$	Totaal
666,44 kWh/jaar	1332,88 kWh/jaar	116,18 kWh/jaar	1449,06 kWh/jaar

Dit is nog altijd te weinig om het verschil van Tabel 17 te bekomen. Het overige verschil wordt door de EPB toegerekend aan de circulatiepompen van de combilus. Deze wordt berekend in 11.1.1.3 van [42]. Indien we nu op de leidings- en vermogen karakteristieken van de primaire en secundaire pomp kijken (Figuur 29 en Figuur 30) zien we dat deze pompen, bij het gegeven piekdebiet, 550 W verbruiken. Dit is alleen maar op piekmomenten. Indien we ervan zouden uitgaan dat de pompen heel de dag lang dit vermogen zouden leveren dan zouden de pompen 166 kWh/jaar per wooneenheid verbruiken. Dit opgeteld bij de waarde berekend in Tabel 24 geeft 1615,06 kWh/jaar. Dit is nog altijd te weinig ten opzichte van hoe de EPB het verbruik van de pompen in rekening brengt, terwijl we al verondersteld hebben dat de pomp constant het piekdebiet levert. Het verschil bij deze veronderstelling bedraagt nog altijd 53 kWh/jaar per wooneenheid. We kunnen dus stellen dat het verbruik van de pompen door de EPB overschat wordt.

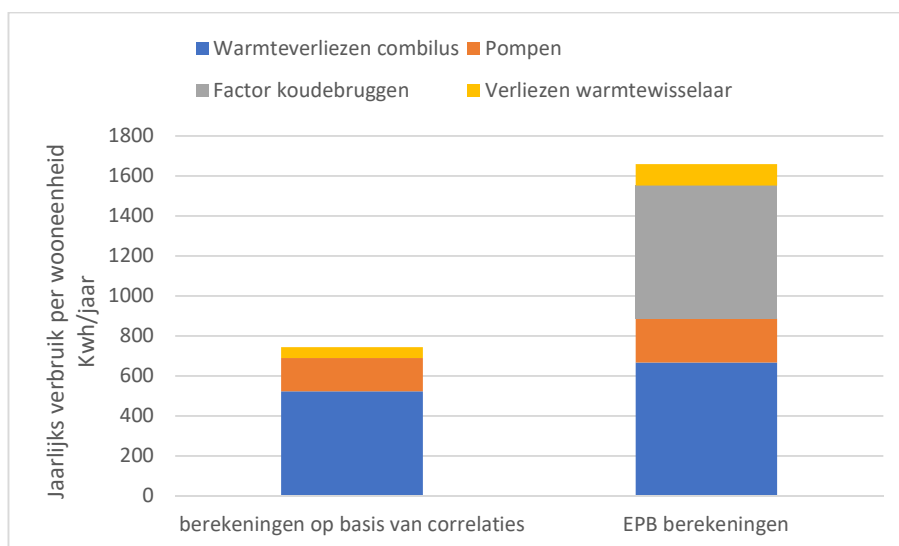


Figuur 29: Leidings- en vermogen karakteristiek van de gekozen pomp (secundair) [44]



Figuur 30: Leidings- en vermogen karakteristiek van de gekozen primaire pomp [45]

Als we nu het verschil uit Tabel 17 aan de hand van bovenstaande verschillen in de berekeningen van de correlaties en van EPB grafisch willen voorstellen bekomen we Figuur 31.



Figuur 31: Vergelijking berekeningen op basis van correlaties en EPB-berekening

Hierop staan alle eerder aangehaalde verschillen weergegeven. EPB rekent met een andere temperatuur en een overschatte convectiecoëfficiënt waardoor de verliezen hoger liggen. Het tweede verschil is dat EPB een koudebrug factor meerekent, in bovenstaande figuur is deze 2 genomen. Een derde verschil is dat EPB ook de verliezen van de warmtewisselaar meetelt, in stookseizoen moeten deze niet als verliezen gezien worden aangezien deze bijdrage tot de ruimteverwarming. Als laatste overschat EPB het verbruik van de pomp.

3.3 Conclusie

In het energetisch onderzoek werd eerst via warmteoverdrachtcorrelaties de warmteverliezen door de combilus berekend. Verder werd de invloed van het isolatiemateriaal en isolatiedikte bestudeerd door deze te laten variëren en waar te nemen hoe de warmteverliezen hier evolueerde. Vervolgens werden deze verliezen meer tastbaar gemaakt door deze te vergelijken met een particuliere ventilator. Als laatste werden de combilus warmteverlies berekeningen vergeleken met deze van de EPB.

Uit het energetisch onderzoek kan men concluderen dat de verliezen door de combilus eerder beperkt zijn. Indien men deze verliezen per appartement zou vergelijken met een particuliere ventilator, verbruikt een gewone particuliere ventilator of verluchting meer vermogen dan deze verliezen. Dikker isoleren van de combilus zal deze verliezen nog verder beperken, echter wanneer men naar dikkere isolatiediktes als 60mm gaat zijn deze winsten op de warmteverliezen eerder beperkt door de toenemende convectieweerstand.

Indien men deze verliezen zou vergelijken met de verliezen uit de EPB-berekening, zijn er enkele verschillen te merken. Een eerste verschil is dat de EPB met lagere omgevingstemperaturen in de technische schachten rekent namelijk 18°C of 15.1°C, afhankelijk van het soort ruimte dat de technische schacht is, in plaats van 20°C. Welke temperatuur de juist is moet verder onderzoek uitwijzen. Ook overschat EPB de convectiecoëfficiënt met gemiddeld 5-7 W/m²K, ook weer afhankelijk als welke soort ruimte een technische schacht gezien wordt.

Een derde verschil is dat de EPB deze warmteverliezen van de combilus nog eens vermenigvuldigt met een koudebrugfactor. Deze kan oplopen tot 2 en een verdubbeling van de verliezen. Deze factor wordt door EPB bepaald aan de hand van garantie van een juiste afwerking van de isolatie van de combilus. Omdat de EPB-verslaggever meestal extern wordt aangesproken, kan deze een goeie afwerking niet garanderen waardoor deze vaak van worst case uitgaan en dus een factor van 2 instellen. Dit maakt dat de verliezen van de combilus vaak overschat worden en hier een vertekend beeld rond ontstaan is. Dit spreekt in het voordeel van complete bouwteams waar men deze garantie wel kan bieden en dus een juiste schatting kan maken ook bij het ingeven van de EPB-software. Hierdoor kan deze factor gereduceerd worden en wordt de combilus minder afgestraft in de EPB. Of de groottes van deze factoren die EPB hanteert correct zijn moet verder onderzoek uitwijzen.

Het vierde verschil tussen de EPB-berekening en de berekeningen op basis van warmteoverdrachtcorrelaties is het feit dat EPB ook verliezen van de warmtewisselaar meetelt. Deze zijn buiten het stookseizoen inderdaad verliezen, maar in het stookseizoen zullen deze verliezen bijdrage tot de ruimteverwarming aangezien de warmtewisselaar zich in de wooneenheid bevindt. De verliezen kunnen dan niet als verliezen beschouwd worden en maakt EPB hier dus ook een overschatting. Een laatste verschil is dat de EPB het verbruik van de circulatiepompen overschat met ongeveer 53 kWh/jaar per wooneenheid.

Al deze verschillen maken dat een combilus en dus een centraal systeem een hoger E-peil zal hebben, wat een beperking is voor projectontwikkelaars om voor deze systemen te kiezen ten opzichte van decentrale systemen.

Hoofdstuk 4: Financiële vergelijking van de vastgelegde systemen

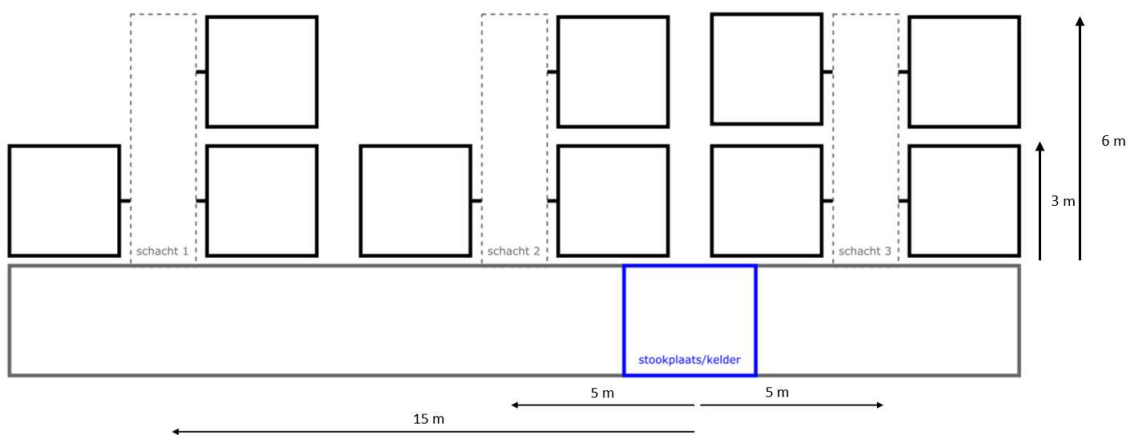
Het doel van het financieel onderzoek is om de investeringskost van een centraal en een decentraal verwarmingssysteem met elkaar te kunnen vergelijken voor verschillende gebouwgroottes. Als De investeringskost werd daarom bepaald voor een gebouw met 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 en 100 appartementen.

4.1 Indelingen

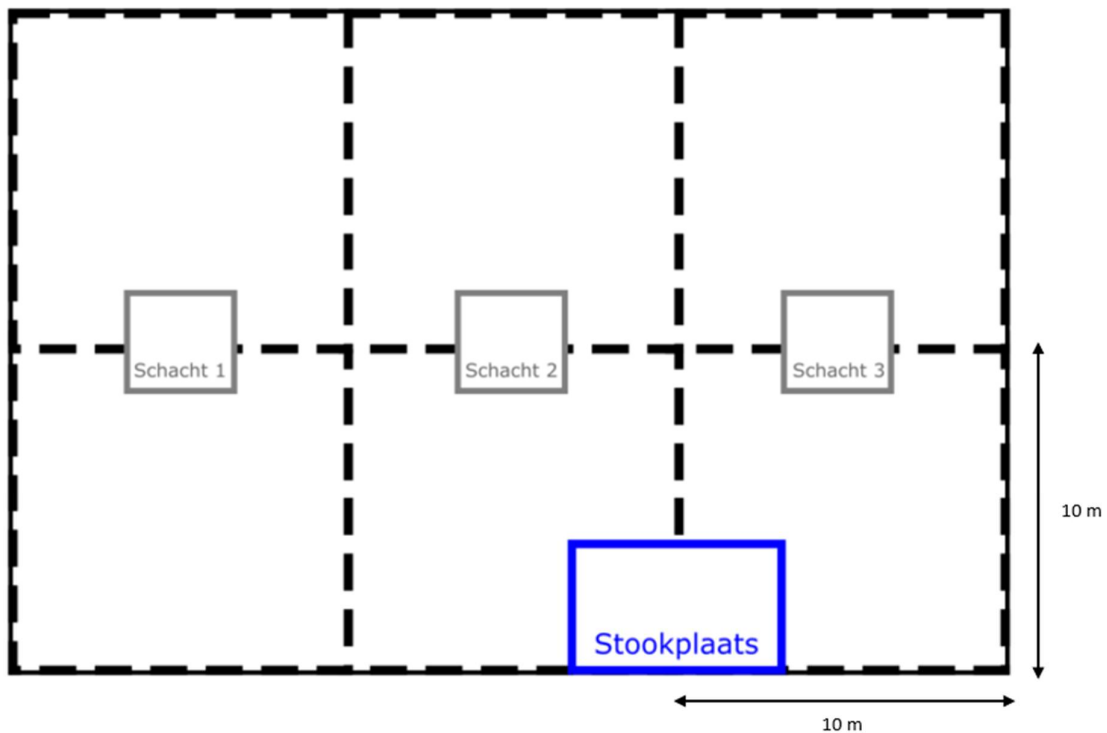
De leidinglengtes van de gasinstallatie bij een decentraal systeem en de lengte van de combilus bij een centraal systeem zijn afhankelijk van de gebouwindeling. Bijgevolg hebben we een aantal indelingen gedefinieerd. Per gebouwgroote werd er één indeling gedefinieerd met een minimaal aantal aan schachten en met maximaal tien verdiepingen om het geheel realistisch te houden. Er werden ook telkens één of twee appartementen per verdieping aangesloten op een schacht. De schematische voorstelling van deze indelingen, terug te vinden in Bijlage A.1 Indelingen volgens minimaal aantal schachten, geeft het aantal schachten en het aantal appartementen per schacht en per verdieping weer. Daarnaast werd er nog eens per gebouwgroote één indeling gekozen met meer schachten. Ook hier werden er telkens één of twee appartementen per verdieping aangesloten op de schacht. Deze indelingen zijn terug te vinden in Bijlage A.2 Indelingen volgens maximaal aantal schachten.

De bepaling van de afstanden verloopt voor elke indeling analoog. Voor de duidelijkheid wordt hieronder een voorbeeld gegeven.

In Figuur 32 wordt de schematische voorstelling van indeling 10.2 weergegeven. Het nummer 10 staat hier voor het aantal appartementen. Nummer 2 geeft aan dat het om de indeling met maximaal aantal schachten gaat. Figuur 33 geeft van dezelfde indeling een bovenaanzicht.



Figuur 32: Zij-aanzicht indeling 10.2



Figuur 33: Bovenaanzicht indeling 10.2

Elk appartement heeft een grootte heeft van 10 x 10 m. De schachten worden in het midden van het gebouw geplaatst, zodat er telkens twee appartementen op kunnen worden aangesloten. Hierdoor is de horizontale afstand op Figuur 33 tussen twee schachten telkens 10 m. De stookplaats wordt altijd aan de zijkant van het gebouw geplaatst. Om een leiding te plaatsen vanuit de stookplaats tot in het midden van het gebouw wordt er steeds 10 m gerekend (verticale afstand op Figuur 33). Per verdieping werd er 3 m geteld. Om een aftakking te maken van de schacht tot aan het appartement werd er elke keer 1 m geteld.

Deze afstanden werden in de berekeningen aangehouden voor elke indeling. Aan de hand van deze indelingen werd in het hoofdstuk eerst alle onderdelen van de combilus gedimensioneerd in sectie 4.2. Vervolgens werd de stookplaats bij centrale systemen gedimensioneerd, dit is terug te vinden in 4.3. Hierna werden de componenten van een decentraal systeem gedimensioneerd in sectie 4.4. Als laatste kon door deze dimensioneringen de investeringskost voor alle indelingen bij zowel een centraal als decentraal systeem bepaald en geanalyseerd worden in 4.5.

4.2 Dimensionering combilus

4.2.1 Dimensionering combilusleidingen

Een belangrijk onderdeel van de combilussystemen is de circulatieleiding. De dimensionering hiervan echter is niet zo heel eenvoudig, omdat het moeilijk is in te schatten is wat de maximale warmtevraag op één bepaald moment zal zijn. De warmtevraag voor CV kent een gelijktijdig en voorspelbaar verloop en kan via softwareprogramma's bepaald worden. Het probleem zit het hem echter in de warmtevraag voor SWW. Hierbij is er een snel en willekeurig variërend verloop. Daaruit volgt dat door onderlinge defasering het totale piekvermogen kleiner zal zijn dan de som van de piekvermogens van de individuele wooneenheden.

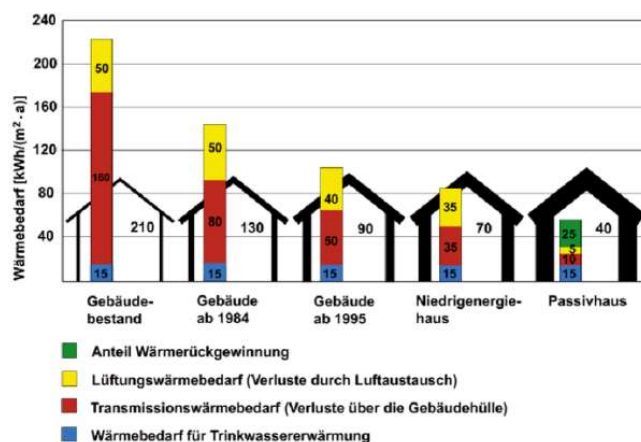
Met andere woorden wanneer men de leidingen zou dimensioneren op een SWW-vraag waarbij alle tappunten van alle appartementen in het gebouw tegelijkertijd warm water zou vragen zou men de leidingen overdimensioneren. Want het is nooit het geval dat in alle appartementen tegelijkertijd zowel iemand aan het douche is en tegelijkertijd ook nog iemand de afwas aan het doen is. Het is dan nu de vraag op hoeveel van deze tappunten de leidingen dan wel gedimensioneerd moeten worden?

De snelheid van het water mag door een leiding niet te groot worden. Dit brengt namelijk meerdere problemen met zich mee. Ten eerste zal door de hoge snelheden de stroming meer geluid produceren. In de kelder van het gebouw vormt dit niet noodzakelijk een probleem. Maar wanneer uit de leidingen in de schachten, die langs de appartementen liggen, door de stroming een constant geluid komt, is dit zeer onaangenaam. Ten tweede zal bij een te hoge snelheid het wrijvingsdrukverlies toenemen. Hierdoor zal de totale drukval over de circulatieleiding zeer grote waardes aannemen en zal men moeten overgaan tot het aanschaffen van een pomp met een grote opvoerhoogte, die een hoog kostenplaatje met zich meebrengt.

In de volgende paragrafen wordt de dimensionering van de circulatieleiding uit gedrukt voor verschillende gebouwgroottes. Hierbij wordt rekening gehouden met bovengenoemde problemen en opmerkingen.

SWW gelijktijdigheid

SWW-vraag wordt steeds belangrijker in huidige woningen. Hoewel de vraag naar warm water niet gestegen is, neemt het aandeel ervan in de energievraag van een huis toe. Dit valt te zien in Figuur 34. Dit is te wijten aan het feit dat men zich de afgelopen jaren vooral gefocust heeft op het beperken van de verwarmingsverliezen en deze in de toekomstige BEN-woningen zelfs tot een minimum zal beperken. Dit toenemende belang toont zich ook in een aantal onderzoeken en projecten die rond SWW de afgelopen jaren uitgevoerd zijn.

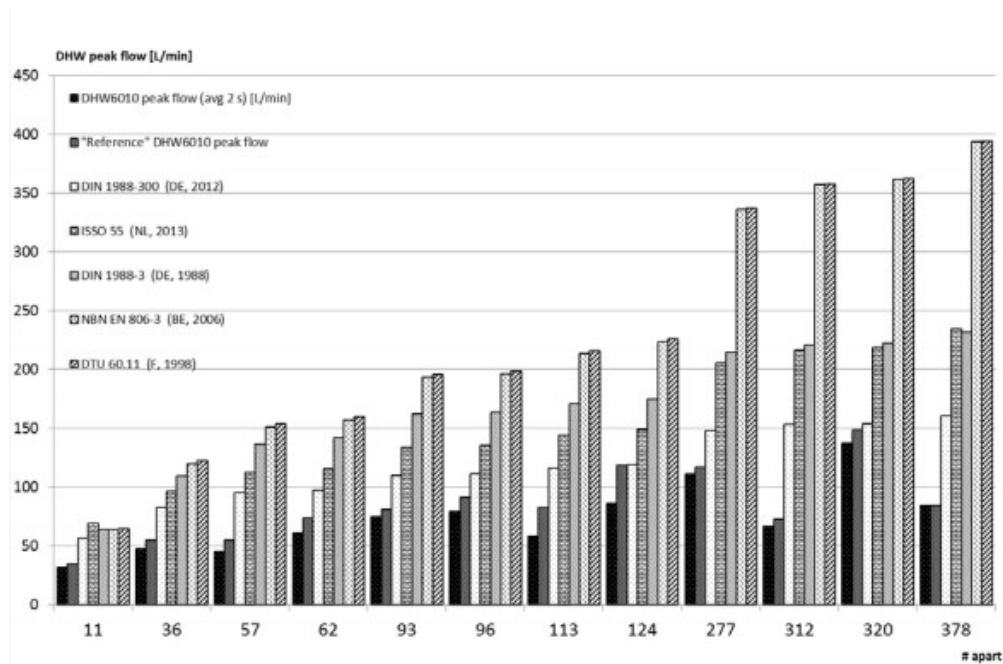


Figuur 34: Evolutie invloed SWW in appartementsgebouwen [46, p. 3]

Het Tetra-SWW-project en het Instal2020 project zijn hier enkele voorbeelden van. Het Tetra-SWW heeft tot 2014 onderzoek gevoerd naar de tapprofielen en piekdebieten in appartementsgebouwen [47]. Vele van de resultaten werden opgenomen in Instal2020 [48]. “In Instal2020 probeert men een doorbraak te creëren in de realisatie van energieperformante installaties voor sanitair water en verwarming” [49].

Zoals in de vorige paragraaf al aangehaald werd, is er onzekerheid rond de voorspelling van de SWW-vraag in de tijd. Zo zal in de eerste plaats de SWW-vraag variëren over de seizoenen, deze variatie is al in kaart gebracht in [50]. Hier werd aangetoond dat de SWW-vraag in de winter 12% hoger zal zijn dan het gemiddelde, terwijl deze in de zomer 13% lager zal zijn dan het gemiddelde. Dit speelt echter geen rol bij dimensionering van de circulatieleiding, aangezien deze gedimensioneerd moet worden om ook in de winter voldoende warmte te kunnen aanbieden, zal deze in de zomer altijd overgedimensioneerd zijn.

Een 2^{de} variatie die wel een invloed heeft op de dimensionering van de circulatieleidingen, is de variatie over de dag. Zo is het bijvoorbeeld gebruikelijk dat de meeste mensen 's morgens of 's avonds douche, maar is het grote probleem dat zeer moeilijk in te schatten is hoeveel warmwater er nu precies op deze piekmomenten verbruikt wordt. Hiervoor bestaan er in Europa ondertussen al verschillende normen om deze gelijktijdigheid op piekmomenten in te schatten. Zo is er de Belgische norm NBN EN 806-3, de oude Duitse norm DIN 1988-3, de nieuwe Duitse norm DIN 1988-300, de Franse norm DTU60.11: 1988 en de Nederlandse norm ISSO 55. In [51] heeft men aangetoond dat al deze normen overdimensioneren. Hierin wordt ook aangetoond dat hoe groter het appartementsgebouw, hoe groter deze afwijking wordt. Zoals uit Figuur 35 ook blijkt benaderd de nieuwe Duitse norm DIN 1988-300 de SWW-piekvraag het beste. Omwille van deze reden zullen wij ons SWW- gelijktijdigheid debiet bepalen via deze Duitse norm [52].



Figuur 35: Vergelijking gelijktijdigheidsnormen SWW [51, p. 7]

Berekening SWW debiet

We gaan nu proberen om dit SWW vermogen te berekenen. Dit doen we door het debiet dat gelijktijdig door een leiding moet te berekenen. Dit debiet moet na iedere aftakking of splitsing van de circulatieleiding opnieuw berekend worden voor alle achterliggende wooneenheden. Zo kunnen we op iedere plaats van de circulatieleiding rekening houden met de gelijktijdigheid van het SWW vermogen van alle achterliggende appartementen.

We proberen dus het piekdebiet, dat uit de circulatie leiding wordt afgetapt door alle achterliggende appartementen, te berekenen. Hiervoor werd volgende formule gebruikt:

$$\dot{q}_{circ-tot-sww} = \#app_{sww} \times \dot{q}_{circ-sww} \quad [17]$$

Met:

- $\dot{q}_{circ-tot-sww}$: het totale debiet dat voor SWW gelijktijdig nodig is
- $\#app_{sww}$: het aantal appartementen waar de warmtewisselaar warm water nodig heeft
- $\dot{q}_{circ-sww}$: het benodigde debiet uit de combilus per appartement voor SWW-productie

Het benodigde debiet per appartement is afhankelijk van de temperaturen van de aanvoer en retourleidingen van de combilus en het vermogen dat de warmtewisselaar moet kunnen leveren om voldoende SWW te produceren via volgende relatie:

$$\dot{q}_{circ-sww} = \frac{Q_{sat}}{C \times (T_{aanvoer} - T_{retour-ww})} \quad [18]$$

Met:

- $T_{aanvoer}$: de aanvoertemperatuur van de circulatieleiding
- $T_{retour-w}$: de retourtemperatuur van de warmtewisselaar
- Q_{sat} : het vermogen van de warmtewisselaar bij $T_{aanvoer}$, $T_{retour-sww}$ en $\dot{q}_{circ-sww}$

Het vermogen en debiet dat de satelliet warmtewisselaar uit de circulatieleiding aftapt is afhankelijk van het debiet en vermogen aan sanitair koud water dat opgewarmd moet worden naar SWW. Dit debiet kan bepaald worden door de gelijktijdigheidsformule uit DIN 1988-300 [52]:

$$\dot{V}_s = a \left(\sum \dot{V}_R \right)^b - c \quad [19]$$

Waar:

\dot{V}_s : het gelijktijdig piekdebiet

$\sum \dot{V}_R$: de som van alle piekdebieten van alle appartementen achter de leiding

a, b, c: constanten die afhankelijk zijn van het type gebouw, zie Tabel 25.

Tabel 25: Constanten DIN 1988-300

Gebouwtype	a	b	c
Woongebouw	1.48	0.19	0.94
Ziekenhuis	0.75	0.44	0.18
Hotel	0.70	0.48	0.13
School	0.91	0.31	0.38
Kantoorgebouw	0.91	0.31	0.38
Rusthuis	1.48	0.19	0.94

Q_{sat} moet voldoende groot zijn om alle tappunten van het appartement volgens de bovengenoemde gelijktijdigheidsformule van warm tapwater te kunnen voorzien. Dit geeft volgende formule:

$$\dot{q}_{\text{tot-tappunten}} = a \left(\sum \dot{q}_{\text{tap}}^i \right)^b - c \quad [20]$$

Met:

$\dot{q}_{\text{tot-tappunten}}$: Het gelijktijdigheidsdebiet van alle tappunten in een wooneenheid

\dot{q}_{tap}^i : Het debiet van een tappunt in de wooneenheid

Q_{sat} moet nu bij gegeven temperaturen voldoen om dit debiet op te warmen. Dit kan bepaald worden op volgende manier:

$$\dot{q}_{\text{tot-tappunten}} = \frac{Q_{\text{sat}}}{C \times (T_{\text{koud}} - T_{\text{SWW}})} \quad [21]$$

Met:

C: de warmtecapaciteit van water

T_{koud} : de temperatuur van het koude drinkwater

T_{SWW} : de gevraagde warm watertemperatuur

De werking van een warmtewisselaar satelliet werd al uitgelegd in 1.4. Zoals gezegd kan een satelliet enkel de SWW warmtevraag of CV warmtevraag beantwoorden om het debiet uit de circulatieleiding beperkt te houden. We zouden dus nu het aantal appartementen moeten weten dat SWW zal vragen om zo $\dot{q}_{\text{tot-s}}$ te kunnen bepalen. Dit is mogelijk via het vermogen van de warmtewisselaar namelijk Q_{sat} :

$$\#app_{\text{sww}} = \frac{Q_{\text{tot-sww}}}{Q_{\text{sat}}} \quad [22]$$

Met:

$Q_{\text{tot-sww}}$: het totaal benodigd vermogen voor SWW

Het totaal vermogen voor SWW is opnieuw afhankelijk van de gelijktijdigheid van de achterliggende appartementen.

$$Q_{\text{tot-sww}} = \dot{q}_{\text{tot-sww}} \times C \times ((T_{\text{koud}} - T_{\text{SWW}})) \quad [23]$$

Met:

$\dot{q}_{\text{tot-s}}$: het totaal debiet dat van sanitair koud water naar SWW moet opgewarmd worden

Voor het gelijktijdig debiet in een appartementsgebouw kan opnieuw de formule van DIN1988-300 gebruikt worden:

$$\dot{q}_{\text{tot-sww}} = a \left(\sum \dot{q}_{\text{tot-tappunten}} \right)^b - c \quad [24]$$

Dit totaal vermogen is afhankelijk van het totaal debiet aan sanitair warm water dat gevraagd wordt van alle achterliggende componenten of wooneenheden. Vandaar dat de totale van alle tappunten van deze wooneenheden in rekening gebracht wordt. Hiermee kan dan vervolgens het totaal debiet dat uit de circulatieleiding wordt afgetapt, $\dot{q}_{\text{circ-tot-sww}}$, bepaald worden.

Nu het totaal SWW debiet bepaald kan worden met behulp van de gelijktijdigheidsformule. Kunnen we ook het totale debiet dat door de combi-leiding moet berekenen. Hiervoor moet nog het debiet dat nodig is voor CV berekend worden. Zoals eerder gezegd wordt er enkel CV afgetapt in die wooneenheden waar geen SWW wordt opgewekt. Dit geeft volgende formules:

$$\dot{q}_{\text{circ-tot-cv}} = \frac{(\#app_{\text{tot}} - \#app_{\text{sww}}) \times Q_{\text{cv}}}{C \times (T_{\text{aanvoer}} - T_{\text{retour-cv}})} \quad [25]$$

$$\dot{q}_{\text{circ-tot}} = \dot{q}_{\text{circ-tot-cv}} + \dot{q}_{\text{circ-tot-sww}} \quad [26]$$

Met:

$\dot{q}_{\text{circ-tot-cv}}$: het totale debiet uit de circulatieleiding nodig voor cv

$\#app_{\text{tot}}$: het totaal aantal appartementen

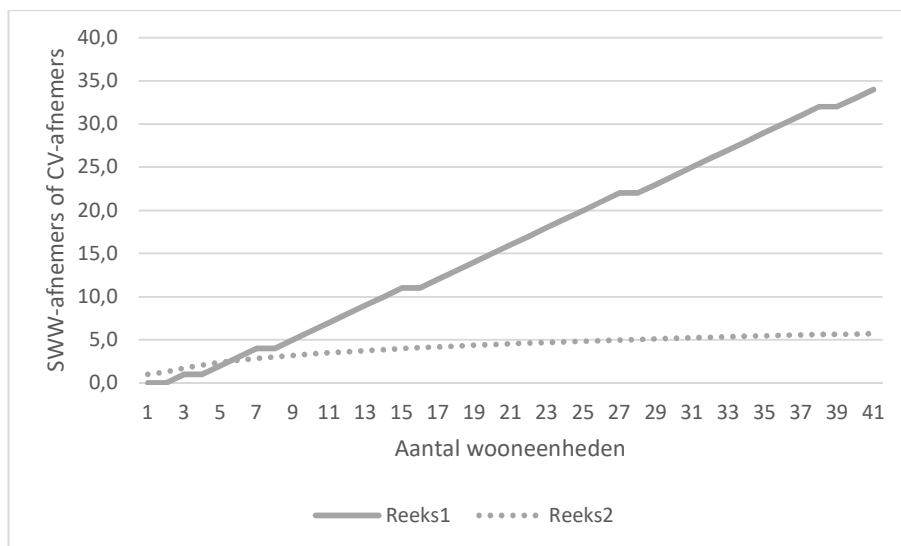
Q_{cv} : het CV- vermogen nodig per appartement

$T_{\text{retour-cv}}$: de retourtemperatuur na de verwarmingsinstallatie

$\dot{q}_{\text{circ-tot}}$: het totale benodigde debiet uit de circulatieleiding

Hiermee weten we het totale debiet dat door een leiding gaat. Met dit debiet kunnen we nu de diameters van de leidingen gaan bepalen.

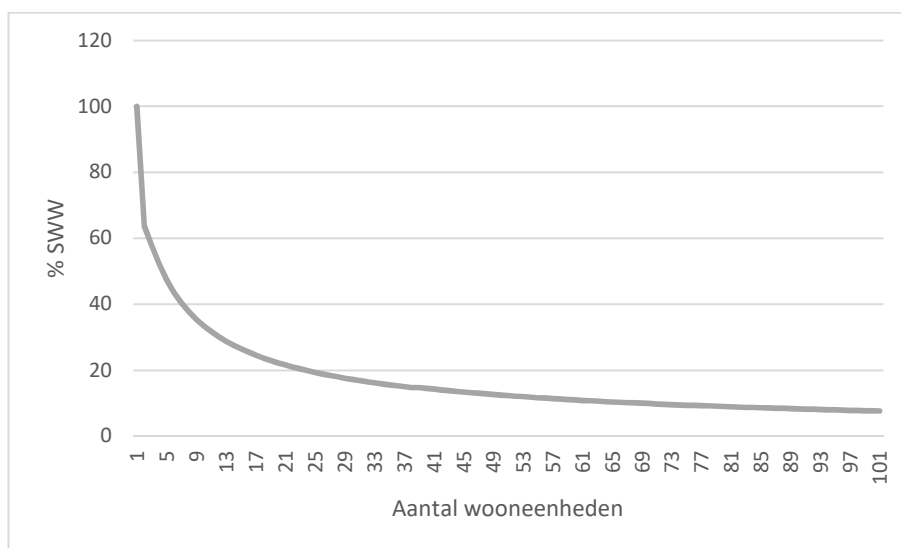
Indien we veronderstellen dat alle wooneenheden identiek zijn. Kunnen we de gelijktijdigheidsformule uitdrukken in functie van het aantal wooneenheden. Dit geeft Figuur 36.



Figuur 36: Aantal wooneenheden met SWW-vraag of CV-vraag volgens DIN1988-300

Op Figuur 36 valt te zien dat bij kleinere gebouwgroottes de leidingen gedimensioneerd moeten worden vooral op de SWW warmtevraag. Echter al vanaf 15-20 wooneenheden is het vooral de CV warmtevraag die de dimensionering zal bepalen.

Dit is zichtbaar in Figuur 37 waar het aandeel van SWW in % staat weergegeven voor verschillende gebouwgroottes.



Figuur 37: Aandeel SWW

Dimensioneringsberekening combilus

De debieten bepaald volgens de methode beschreven in de vorige paragraaf kunnen nu gebruikt worden voor de dimensionering van de combilus. Er zijn verschillende maten van leidingen beschikbaar in Tabel 26 staan deze op gelijst met hun inwendige diameters.

Indien dat men nu zegt dat een maximaal wrijvingsdrukverlies opgelegd wordt, kan de snelheid per buisdiameter berekend worden:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times D \times P_{\text{buis}}}{\rho \times \lambda}} \quad [27]$$

Met:

D: diameter van de buis in m

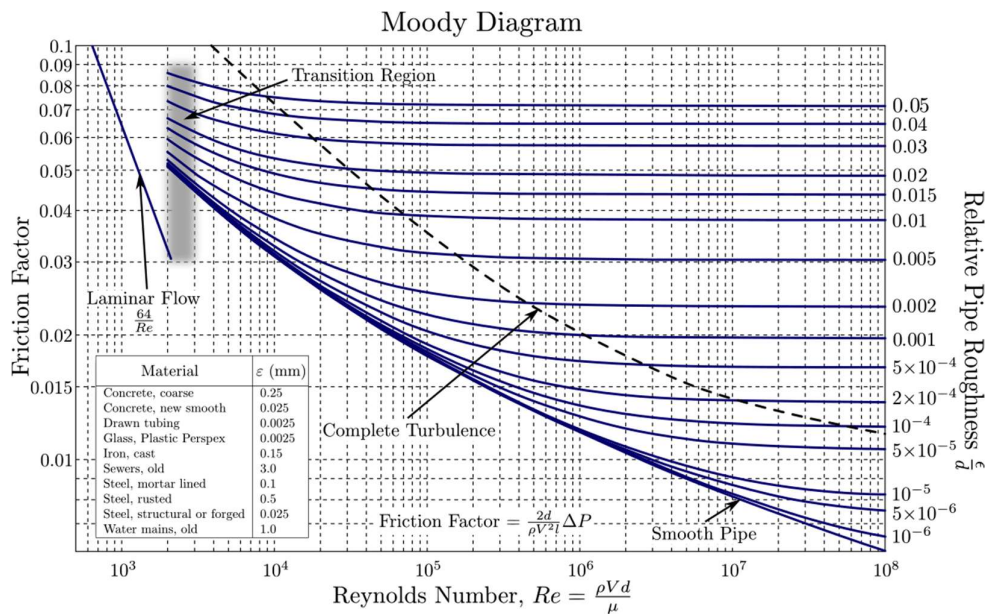
P_{buis} : de drukval over de buis per lopende meter

ρ : de dichtheid van water (1000kg/m³)

λ : de wrijvingsfactor van de buis

v_{\max} : de maximale snelheid van de stroming door de buis

Indien er dus een maximaal wrijvingsdrukverlies opgelegd wordt, is de enige onbekende in de vergelijking nog de wrijvingsfactor. Deze verschilt per buisdiameter aangezien deze afhankelijk is van het Reynolds-getal en de relatieve ruwheid van de buis. Indien deze twee parameters gekend zijn kan met de wrijvingsfactor aflezen in het Moodydiagram (Figuur 38)



Figuur 38: Moodydiagram

Zoals in Figuur 38 te zien is, is de wrijvingsfactor wanneer er een complete turbulente stroming verondersteld wordt, zo goed als constant voor grotere Reynolds-getallen. Er wordt dan ook vanuit gegaan dat in alle leidingen in het appartementsgebouw complete turbulente stroming optreedt. Dit maakt dat er enkel nog de relatieve ruwheid per buisdiameter berekend moet worden. Hiervoor wordt een wandruwheid van staal van 0.15 mm verondersteld.

In Tabel 26 wordt dan de relatieve ruwheden en wrijvingsfactoren per buisdiameter opgesomd. Met al deze waarden kan vervolgens, indien we een maximaal wrijvingsdrukverlies van 110 Pa/m veronderstellen, de maximale snelheid berekend worden. Uit de maximumsnelheid kan ook het maximaal debiet bepaald worden. Deze staan beide ook weergegeven in de tabel. Indien we met deze snelheden het Reynolds-getal berekenen zien we dat deze inderdaad voor alle buisdiameters boven de 10000 ligt en we dus te maken hebben met een turbulente stroming.

Tabel 26: Buisparameters

BUIS	Binnendiameter (mm)	Relatieve ruwheid	Wrijvings- Factor	Max Snelheid (m/s)	Max Debiet (m³/h)	Re
DN 25	27,2	0,0055	0,030	0,45	0,94	12215
DN 32	35,9	0,0041	0,028	0,53	1,93	14387
DN 40	41,8	0,0036	0,027	0,58	2,87	21196
DN 50	51,2	0,0030	0,026	0,66	4,89	33724
DN 65	70,3	0,0020	0,025	0,79	11,04	55426
DN 80	82,5	0,0018	0,024	0,87	16,74	71631
DN 100	107,1	0,0014	0,022	1,03	33,41	110093

Met deze waarden en een maximale drukval per meter kan vervolgens een maximale snelheid per buisdiameter bepaald worden. Zoals hierboven al vermeld mag echter de drukval per meter leiding niet te hoog oplopen. We gaan nu voor ander maximale wrijvingsdrukverliezen de snelheden berekenen. Deze staan voor verschillende drukvallen weergegeven in tabel 27.

Tabel 27: Maximum stromingssnelheid

	75 Pa/m	100 Pa/m	110 Pa/m	125 Pa/m	150 Pa/m
DN20	0,31	0,36	0,37	0,40	0,44
DN25	0,37	0,43	0,45	0,48	0,52
DN32	0,44	0,51	0,53	0,57	0,62
DN40	0,48	0,56	0,58	0,62	0,68
DN50	0,54	0,63	0,66	0,70	0,77
DN65	0,65	0,75	0,79	0,84	0,92
DN80	0,72	0,83	0,87	0,93	1,02
DN100	0,85	0,99	1,03	1,10	1,21
DN125	0,97	1,12	1,17	1,25	1,37

Over wat nu precies de maximale toegelaten snelheid is van een circulatieleidingen bestaan verschillende bronnen. De verschillende Europese normen die ook al eerder werden aangehaald voor de gelijktijdigheden: Belgische norm NBN EN 806-3, de nieuwe Duitse norm DIN 1988-300 en de Nederlandse norm ISSO 55. bespreken ook deze maximale snelheden. Deze verschillen echter van norm tot norm. In de Belgische norm spreekt men van een maximale ontwerp snelheid van 2 m/s [53]. In de Duitse norm en Nederlandse norm zijn ze iets specifiek, daar hangt de snelheid af van de omgeving van de leiding, Tabel 28 geeft een samenvatting.

Tabel 28: Normen maximale snelheid leidingen

DIN 1988-300: 2012	Snelheid
Leidingen in kelderverdiepingen of technische verdiepingen	2 m/s
Leidingen in schachten	1.5 m/s
Leidingen in bewoonde of gebruikte lokalen	1 m/s
ISSO 55	
Standaard leidingen	2 m/s
Leidingen in omgevingen waar geluidshinder beperkt moet worden	1.5 m/s
Warmtapwatercirculatieleiding	0.7 m/s

Men kan dus zeggen dat deze normen niet helemaal overeenstemmen met elkaar. In deze masterthesis is vervolgens rekening gehouden met een maximale snelheid in de kelder van 1 m/s in de kelder en rond 0,7 m/s in de schachten. Op deze manier wordt er gekozen voor een middenweg tussen de Duitse en Nederlandse norm. Om dit dan te combineren met een niet te hoge drukval wordt in de praktijk meestal gekozen voor 110 Pa/m. Om zo praktijkgericht mogelijk te blijven is bij de berekening van volgende leidinglengtes ook met deze maximale wrijvingsdrukverlies gerekend.

Uit de debieten die in de vorige sectie berekend werden kan dan vervolgens de snelheid door de verschillende mogelijke buisdiameters berekend worden:

$$v_{\text{buis}} = \frac{4 \times \dot{q}_{\text{tot}}}{\rho \times \pi \times D^2} \quad [28]$$

Met:

v_{buis} : de snelheid bij het berekend debiet door een bepaalde grootte buis

Nu wordt voor het berekende debiet, voor alle buisgroottes deze snelheid berekend. Daarna worden deze snelheden vergeleken met de maximaal toelaatbare buissnelheden. De kleinste buis waarbij deze maximum snelheid niet overtreden wordt, is vervolgens de buisdiameter die tot de volgende aftakking of splitsing gebruikt kan worden. Daarna dient de berekening opnieuw gemaakt te worden voor alle achterliggende appartementen. Indien met dit vervolgens doet tot de aftapping van het laatste appartement, heeft men de dimensionering voor het appartementsgebouw.

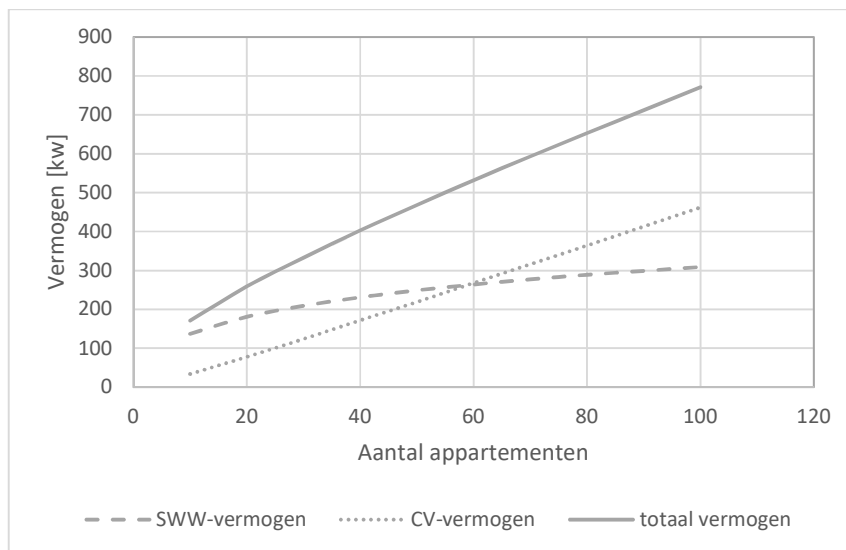
Resultaten

Uit de debieten die bepaald kunnen worden volgens de methode uitgelegd in het begin van dit hoofdstuk kunnen vermogens bepaald worden door middel van de aanvoer en retour temperatuur van de combilus. Hiermee kunnen de totale vermogens voor de verschillende groottes, van de verschillende gekozen indelingen bepaald worden. De resultaten staan in Tabel 29.

Tabel 29: Vermogens verschillende indelingen

Aantal app	Aantal SWW-afnemers	Aantal CV-afnemers	SWW-vermogen (Kw)	CV-vermogen (Kw)	Totaal vermogen (Kw)
10	3,3	6,7	137	34	171
20	4,5	15,5	181	78	259
30	5,2	24,8	209	124	333
40	5,7	34,3	231	172	403
50	6,2	43,8	249	219	468
60	6,5	53,5	264	268	532
70	6,9	63,1	277	316	593
80	7,2	72,8	289	364	653
90	7,4	82,6	299	413	712
100	7,7	92,3	309	462	771

Uit Figuur 39 valt af te leiden dat hoe groter het appartementsgebouw hoe kleiner de invloed wordt van de SWW vraag. Dit is te wijten aan de gelijktijdigheid, hoe meer appartementen hoe minder SWW-vermogen per appartement er tegelijkertijd ter beschikking moet zijn. Deze vermogens worden verder gebruikt voor de dimensionering van de stookplaats in 4.3.



Figuur 39: Vermogens gelijktijdigheid

In 1.4 werd de werking van een satelliet uitgelegd. Voor het dimensioneren van de leidingdiameters werd uitgegaan van de regimes vermeld in Tabel 30.

Tabel 30: Gebruikte regimes en waarden verwarmingssysteem

Vermogen warmtewisselaar satelliet	35 kW
CV-vermogen van een appartement	5 kW
Aanvoer- en retourtemperatuur warmtewisselaar satelliet	60°C - 20°C
Aanvoer- en retourtemperatuur radiator	60°C - 40°C
Aanvoer- en retourtemperatuur circulatieleiding	60°C – 20°C
Aanvoertemperatuur sanitair koud water	10°C
Gevraagde temperatuur voor sanitair warm water	55°C

De gegevens van de satelliet warmtewisselaar zijn gebaseerd op de Giacomini satelliet GE556y303. Op de datasheet van deze satelliet is het vermogen, de aanvoer- en retourtemperatuur uit bovenstaande tabel gebaseerd [54]. De Aanvoer- en retourtemperatuur van de radiator is gebaseerd op de waardes die in de praktijk gebruikt worden.

In [50] werd de gemiddelde koud water temperatuur in Brussel opgemeten gedurende alle maanden doorheen één jaar. Het gemiddelde van deze temperaturen gedurende een jaar is 10°C. Bij de gevraagde temperatuur dient rekening gehouden te worden met de legionellabacterie. Deze bacterie ontstaat het makkelijkste in stilstaand water met een temperatuur tussen de 25°C en 50°C. Onder de 25 °C is de bacterie niet schadelijk en vanaf 55°C sterft deze bacterie af. Deze bacterie veroorzaakt vooral longontstekingen. Om dus deze bacterie dus te vermijden in het sanitaire warm water wordt het water opgewarmd tot een temperatuur van 55°C

Voor de aanvoer- en retourtemperatuur van de circulatieleiding werd er uitgegaan van een regime 60°C/20°C. Dit omwille van het feit dat de leidingen gedimensioneerd moeten worden op het piekdebiet of piekvermogen dat er gedurende de dag gevraagd kan worden. In Tabel 29 werd aangetoond dat deze vermogens veel hoger liggen dan wanneer er enkel CV gevraagd zou worden en men dus met 5kw per appartement zou rekenen. In werkelijkheid zal de retour temperatuur hoger zijn omwille van de menging met het warmere CV-retour water. Ook zal gedurende het grootste deel van de dag de retour temperatuur 40°C zijn omwille van het feit dat dan enkel CV-gevraagd wordt en er geen of zeer weinig sanitair warm water gebruikt wordt.

Voor het CV-vermogen dat per appartement verbruikt wordt zijn wij uitgegaan van een vuistregel die bij Deltha wordt gehanteerd en is er 5 kW per appartement aangenomen.

Met deze waardes zijn vervolgens alle circulatieleidingen van de mogelijke indelingen berekend zoals het in Dimensioneringsberekening combilus is uitgeschreven. Zoals gezegd werd op iedere aftakking of splitsing van de combilus deze berekening opnieuw doorlopen voor alle achterliggende appartementen. Tabel 31 geeft de resultaten voor alle indelingen.

Tabel 31: Lengtes verschillende buisdiameters combilus

	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
10.1	20	10	6	18	0	0	0
10.2	32	48	10	30	0	0	0
20.1	40	14	12	58	20	0	0
20.2	40	32	70	42	20	0	0
30.1	72	12	14	38	54	0	0
30.2	60	30	32	102	30	0	0
40.1	80	12	12	50	70	20	0
40.2	92	42	62	92	42	20	0
50.1	112	18	18	62	90	20	0
50.2	136	42	42	90	82	20	0
60.1	120	18	18	74	104	10	20
60.2	144	48	48	138	102	0	20
70.1	152	24	24	84	136	0	20
70.2	176	48	48	136	104	0	20
80.1	160	24	24	96	140	20	20
80.2	208	54	54	124	104	20	20
90.1	180	30	30	120	132	42	20
90.2	240	60	60	160	82	62	20
100.1	200	30	30	120	162	32	30
100.2	200	60	60	220	82	62	20

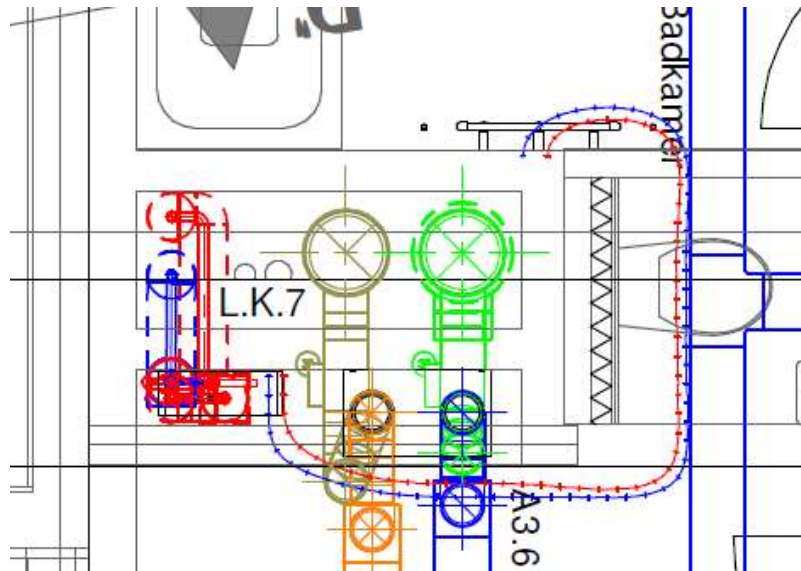
Zoals al vermeld in 4.1 is als afstand tussen de schachten 10m genomen en de afstand van de stookplaats naar het midden van het gebouw ook nog eens 10m. Verder is in de stookplaats ook nog eens 2 m voorzien om van de ketels naar het buffervat te gaan. De diameter van deze 2 m buislengte is afhankelijk van het ketelvermogen, deze wordt bepaald in 4.3.2, de lengtes zijn echter al in bovenstaande tabel opgenomen. Verder werd er in de schachten 3m buis per verdiep gerekend. Als laatste werd per appartement ook nog een aftakking van één meter gerekend voor de aanvoer- en retourleiding van een DN25. Al deze afstanden optellen geeft bovenstaande tabel als resultaat. Deze afstanden zijn gebruikt om de investeringskost voor de verschillende appartementen te bepalen. Om bochten mee te tellen worden de prijzen vermenigvuldigt met een toeslag van 1,2.

De prijzen voor de verschillend buisdiameters inclusief de toeslag is terug te vinden in de offertes in Bijlage B: Offertes.

4.2.2 Optimum isolatie combilus

Om de warmteverliezen door deze combilus te beperken wordt deze geïsoleerd. Zoals eerder al werd aangehaald in 2.4.4 van de EPB-studie heeft deze isolatie een zeer grote invloed op het E-peil. Hierin werd aangetoond dat zowel het materiaal als de dikte een grootte rol spelen. Als we hierop zouden verdergaan zouden we zeggen dat we zo dik mogelijk de circulatieleiding moeten isoleren. Enorm dikke isolatie rond de leiding voorzien brengt echter een nadeel met zich mee, er is veel te weinig plaats in de schachten om deze diktes aan isolatie kwijt te kunnen. In Figuur 40 staat een voorbeeld afgebeeld van een schacht waarop nog maar enkel de HVAC-toepassingen te zien zijn.

In deze schacht, L.K.7 is zowel de aanvoerleiding (rood) als de retourleiding (blauw) van de circulatieleiding zichtbaar. Ook is zowel de toevoer van verse lucht (groen) als de afvoer van de lucht (grijs) voor de ventilatie, dat via de schachten moet gebeuren. Deze vier elementen op zich nemen al een groot deel van de beschikbare ruimte in een technische schacht in beslag. Bij deze vier leidingen/kanalen moet ook nog de sanitaire afvoer komen, de sanitaire koud waterleiding, de elektriciteit- en telefoonkabels en eventuele rookgasafvoeren.



Figuur 40: Voorbeeld schacht

In uitzonderlijke gevallen moet ook regenwater van de daken via de schachten afgevoerd worden. Of indien er parking onder de appartementsgebouwen voorzien is waar dat de afvoer van de uitlaatgassen niet via de gevels kan gebeuren dienen deze ook via de schachten te verlopen. Het is dus een heel puzzelstuk om al deze leidingen en kanalen in te passen in de schachten. Niet te min dient er van de doorsnede van de schacht 10% vrij te zijn voor verluchting, indien dit niet het geval is dienen hier andere oplossingen voor geïnstalleerd te worden, wat weer extra kosten met zich mee brengt.

De schachten zijn dus vaak een hekelpunt voor studie- en architectenbureaus. Omwille van deze reden hebben we onderzocht naar een economisch optimum voor de diktes van deze isolaties. Hiervoor werden eerst en vooral de verschillende prijzen voor isolatie gezocht.

Het eerste materiaal is Kingspan Kooltherm FM dit is een hard resol schuim met een vezelvrije kern. Het is ideaal geschikt voor HVAC toepassingen binnen gebouwen [55]. Het tweede materiaal is Rockwool 810, dit is gemaakt van rotswol en vindt zijn toepassing vooral binnen verwarming- en sanitaire installaties [56]. Het laatste materiaal is Rockwool Propox PS 960, dit is gemaakt van steenwol en wordt vooral toegepast voor thermische isolatie van industriële toepassingen [57].

Voor de drie verschillende materialen werden prijzen gevonden [58], zie Tabel 32. Indien er niets vermeld staat werd van deze dikte en diameter geen prijs gevonden.

Tabel 32: Prijzen kingspan kooltherm FM

Kingspan Kooltherm FM (0.025 W/mK)								
Dikte isolatie	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
20 mm	9,50	10,46	11,62	12,88	15,45	16,94	17,86	24,56
30 mm	14,73	17,60	18,78	19,84	21,37	24,90	27,32	31,85
40 mm	17,77	22,08	26,00	27,36	30,92	34,92	37,33	39,88
50 mm	21,70	27,09	29,36	32,51	35,21	41,17	45,56	48,62
60 mm	26,38	32,67	35,19	37,35	37,59	46,69	54,52	57,52
70 mm	31,06	38,25	40,37	42,19	46,48	52,21	63,48	68,93
80 mm	35,74	43,83	45,55	47,03	51,60	57,73	72,44	82,85
90 mm			50,73	51,87	56,72	63,25	81,40	96,77

Tabel 33: Prijzen rockwool 810

Rockwool 810 (0.033-0.039 W/mK)								
Dikte isolatie	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
20 mm	3,25	3,38	3,74	3,85	4,76			
30 mm	4,72	5,06	5,66	5,84	6,52	8,01	8,78	10,56
40 mm	6,96	7,32	7,91	8,21	9,15	11,01	11,98	13,71
50 mm	9,58	10,09	10,75	11,35	12,23	13,78	14,83	16,85
60 mm		11,97	12,45	15,07	16,41	18,45	19,78	21,68
70 mm						25,20	26,76	29,45
80 mm			16,14	21,9	27,53	30,01	31,56	34,61
90 mm					36,69		44,68	

Tabel 34: Prijzen Rockwool Propox PS 960

Rockwool Propox PS 960 (0.04 W/mK)								
Dikte isolatie	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
20 mm	3,65	4,26	4,87	5,39	6,43	7,81	8,85	10,76
30 mm	4,88	5,56	6,23	6,81	7,97	9,51	10,76	13,18
40 mm	6,84	7,50	8,16	8,73	9,86	11,37	12,59	14,95
50 mm	8,83	9,63	10,44	11,14	12,52	14,37	15,70	18,77
60 mm	13,71	14,63	15,54	16,33	17,90	19,99	21,70	24,97
70 mm	23,4	24,53	25,66	26,63	28,57	31,15	33,25	37,28
80 mm			32,72	33,96	36,86	40,49	42,47	47,65
90 mm								57,89

Voor deze materialen werden ook de lambda waarde uit de technische fiches en van de websites van fabrikanten gehaald [59], [60], [55].

Met deze lambdawaardes kan nu volgens de methode uit 3.1 voor de verschillende diktes uit Tabel 32, Tabel 33 en Tabel 34 de verliezen per meter leiding berekend worden. Hiervoor werd opnieuw dezelfde T_{∞} en T_{fluid} gekozen als in 3.1, namelijk 20°C en 60°C. Er werd aangenomen dat de thermische energie van deze leidingen opgewekt werd door een warmtepomp met een COP van 4 waarmee deze verliezen van thermische naar elektrische energie kunnen worden omgezet.

$$Q_{elek} = \frac{Q_{th}}{COP} \quad [29]$$

Vervolgens worden deze verliezen omgezet naar kWh verliezen op jaarbasis.

$$Q_{elek-kwh} = Q_{elek} \times 24 \times 365 \quad [30]$$

Indien dat men nu uitgaat van een elektriciteitsprijs van 30 cent per kWh kan voor een gegeven dikte de kostprijs van deze verliezen berekend worden. Als we deze dan vergelijken met de prijzen vanuit Tabel 32, Tabel 33 en Tabel 34 kunnen we de terugverdijaren berekenen die een extra cm isolatiemateriaal met zich mee brengt, aangezien met een extra cm minder verliezen gepaard gaan. Deze afname in verliezen en de vermindering in kost aan elektriciteit vergelijken we met de kostprijs van een extra cm isolatiematerialen. Deze terugverdijaren staan weergegeven in Tabel 35, Tabel 36 en Tabel 37.

Tabel 35: Terugverdijaren kooltherm FM

Kingspan Kooltherm FM									
Huidige dikte mm	Vorige dikte mm	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
30 mm	20 mm	7,1	8,0	6,5	5,6	3,9	4,2	4,3	2,6
40 mm	30 mm	7,4	9,0	11,9	11,0	11,5	9,7	8,4	5,3
50 mm	40 mm	14,6	15,5	8,6	11,7	8,0	9,5	10,8	9,1
60 mm	50 mm	24,4	24,4	21,1	15,7	6,4	12,0	16,9	13,3
70 mm	60 mm	32,3	32,3	25,0	20,9	31,9	16,2	22,8	23,1
80 mm	70 mm	40,9	41,2	31,9	26,8	23,6	20,8	29,5	36,5
90 mm	80 mm	/	/	39,5	33,3	29,4	26,0	36,9	45,9

Tabel 36: Terugverdienjaren Rockwool 810

Rockwool 810									
Huidige dikte mm	Vorige dikte mm	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
30 mm	20 mm	1,6	1,5	1,4	1,3	0,9	/	/	/
40 mm	30 mm	4,2	3,5	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1	1,6
50 mm	40 mm	7,4	6,5	5,5	5,5	4,4	3,2	2,9	2,5
60 mm	50 mm	/	6,2	4,6	9,1	8,4	7,7	7,1	5,5
70 mm	60 mm	/	/	/	/	/	14,9	13,4	11,8
80 mm	70 mm	/	/	32,7 ⁶	39,9 ⁷	41,6 ⁸	6	5,2	4,4
100 mm	80 mm	/	/	/	/	21,4	/	22,1	/

Tabel 37: Terugverdienjaren Rockwool Propox PS 960

Rockwool Propox PS 960									
Huidige dikte mm	Vorige dikte mm	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
30 mm	25 mm	2,9	2,5	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,5
40 mm	30 mm	3,3	2,7	2,2	2,0	1,6	1,3	1,1	0,8
50 mm	40 mm	5,1	4,5	4,0	3,8	3,4	3,1	2,8	2,7
60 mm	50 mm	17,3	14,8	12,5	11,4	9,8	8,3	7,7	6,3
80 mm	60 mm	25,0	21,6	18,4	16,8	14,5	12,4	11,2	9,5
100 mm	80 mm	/	/	19,5	18,3	17,3	16,0	13,9	12,5
120 mm	100 mm	/	/	/	/	/	/	/	17,6

6 de berekende terugverdiertijden zijn ten opzichte van de vorige beschikbare prijs uit Tabel 33 en niet zoals in de linkse kolommen vermeld met de huidige en vorige dikte.

7 de berekende terugverdiertijden zijn ten opzichte van de vorige beschikbare prijs uit Tabel 33 en niet zoals in de linkse kolommen vermeld met de huidige en vorige dikte.

8 de berekende terugverdiertijden zijn ten opzichte van de vorige beschikbare prijs uit Tabel 33 en niet zoals in de linkse kolommen vermeld met de huidige en vorige dikte.

Op basis van deze terugverdienjaren kunnen we nu een conclusie trekken. We kunnen stellen dat de uiterste diktes die in 2.4.4 en in 3.1 gebruikt werden in realiteit een zeer lange terugverdiensperiode hebben en financieel niet interessant zijn. Uit bovenstaande tabellen kunnen we zelfs zeggen dat bij wol dikker isoleren als 60mm al terugverdiensperiodes langer dan 10 jaar met zich meebrengt. Bij betere isolatiematerialen zoals Kingspan Kooltherm FM, treden er al langere terugverdiensperiodes dan 10 jaar op vanaf 40 mm. Ook dit is weer niet in overeenkomst met de E-peilen die bepaald werden in Tabel 7. Hier werd immers geconcludeerd dat dikker isoleren dan 40 mm nog altijd een invloed kan hebben op het E-peil. De verliezen worden inderdaad meer beperkt maar tegen dat men de investeringskost van extra isolatiediktes terugverdient heeft zijn wel meer dan 10 jaar verder.

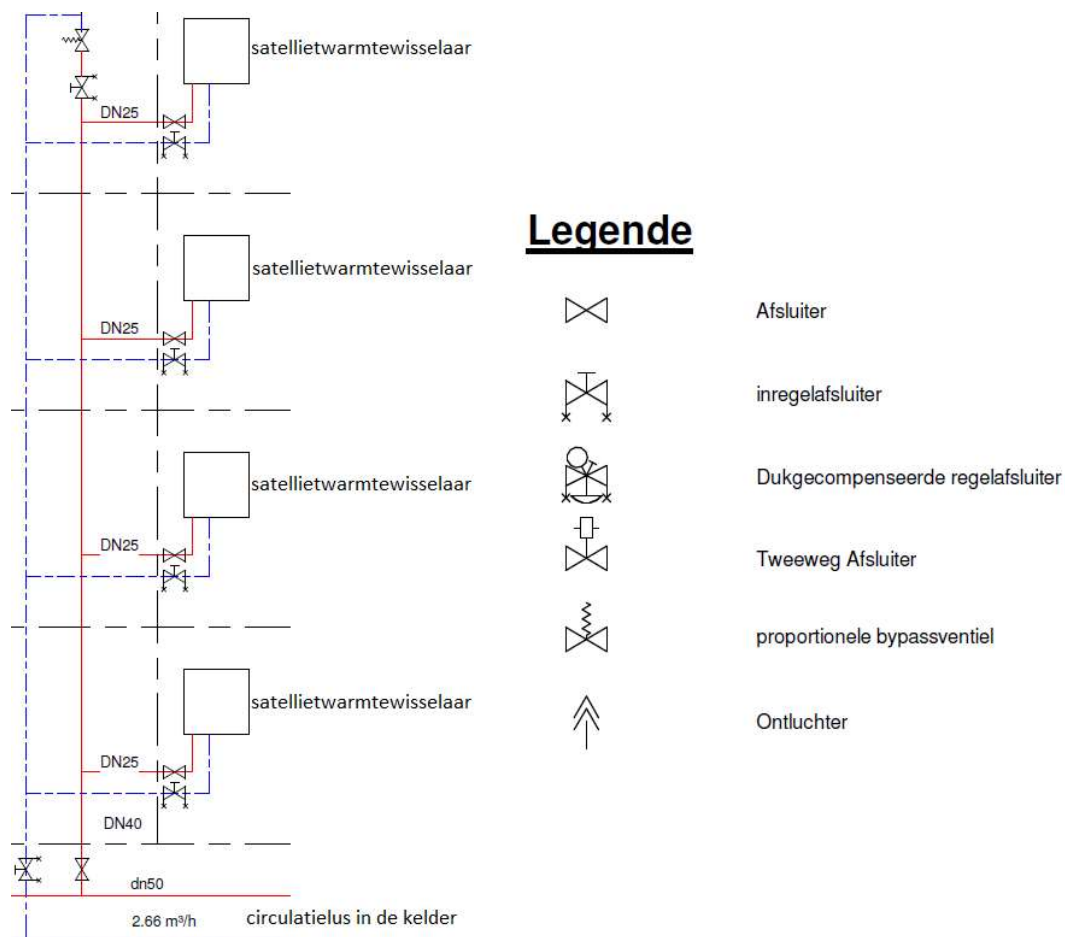
Voor het bepalen van de investeringskost werd gekozen voor het materiaal Kingspan Kooltherm FM, de diktes werden gekozen op basis van de beperkende factor van de ruimte in de schacht en de in Tabel 35 weergegeven terugverdienjaren. De gekozen diktes staan weergegeven in Tabel 38.

Tabel 38: Gekozen isolatiediktes voor investeringskost berekening

	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Gekozen dikte	20 mm	20 mm	30 mm	30 mm	30 mm	40 mm	40 mm

4.2.3 Schachten combilus

Ook in de schachten zitten enkele componenten die meegerekend moeten worden. In Figuur 41 staat het prinseschema van de hydraulische installatie in de schacht. Hierop zien we nog enkele kleppen die meegeteld moeten worden. Zo zal er per appartement een extra inregelafsluiter en afsluiter voorzien worden. Ook zal er onderaan de schacht een inregelafsluiter en gewone afsluiter voorzien worden. Bovenaan de schacht wordt een inregelafsluiter, een bypassventiel en een ontlufter voorzien. Dit werd voor de verschillende indelingen samengevat in Tabel 39. De prijzen voor de verschillende appendages zijn terug te vinden in de offertes



Figuur 41: Principeschema Schacht

Tabel 39: Appendages schachten

INDELING	10.1	10.2	20.1	20.2	30.1	30.2	40.1	40.2	50.1	50.2
Inregelafsluiter	12	16	24	30	34	40	44	54	56	64
Afsluiter	11	13	22	25	32	35	42	47	53	57
Bypass-ventiel	1	3	2	5	2	5	2	7	3	7
INDELING	60.1	60.2	70.1	70.2	80.1	80.2	90.1	90.2	100.1	100.2
Inregelafsluiter	66	76	78	86	88	98	100	110	110	120
Afsluiter	63	68	74	78	84	89	95	100	105	110
Bypass-ventiel	3	8	4	8	4	9	5	10	5	10

Behalve het hydraulische systeem, is de rookgasafvoer van de ketels een tweede bepalende factor. Deze is enkel aanwezig bij het decentrale systeem en centrale systeem met gasketels als opwekkers. Daarom werden deze bij de warmtepomp systemen ook niet meegenomen in de offerte.

Ook hier zijn er meerdere opties hoe de rookgas kan afgevoerd worden. Voor de centrale systemen hebben we ervoor gekozen om de rookgasafvoer via de dichtstbijzijnde schacht naar het dak te brengen. Hierbij werd er gekeken of de maximale afstand van 50m niet overschreden werd. Dit bleek in geen enkele van de indelingen het geval te zijn. In dit centrale systeem werd gekozen voor een concentrische buis van 200mm doorsnede om deze rookgassen af te voeren. Dit is een standaard gebruikte maat voor deze afvoeren en voldoet aan alle normen.

4.3 Dimensionering centrale stookplaats

Voor de dimensionering van de stookplaats werd een specifieke werking van de stookplaats vastgelegd. Aan de hand van deze werking kon vervolgens de componenten van de stookplaats gedimensioneerd worden en de investeringskost bepaald worden. Een principeschema van het gekozen systeem is weergegeven in Bijlage C: Principeschema stookplaats. Bij al de aparte onderdelen werd telkens het opwekkingssysteem van de gasketel genomen als referentie, dit systeem staat ook afgebeeld op het principeschema, gezien de wijziging van opwekker hier weinig invloed heeft op de grootte van de verschillende onderdelen. Enkel voor het dimensioneren voor de opwekker zelf werd wel rekening gehouden met het soort opwekker. In volgende paragrafen wordt telkens uitgelegd hoe de verschillende componenten en onderdelen uit het principeschema gedimensioneerd werden in functie van de gebouwgrootte en indeling.

4.3.1 Opwekkers en buffervat

In Tabel 29 werd eerder al aangehaald wat het totaal benodigd piekvermogen is per grootte van appartementsgebouw. Het CV-vermogen dient ten alle tijden door de opwekkers geleverd te kunnen worden. Daarbij komt nog het piekvermogen van de SWW-vraag. Om de opwekkers niet te groot te moeten dimensioneren om dit piekvermogen op te vangen wordt er een buffervat voorzien. Dit buffervat staat in voor 60% van het SWW-piekvermogen. 40% van dit SWW-piekvermogen wordt nog altijd door de opwekkers voorzien. Dit geeft de resultaten uit Tabel 40.

Tabel 40: Vermogens van opwekkers en buffervaten

Aantal app	SWW-vermogen (kW)	CV-vermogen (kW)	Totaal vermogen (kW)	Opwekkers (kW)	Buffervat vermogen (kW)
10	137	34	171	89	82
20	181	78	259	150	109
30	209	124	333	208	125
40	231	172	403	264	139
50	249	219	468	319	149
60	264	268	532	374	158
70	277	316	593	427	166
80	289	364	653	480	173
90	299	413	712	533	179
100	309	462	771	586	185

Nu afhankelijk van het gekozen opwekkingsstelsel zal het geïnstalleerde vermogen nog wijzigen. Indien men voor een gasketel kiest als centrale opwekkers, wordt voor de bedrijfszekerheid twee ketels geïnstalleerd die elk 60% van het gevraagd vermogen van de opwekkers kunnen leveren. Zo wordt er 120% van het berekende vermogen geïnstalleerd en overgedimensioneerd om bedrijfszekerheid te garanderen. Indien men met een CO₂-warmtepomp zou werken, is dit niet het geval. Hier wordt echter een cascade gemaakt van een aantal kleinere warmtepompen omdat deze nog niet commercieel verkrijgbaar zijn voor deze grote vermogens. Hierdoor zal het berekende vermogen ook het vermogen zijn dat geïnstalleerd kan worden bij CO₂-warmtepompen. Dit omwille van het feit dat door de cascade er voldoende bedrijfszekerheid is.

Indien men met een klassieke warmtepomp werkt, dient een deel van het vermogen door de boosterwarmtepompen geleverd te worden. Dit is ongeveer 2 kW per boosterwarmtepomp volgens de technische fiche van Ithodaalderop [61]. Er werd dus van het totaal berekende vermogen voor SWW 2 kW per appartement, dat SWW vraagt op het piekmoment, afgetrokken. Ook hier wordt een cascade van verschillende warmtepompen gebouwd, waardoor dit volledig vermogen opnieuw door de warmtepompen geleverd wordt en toch bedrijfszekerheid gegarandeerd kan worden. Al deze vermogens staan opgesomd in Tabel 41.

Tabel 41: Vermogen verschillende opwekkers: alle groottes appartementsgebouw

Aantal app	Opwekkers (kw)	1 ketel (kw)	Klassieke WP (kw)
10	89	53	82
20	150	90	141
30	208	125	197
40	264	159	253
50	319	191	306
60	374	224	361
70	427	256	413
80	480	288	465
90	527	316	518
100	579	348	570

Bovenstaande tabel geeft ons de verschillende vermogens voor de drie verschillende centrale opwekkers waar we de investeringskost van gaan vergelijken. Voor een systeem met een centrale gasketel hebben we telkens twee gasketels nodig per gebouw grootte die beide een vermogen kunnen leveren dat staat weergegeven in de middelste kolom. Bij een CO₂-warmtepomp maken we een cascade van beschikbare commerciële warmtepompen. Deze cascade moet de vermogens uit de eerste kolom kunnen leveren. Een klassieke centrale warmtepomp moet vervolgens iets minder vermogen leveren, door dat de boosterwarmtepomp een gedeelte van het vermogen leveren. De cascade regeling van warmtepompen moet vervolgens de vermogens uit de laatste kolom kunnen leveren.

De inhoud van het buffervat wordt op volgende manier berekend:

$$V = \frac{Q_{buffer} \times t}{C \times \Delta T} \quad [31]$$

Met:

V : de volume inhoud van het buffervat (l)

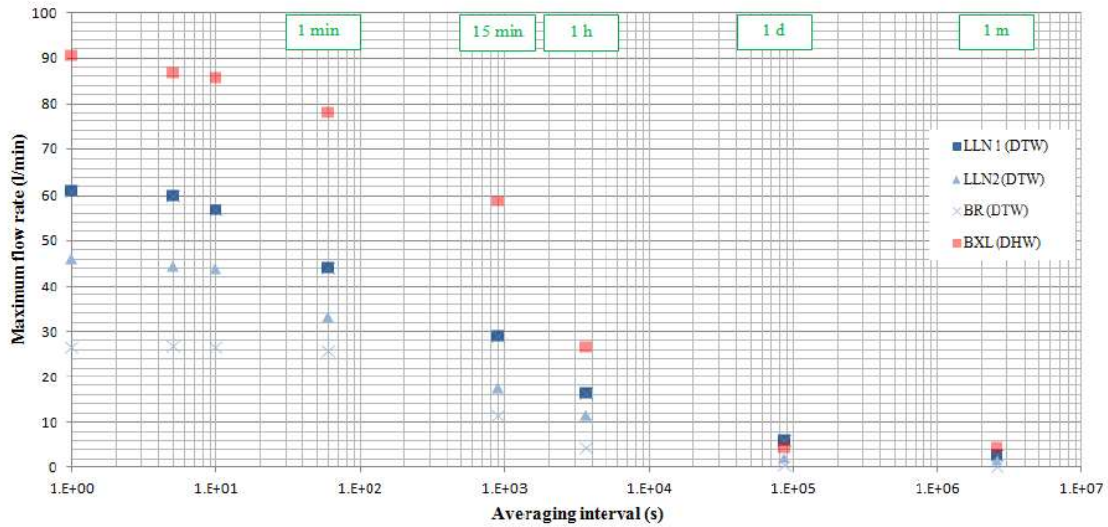
Q_{buffer} : Het vermogen dat het buffervat moet leveren (kw)

t : de tijd waarop het buffervat leeg is (s)

ΔT : het temperatuurverschil van de afkoeling van het geleverde warm water

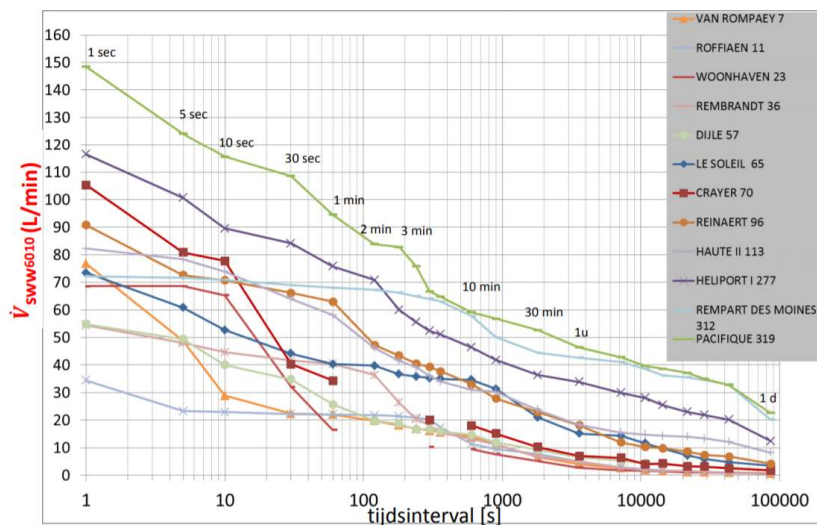
Hierbij varieert Q_{buffer} met de gebouw grootte zoals aangegeven in Tabel 40. De warmtecapaciteit van water is net als in de vorige berekeningen 4,186 Kj/Kg*K genomen. De ΔT is deze van de satellietwarmtewisselaar gezien hiermee het sanitaire warm water opgewarmd wordt. Deze is zoals eerder vermeld 40 K.

De tijd waarop het buffervat leeg mag lopen is gebaseerd op gevonden literatuur. In [62] werd voor verschillende appartementsgebouwen in België voor een periode van 1-2 maanden iedere seconde het piekdebiet gemeten. In Figuur 42 bekijkt men vervolgens wat het verschil zou geweest zijn indien men met grotere tijdsintervallen zou gemeten hebben:



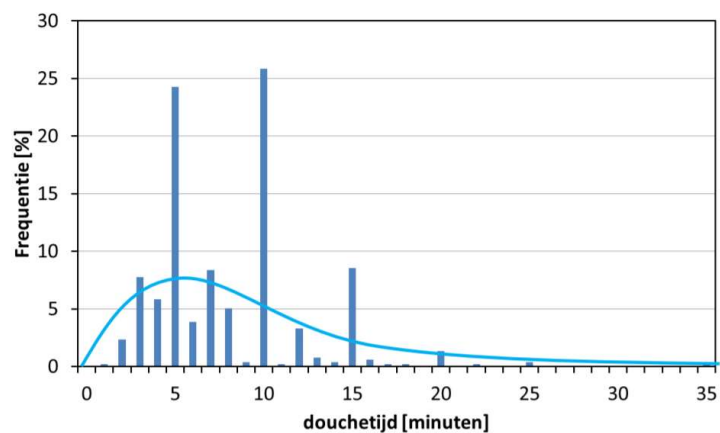
Figuur 42: Afwijking piekdebiet bij grotere tijdsintervallen [62, p. 6]

Hieruit blijkt dat indien men het tijdsinterval naar 15 min zou vergroten het warm water piekdebiet onderschat wordt met 35% en het totaal piekdebiet onderschat wordt met 57%. Hieruit kunnen we stellen dat het piekdebiet nooit langer aanhoudt dan 15 min. Dezelfde conclusie kunnen we trekken uit Figuur 43 van het Tetra SWW project [63].



Figuur 43: Afwijking piekdebieten bij groter tijdsintervallen Tetra SWW project [63, p. 25]

Uit [63] werd ook Figuur 44 gehaald, uit deze figuur kunnen we concluderen dat de meeste douchetijden tussen de 5 en 10 minuten duren.



Figuur 44: Douchetijd Tetra SWW project [63, p. 33]

Omwille van deze twee bronnen hebben wij ervoor gekozen om het tijdsinterval waarop de buffer leeg mag zijn 10 min genomen. Al deze parameters invullen geeft volgende volumes voor de buffervaten:

Tabel 42: Buffervat inhoud voor verschillende gebouwgroottes

Aantal app	Buffervat vermogen (kw)	Buffervat inhoud (l)
10	81,93	293,5
20	108,414	388,4
30	125,604	449,98
40	138,63	496,64
50	149,238	534,65
60	158,238	566,89
70	166,098	595,05
80	173,1	620,13
90	179,418	642,77
100	185,196	663,47

De waardes uit Tabel 41 en Tabel 42 zijn de berekende waardes. Deze waarde werden als minimumwaarde beschouwd die geïnstalleerd moesten worden. De uiteindelijke waardes waarvan de prijs gebruikt is en de prijzen zelf zijn terug te vinden in de offertes in Bijlage B: Offertes.

4.3.2 Leidingen en appendages

De leidingen tussen het buffervat en ketels werden op dezelfde wijze berekend als in 4.1. Nu werden enkel de vermogens uit Tabel 41 gebruikt voor de dimensionering. De verschillende buisdiameters staan weergegeven in Tabel 43.

Tabel 43: Buisdiameters stookplaats

Aantal app	Leiding naar buffervat	Leiding naar 1 ketel
10	DN32	DN32
20	DN50	DN32
30	DN50	DN40
40	DN65	DN50
50	DN65	DN50
60	DN65	DN50
70	DN65	DN65
80	DN65	DN65
90	DN80	DN65
100	DN80	DN65

Voor deze buisdiameters werd zoals eerder al vermeld 2m extra bijgeteld in Tabel 31.

Met appendages worden alle zaken bedoeld die aangesloten worden tussen leidingen en waarvan de grootte dus mee evolueert met de leidingdiameter. Hieronder vallen alle kleppen, afsluiters, vuilafscidders en filters. Zoals te zien is op het principeschema wordt per installatie één filter en één vuilafscieder voorzien. Ook wordt er per ketel één magneetafsluiter en één inregelafsluiter voorzien. Er wordt ook één inregelafsluiter voorzien na het buffervat. Deze inregelafsluiter worden voorzien om het debiet te kunnen regelen en zijn telkens voorzien van een meetnippel. Voor de rest worden er afsluiters voorzien voor en na alle verschillende componenten waar nog geen regelafsluiter voorzien is. De keerkleppen van de pompen en de vulset worden niet meegeteld in de offerte omdat deze als toeslag meegeteld worden bij de pompen en de vulset. Dit geeft Tabel 44.

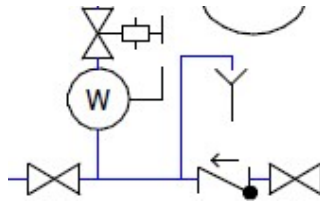
Tabel 44: Appendages hoeveelheden stookplaats

Appendage	Aantal
Afsluiter	15
Inregelafsluiter	3
Magneetafsluiter	2
Filter	1
Vuilafscieder	1

De prijzen voor de verschillende appendages zijn te vinden in de verschillende offertes in Bijlage B: Offertes.

4.3.3 Drukstap ontgasser, Expansievat en Vulset.

De vulset staat afgebeeld in Figuur 45.



Figuur 45: Vulset

Deze vulset wordt niet als aparte appendages aangekocht, maar als 1 geheel. De prijs hiervan is ingerekend in deze van de drukstap ontgasser in de offertes in Bijlage B: Offertes.

Op verschillende manieren kan in de hydraulische installatie lucht terecht komen. Dit kan bijvoorbeeld door het bijvullen of microlekken die ontstaan in koppelingen. Deze lucht heeft negatieve gevolgen voor de componenten van de installatie zoals bv afnemende pompprestaties of snelle slijtage van warmtepompen, kleppen, etc. Om de installatie te ontgassen wordt een drukstap ontgasser voorzien. Deze zal tijdelijk een deel van het water in vacuüm brengen om zo de lucht af te scheiden en te verwijderen. Men kan de keuze maken om dit apparaat mobiel te maken en niet vast te voorzien. Indien men met grootte installaties zit voorziet men meestal zo een drukstapontgasser vast op locatie. Omwille van deze redenen hebben wij voor alle indelingen ook een vaste ontgasser voorzien. Deze is onafhankelijk van de gebouwgrootte echter voor een groter gebouw zal de ontgassing enkel langer duren. De prijs voor deze ontgasser is terug te vinden in de offertes in Bijlage B: Offertes.

Doordat water in de installatie opwarmt en terug afkoelt en het een gesloten systeem is, kan de druk in het systeem nogal variëren. Om deze drukvariaties op te vangen wordt een expansievat geplaatst. Dit is voor de helft gevuld met water uit de installatie en voor de helft met gas. Deze 2 worden gescheiden door een membraam. Wanneer de druk in de installatie toeneemt zal het gas samengedrukt worden en de druk in de installatie afnemen. Deze expansievaten worden berekend afhankelijk van de waterinhoud van het totale systeem. Voor de berekening van de gebruikte expansievaten voor de verschillende indelingen werd gebruik gemaakt van de software HYSELECT.

Tabel 45 geeft hiervan de resultaten weer.

Tabel 45: Grootte expansievaten: verschillende indelingen

Indelingen	Inhoud Expansievat (l)	Indelingen	Inhoud expansievat (l)
10.1	140	60.1	800
10.2	140	60.2	800
20.1	300	70.1	800
20.2	300	70.2	800
30.1	400	80.1	1000
30.2	400	80.2	1000
40.1	500	90.1	1000
40.2	500	90.2	1000
50.1	600	100.1	1000
50.2	600	100.2	1000

De prijzen voor deze expansievaten zijn terug te vinden in de verschillende offertes in Bijlage B: Offertes.

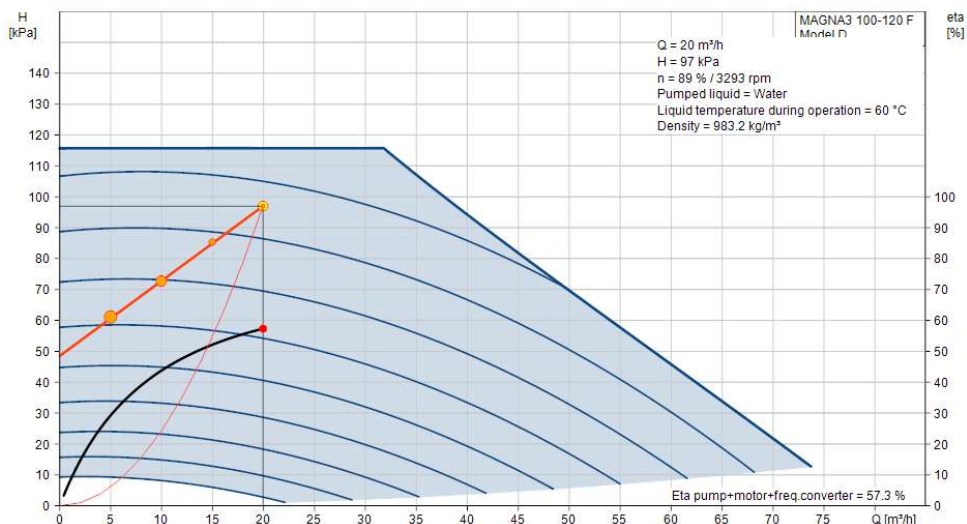
4.3.4 Pompen

In de stookplaats zijn drie pompen geïnstalleerd. Eén primaire pomp tussen de ketels en het buffervat. Deze zorgt ervoor dat wanneer het buffervat afkoelt er opnieuw water via de ketels gevoerd wordt en deze het water terug opwarmen. Er zijn 2 secundaire pompen die het warme water uit het buffervat rondpompen door de circulatieleiding. Dit zijn er 2 omwille van het feit dat er bedrijfszekerheid moet gegarandeerd kunnen worden. Voor het dimensioneren van de pomp, werd de drukval over de appendages bepaald met de software Hyselect. Voor de leidingen en de ketels werd uitgegaan van een drukval van 3 kPa maximum. Voor de secundaire pompen werd 110 Pa/m gerekend en dan de afstand tot het verste punt per indeling bepaald. Op deze afstand werd opnieuw de drukval per appendage bepaald met het softwareprogramma Hyselect. Het debiet werd opnieuw bepaald met de vermogens uit Tabel 41 volgens de methode uit 4.2. Deze vermogens werden vervolgens omgezet naar m³/h. De resultaten staan weergegeven in Tabel 46.

Tabel 46: Parameters primaire en secundaire pompen

indeling	secundaire pomp druk (kPa)	secundaire pomp debiet (m ³ /h)	primaire pomp druk (kPa)	primaire pomp debiet (m ³ /h)
10.1	83,64	4,32	10,89	2,20
10.2	85,25		10,89	
20.1	86,42	6,59	12,05	3,79
20.2	89,33		12,05	
30.1	87,84	8,52	13,43	5,27
30.2	89,16		13,43	
40.1	89,18	10,29	13,33	6,71
40.2	91,56		13,33	
50.1	91,03	11,98	14,23	8,12
50.2	92,35		14,23	
60.1	92,304	13,61	16,37	9,51
60.2	92,83		16,37	
70.1	91,99	15,19	19,37	10,91
70.2	93,31		19,37	
80.1	92,18	16,74	19,52	12,26
80.2	95,35		19,52	
90.1	94,51	18,27	18,22	13,63
90.2	96,62		18,22	
100.1	95,42	19,77	20,21	14,98
100.2	96,74		20,21	

Met deze gegevens kunnen met behulp van de pompkarakteristieken de juiste pomp selecteren. Figuur 46 is een voorbeeld van de indeling 100.2 om de primaire pomp te selecteren. Deze selectie figuren konden gegenereerd worden op de website van leverancier Grundfos [64].



Figuur 46: Pompkarakteristiek primaire pomp indeling 100.2 [64]

De prijzen voor de verschillende groottes van pompen zijn opnieuw terug te vinden in de verschillende offertes in Bijlage B: Offertes.

4.3.5 Gasinstallatie

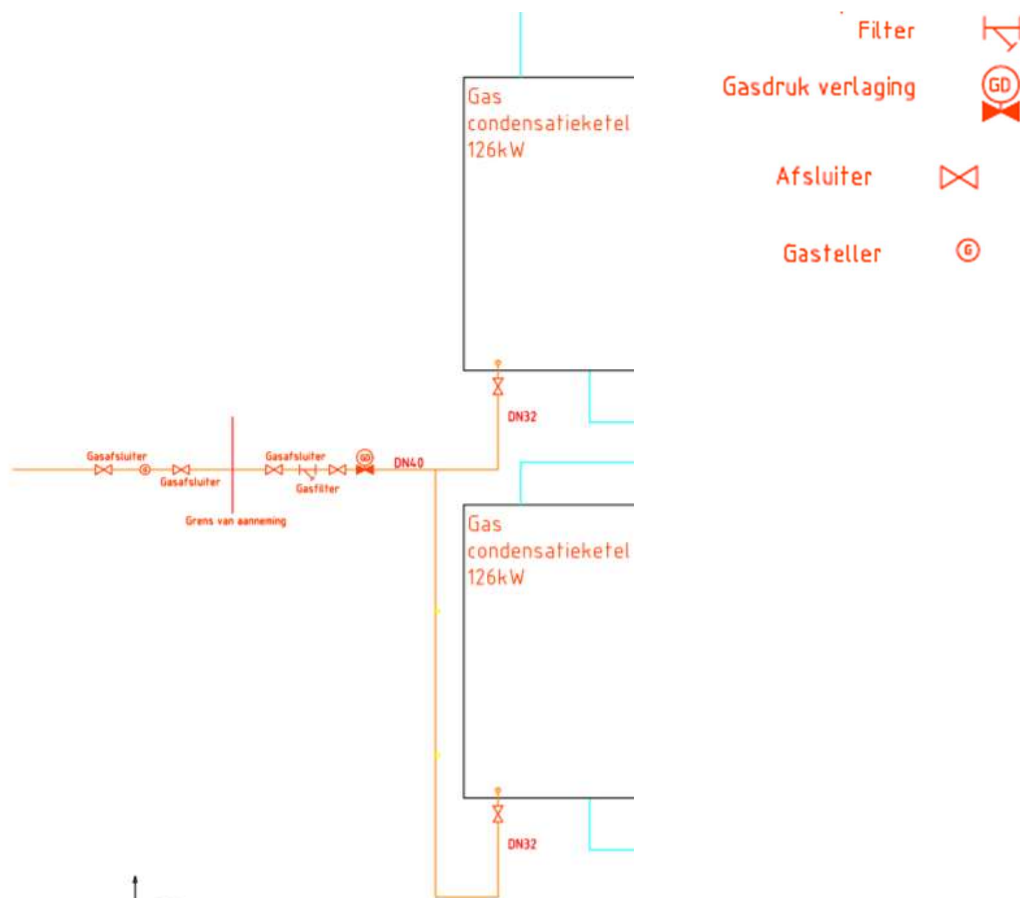
De diameters van de gasleidingen werden berekend met een Excel bestand dat beschikbaar was bij Deltha. Dit bestand berekent de diameter aan de hand van de norm NBN D 51-003. De diameter wordt onder andere bepaald door het benodigde vermogen en het eenheidsdrukverlies veroorzaakt door het meest benadeelde toestel. Hieronder wordt de methode uitgelegd die gebruikt werd om alle elementen van de gasinstallatie en hun investeringskost te bepalen.

Figuur 47 geeft het voorbeeld waarop de investeringskostberekening voor de gasinstallatie gebaseerd is. Bij een centraal systeem komt er één grote gasleiding binnen in het gebouw die dan opsplijst naar de twee gasketels. Zoals reeds aangehaald werden de diameters berekend aan de hand van de norm NBN D 51-003. Deze diameter varieert met de gebouw grootte, omdat het benodigde vermogen toeneemt.

De lengte van de leiding met de grootste diameter (in Figuur 47: DN40) werd telkens op 10 m geschat. Na de opsplitsing (in Figuur 47: DN32) wordt er nog eens 10 m tot aan elke ketel geteld. De bochten, de gasdrukverlaging en de gasteller worden meegeteld in de toeslag op de leidingen en staan daarom niet expliciet vermeld in de offertes.

Daarnaast zijn er telkens nog 4 gasafsluiters nodig op de binnenkomende leiding (in Figuur 47: DN40). Twee gasafsluiters worden voorzien rond de gasteller, om deze te kunnen vervangen. De andere twee gasafsluiters worden voorzien rond de gasfilter, eveneens om deze te kunnen vervangen. De gasfilter staat eveneens vermeld in de offerte. Na de splitsing (in Figuur 47: DN32) wordt er voor elke ketel nog een gasafsluiter geplaatst.

Tenslotte werd er in de offerte ook nog een elektromagneet gasafsluiter voorzien. Deze is niet aangegeven in Figuur 47, maar is nodig om de volledige gasinstallatie af te sluiten.



Figuur 47: Voorbeeld van een gasinstallatie bij centrale gasketels

4.4 Dimensionering decentrale installatie

4.4.1 Gasinstallatie

Figuur 48 geeft het voorbeeld van een gastellerlokaal waarop de investeringskostberekening is gebaseerd. Bij een decentraal systeem komt eveneens een grote leiding binnen die het volledige vermogen aan gas moet kunnen transporteren. Deze leiding wordt dan opgesplitst in leidingen van DN25 die via de schachten tot aan elke gasketel in het appartementsgebouw lopen.

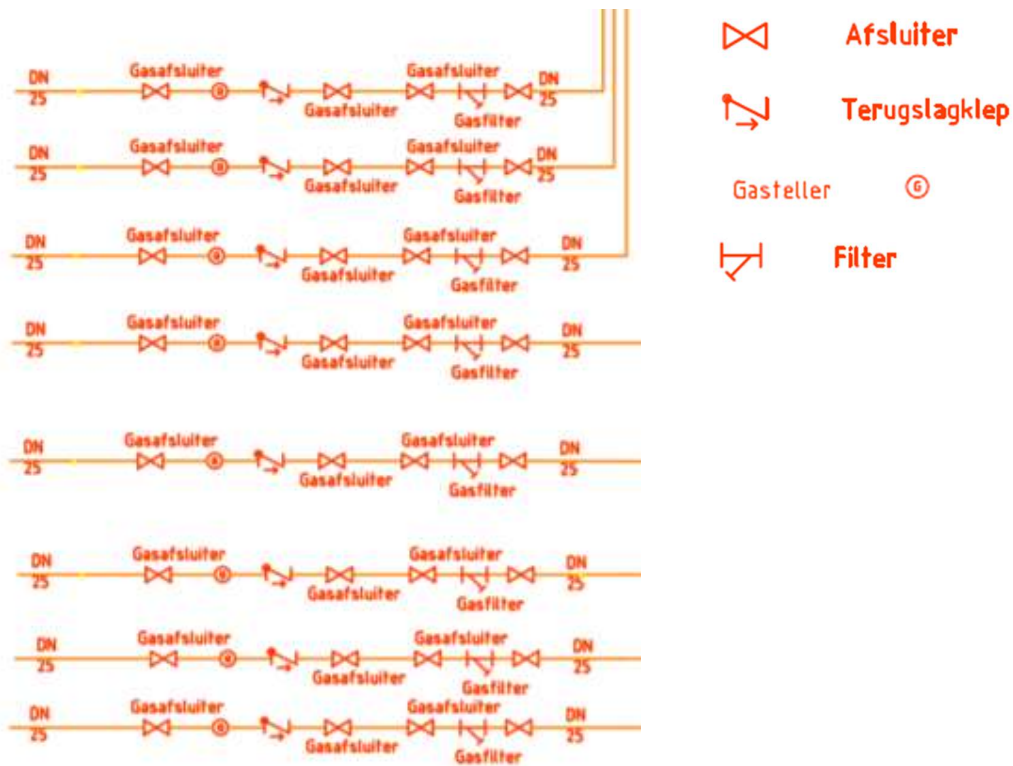
Op de binnekomende leiding wordt enkel een elektromagneet gasafsluiter voorzien. De lengte van de binnekomende leiding wordt tot 60 appartementen geschat op 10 m. Vanaf 70 appartementen wordt deze lengte 15 m geschat, vanwege de toenemende grootte van het gebouw en de onzekerheid omtrent waar de gasleiding binnenkomt.

In elke DN25 leiding worden volgende elementen voorzien:

- 5 gasafsluiters:
 - 2 in het gastellerlokaal om de gasmeter vrij te kunnen stellen van gas;
 - 2 in het gastellerlokaal om de gasfilter vrij te kunnen stellen van gas;
 - 1 voor de gasketel in het appartement om deze vrij te kunnen stellen van gas (niet zichtbaar in Figuur 48);
- 1 gasteller;
- 1 terugslagklep;
- 1 gasfilter.

Enkel de terugslagklep en de bochten zijn niet expliciet vermeld in de offerte omdat deze vervat zitten in de toeslag op de leidingen.

De lengtes van de DN25 worden voor elke indeling apart bepaald door de afstanden vanaf de stookplaats tot aan elk appartement op te tellen. Zoals eerder vermeld wordt de afstand van de stookplaats tot het midden van het gebouw 10 m verondersteld en de afstand tussen twee schachten 10 m aangenomen. Elke verdieping komt overeen met 3 m. De aftakking vanuit de schacht naar het appartement wordt 1 m verondersteld.



Figuur 48: Voorbeeld van een gastellerlokaal

Indien de lengte voor een DN25 uitgeteld wordt voor het appartement in indeling 10.2 (zie Bijlage A.2.1 Indeling 10.2) op verdieping twee van schacht één hebben we de volgende lengtes:

- 10 m: van de stookplaats tot in het midden van het gebouw;
- 15 m: midden gebouw tot aan schacht 1;
- 6 m: in schacht 1 tot aan verdieping 2;
- 1 m: aftakking vanuit schacht tot aan appartement.

Dit moet voor elk appartement bepaald worden om de volledige lengte van de benodigde gasleiding te kennen.

4.4.2 Rookgasafvoer

Voor het decentrale systeem werd gekozen voor een CLV-systeem per schacht. Dit is gezien de beperkte plaats in de schachten de beste oplossing. In een CLV-systeem worden alle ketels in dezelfde schacht zowel van luchtaanvoer als rookgasafvoer voorzien door één dubbelwandige buis. Hiervan zal de binnen buis de rookgasafvoeren voorzien terwijl de dubbele wand zorgt voor de lucht toevoer. In de dimensionering hebben wij ons laten bijstaan door de leverancier van CLV-systemen aan Deltha, namelijk Ubbink [65]. Wij hebben hun volgende gegevens bezorgd:

- allemaal identiek ketels van 35kw van het merk Vaillant;
- een maximale verdiepingshoogte van 3m;
- een plat daktype;
- maximale afstand tussen de ketels en de CLV-schouw van 1m;
- twee ketels 180° afgetakt per verdiep, met aftak secties Ø 80/125.

Zij hebben ons de CLV-systemen in Tabel 47 aangeraden.

Tabel 47: Gekozen CLV-systemen

Schachttype	Aantal ketels	Diameters
1	3	Ø 125/200
2	4	Ø 125/200
3	5	Ø 160/250
4	6	Ø 160/250
5	7	Ø 200/300
6	8	Ø 200/300
7	9	Ø 200/300
8	10	Ø 200/300

Met al deze systemen konden wij de verschillende schachten van de verschillende indelingen bepalen. De prijzen van de rookgasafvoeren zijn terug te vinden in de verschillende offertes in Bijlage B: Offertes.

4.5 Investeringskostanalyse

Voor het bepalen van de investeringskost werd geen rekening gehouden met de componenten of installatieonderdelen die voor decentraal en centraal hetzelfde zijn zoals radiatoren, kleppen in het appartement, sanitaire koud waterleiding, etc. Deze werden allemaal geschrapt uit de offertes. Zo bleven enkel de componenten en installatieonderdelen over die verschillen tussen een decentraal en centraal systeem. De meeste van deze componenten en onderdelen zijn hierboven in 4.2, 4.3 en 4.4 besproken. Enkel de satelliet warmtewisselaar en de decentrale gasketels werden nog niet besproken. In de centrale systemen werd telkens één satelliet warmtewisselaar per wooneenheid voorzien. In het decentrale systeem werd één gasketel per wooneenheid voorzien. De gebruikt prijzen voor deze twee componenten zijn terug te vinden in Bijlage B.

Het laatste wat nog besproken moet worden voordat de investeringskost kan bepaald worden is de hydraulische inregeling. Dit is de inregeling die dient te gebeuren om de componenten van het hydraulisch systeem juist op elkaar af te stellen. Deze inregeling is enkel nodig bij een centraal systeem. De inregeling bevat onder andere het juist instellen van de bypassventielen en regelkranen. Voor deze hydraulische inregeling worden bij Deltha een aantal min per component aangerekend, deze staan weergegeven in Tabel 48.

Tabel 48: Inregeltijd componenten combilus

Pomp	20 min
STAD	20 min
STAF	35 min
Bypassventiel	30 min

Met een STAD worden alle inregelafsluiters bedoeld van DN50 of kleiner. Een STAF zijn dan alle inregelafsluiters DN65 of groter. Deze uren worden per indeling opgeteld en vervolgens vermenigvuldigd met een uur-bedrag. De prijzen voor de verschillende indelingen zijn terug te vinden in de offertes in Bijlage B.

In Bijlage B staan dan alle eenheidsprijzen en totaalprijzen van alle componenten opgesomd. Deze eenheidsprijzen werden op volgende manier berekend:

$$EH_{prijs} = \text{materiaalkost} \times \text{installatiekost} \times \text{winstmarge}$$

In de materiaalkost zit zowel de materiaalprijzen als eventuele toeslag zoals bijvoorbeeld bij de buizen. De installatiekost bevat zowel de montagekosten als eventuele engineeringkosten. De winstmarge is de marge die Deltha rekent op deze totaalprijs. Op deze manier bekomen we de prijs die projectontwikkelaars te zien krijgen op de offerte die ze voorgeschoteld krijgen. Al deze prijzen zijn bekomen bij verschillende leveranciers en installateurs waar Deltha mee werkt. De resultaten van al deze offertes worden in de volgende paragrafen nader uitgelegd.

4.5.1 Vergelijking centrale en decentrale structuur

In Tabel 54 staan de verschillende investeringskosten voor alle indelingen voor een decentraal en centraal systeem met een gasketel als opwekker. Hierop valt al te zien dat vanaf 30 wooneenheden het centrale systeem goedkoper wordt. In Tabel 49 en Figuur 49 wordt dit verschil weergegeven.

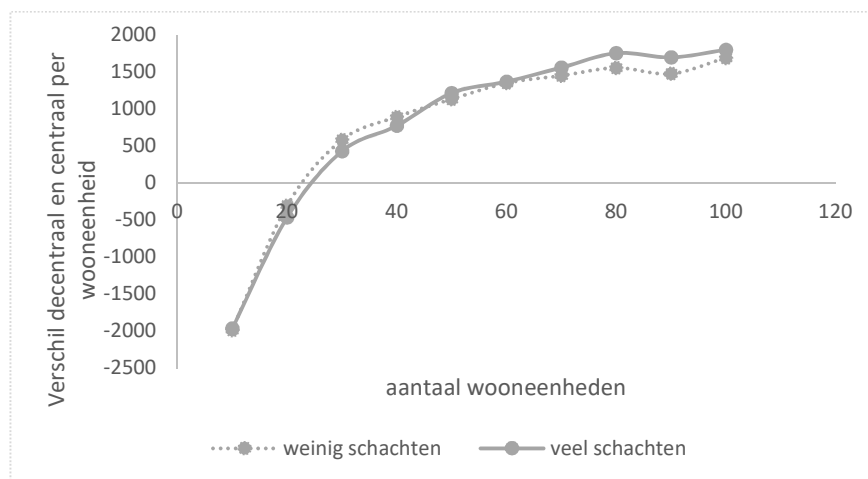
Deze tabel en figuur zijn op volgende manier gevormd:

$$prijzverschil_{wooneenheid} = \frac{totaalprijs_{decentraal}}{\#wooneenheden} - \frac{totaalprijs_{centraal}}{\#wooneenheden}$$

Op de figuur valt te zien dat er tussen de 20 en 30 wooneenheden een kantelpunt is in investeringskost. Uit de tabel blijkt dat bij 30 wooneenheden bij de indeling met weinig schachten een verschil van bijna 600 euro per wooneenheid is. Bij een indeling met veel schachten is dit 430 euro per wooneenheid. Uit onderstaande tabel kunnen we ook concluderen dat voor beide indelingen het aantal wooneenheden waar de investeringskost van centraal en decentraal gelijk worden aan elkaar ongeveer 25 is.

Tabel 49: Verschil investeringskost centraal en decentraal systeem

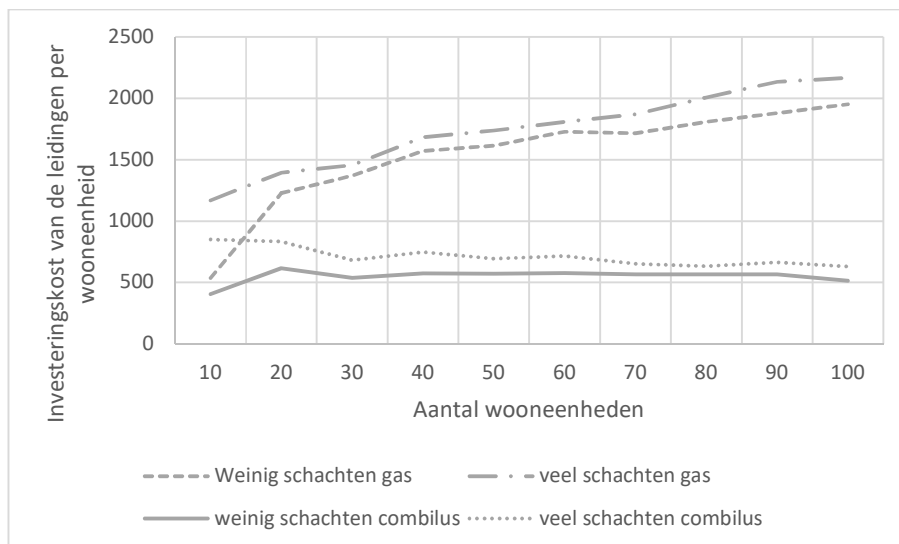
Aantal wooneenheden	Weinig schachten	Veel schachten
10	-1988,14	-1966,26
20	-306,24	-465,34
30	581,29	429,74
40	893,58	773,27
50	1133,35	1215,3
60	1350,58	1369,72
70	1450,43	1559,45
80	1555,88	1754,26
90	1476,87	1698,02
100	1690,91	1799,14



Figuur 49: Vergelijking decentrale en centrale investeringskost

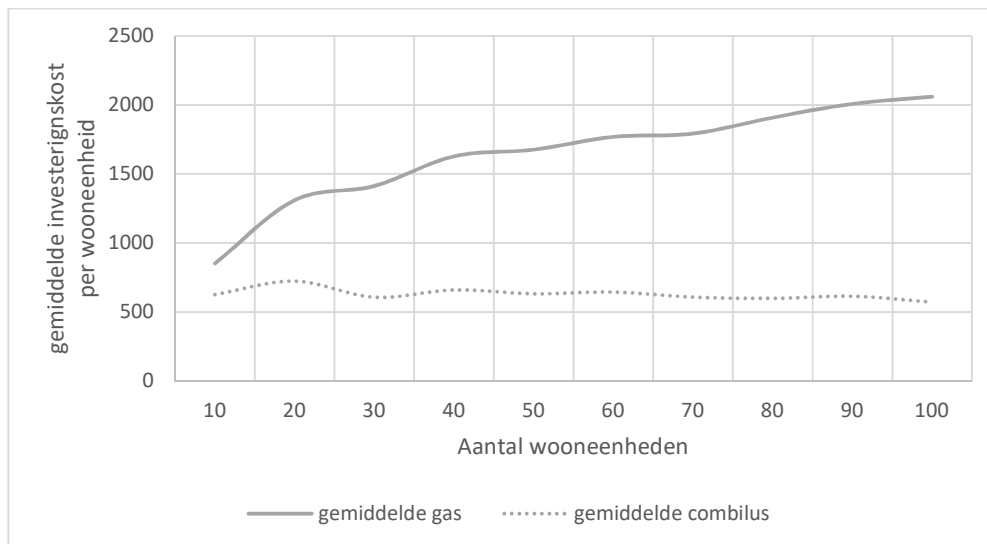
Uit Figuur 49 blijkt dat er een klein verschil is tussen veel en weinig schachten. Dit valt te wijten aan het feit dat door meer schachten toe te voegen eigenlijk zowel de individuele gasleidingen als de combilus in afstand en dus in investeringskost toeneemt. Hieruit volgt dat het verschil tussen beide zeer beperkt blijft.

Dit is ook te zien in Figuur 50. Hierop zijn de twee bovenste lijnen de gasleiding voor zowel de indelingen met veel schachten als de indelingen met weinig schachten. De twee onderste lijnen zijn de lijn voor de twee soorten indelingen van de combilus. Hierop valt te zien dat er enkel bij 10 appartementen een groot verschil is tussen de investeringskost van de leidingen. Dit valt te wijten dat er bij 10.1 maar 1 schacht is en er dus geen horizontale meters overwonnen moeten worden. Wat dus het ideaal geval zou zijn als men enkel naar de leidingen zou kijken. Vanaf dan valt eigenlijk te zien dat het verschil tussen de indelingen met veel schachten en de indeling met weinig schachten nog wel lichtjes varieert, maar dit is maar heel miniem en dit zowel voor de aparte gasleidingen als de combilus. Vandaar dat er op Figuur 49 ook weinig verschil te zien is tussen beide soorten van indelingen.



Figuur 50: Investeringskost leidingen per wooneenheid

Er valt nog een aantal conclusies te trekken uit de investeringskost van de leidingen. Indien we het gemiddelde nemen van de twee soorten indelingen van zowel gas als de combilus dan bekommen we Figuur 51. Hierop valt te zien dat de investeringskost van de gasleiding per wooneenheid telkens toeneemt bij een stijgend aantal wooneenheden. Dit komt omwille van het feit dat iedere decentrale gasketel zijn eigen leiding moet hebben vanuit het gasteller lokaal. Dit wil dus zeggen dat er bij iedere extra wooneenheid meer afstand moet overbrugd worden door de gasleiding, aangezien men telkens hoger of breder zal moeten gaan in het gebouw. Dit zorgt ervoor dat bij iedere extra wooneenheid de gemiddelde meter gasleiding per wooneenheid in het gebouw zal toenemen, waardoor ook de investeringskost van deze gasleiding per wooneenheid zal toenemen.



Figuur 51: Gemiddelde investeringskost leidingen per wooneenheid

Een tweede conclusie die uit Figuur 51 getrokken kan worden is dat bij een stijgende aantal wooneenheden de investering van de combilus een beetje afneemt. Dit komt omwille van het feit dat hoe meer wooneenheden er komen, hoe minder afstand van de combilus er nodig is per wooneenheid. Dit wordt weergegeven in Tabel 50. Bij de indelingen met veel schachten neemt het aantal meters combilus per wooneenheid af bij een stijgend aantal wooneenheden. Dit is echter niet het geval bij de indelingen met weinig schachten. De indelingen zitten namelijk al dicht bij de limiet. Zoals eerder vermeld werd er 6m combilus geteld per extra verdiep en 2 m extra per aftakking. Dus in het ideale geval zou er slechts 10m bij komen voor 2 extra wooneenheden. Dit zou het geval zijn wanneer we enkel in de hoogte appartementen zouden toevoegen. Maar zoals eerder vermeld hebben we gekozen om te werken met een limiet van 10 verdiepen. Omwille van dit feit zal er in de breedte gewerkt moeten worden waardoor de limiet op ongeveer 6m per wooneenheid ligt zoals Tabel 50 aantoont.

Tabel 50: Meters combilus per wooneenheid

Aantal wooneenheden	Weinig schachten	Veel schachten
10	5,4	12,0
20	7,2	10,2
30	6,3	8,5
40	6,1	8,8
50	6,4	8,2
60	6,1	8,3
70	6,3	7,6
80	6,1	7,3
90	6,2	7,6
100	6,0	7,0

Als we nu dezelfde tabel (Tabel 51) opstellen zien we dat het aantal meters per wooneenheid bij een decentraal systeem bij iedere gebouwgruotte toeneemt. Dit is te wijten aan het feit dat zoals eerder aangehaald iedere wooneenheid een individuele gasleiding heeft vanaf het gastellerlokaal naar de individuele gasketel.

Tabel 51: Meters gasleiding per wooneenheid

Aantal wooneenheden	Weinig schachten	Veel schachten
10	11,0	24,2
20	25,5	29,0
30	28,5	30,3
40	32,8	35,1
50	33,6	36,2
60	36,0	37,7
70	35,7	38,9
80	37,7	41,8
90	39,2	44,5
100	40,7	45,2

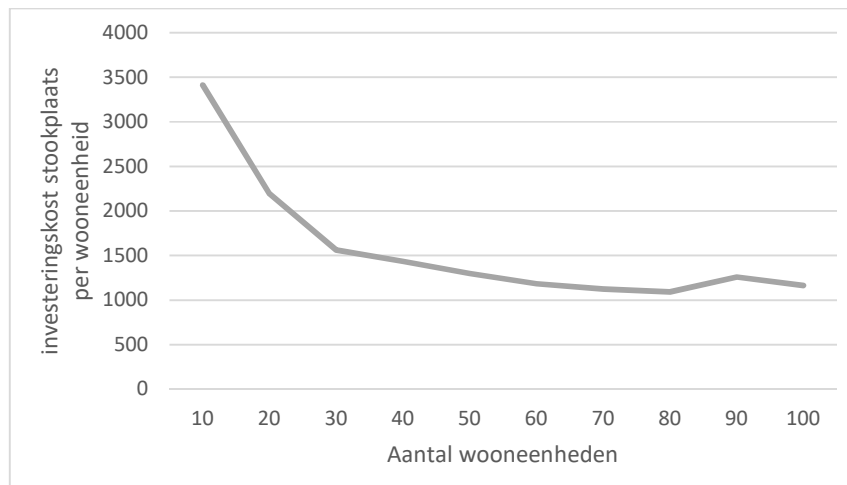
Een ander groot verschil tussen een decentraal en centraal systeem met gasketels is de rookgasafvoer. Dit wordt weergegeven in tabel 52, hier valt te zien dat de investeringskost van een centrale rookgasafvoer goedkoper is als een decentrale rookgasafvoer. Bij een centrale rookgasafvoer zal de investeringskost per wooneenheid per appartement ook nog dalen, om dat de totale investeringskost hiervan zo goed als constant blijft. Een Decentrale rookgasafvoer daarentegen blijft constant schommelen tussen de 700 en 850 euro per wooneenheid.

Tabel 52: Investeringskost van rookgasafvoer per wooneenheid

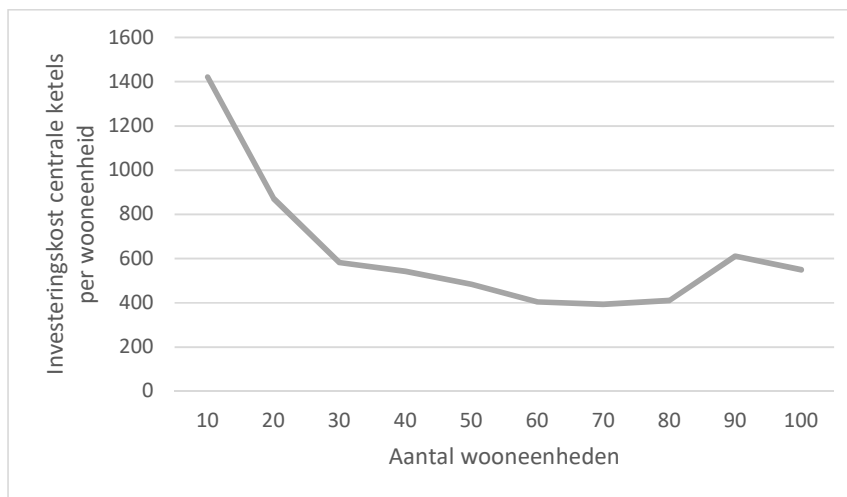
Centrale ROOKgasafvoer			
Aantal wooneenheden	WEINIG SCHACHTEN	VEEL SCHACHTEN	GEMIDDELDE
10	214,97	310,52	262,75
20	209,00	155,26	182,13
30	175,16	115,45	145,31
40	149,29	86,59	117,94
50	119,43	76,44	97,94
60	99,53	63,70	81,62
70	85,31	59,72	72,52
80	74,64	52,25	63,45
90	66,35	46,45	56,40
100	59,72	41,80	50,76
Decentrale rookgasafvoer			
Aantal wooneenheden	WEINIG SCHACHTEN	VEEL SCHACHTEN	GEMIDDELDE
10	806,48	817,74	812,11
20	791,52	696,61	744,07
30	789,85	690,84	740,35
40	784,04	714,76	749,40
50	805,30	889,31	847,31
60	781,55	853,65	817,60
70	811,74	840,65	826,20
80	780,30	845,29	812,80
90	792,16	848,90	820,53
100	779,09	779,09	779,09

Het volgende wat een invloed heeft op het verloop van Figuur 49 is de stookplaats bij centrale systemen. Bij deze stookplaats horen de gasketels, de gasinstallatie, pompen, expansievaten, drukstapontgassers, buffervat en alle appendages. Bij de appendages zijn ook de appendages van de schachten geteld omdat zij hetzelfde verloop kennen.

Het verloop van Figuur 52 wordt vooral bepaald door de kost prijs van de ketels. Dit is zichtbaar in Figuur 53, waar enkel de investeringskost voor de centrale ketels per wooneenheid wordt weergegeven..



Figuur 52: Investeringskost stookplaats per wooneenheid



Figuur 53: Investeringskost centrale ketels per wooneenheid

In beide van bovenstaande figuren vallen twee zaken op. Eerst is er tussen 10 en 30 appartementen een steilere dalende lijn als bij tussen de overige groottes. Ten tweede is er bij 90 opeens terug een stijging in investeringskost. Deze fenomenen zijn ook terug te vinden in Figuur 49 en zijn te wijten aan de prijssprongen van de Viessmann ketels. De ketels zijn allemaal ingedeeld per type met een bepaald vermogen bereik. In dit vermogen bereik zijn er dan verschillende groottes van ketels die een deel van dit bereik kunnen opwekken. De reden van de sprong bij 90 wooneenheden komt omdat vanaf 90 er een type nodig was met een groter bereik om het gevraagde vermogen te leveren, terwijl bij de overige hetzelfde type kon gebruikt worden maar enkel de grootte moest aangepast worden. Dit veranderen van type zorgt voor een grote verhoging van de investeringskost vandaar dat de grafiek terug stijgt.

De steilere lijn tussen 10 en 30 appartementen is te wijten aan het feit dat deze zich in de kleinere groottes bevinden, waar de prijssprongen tussen de verschillende ketels kleiner zijn en er dus sterkere dalingen zijn in investeringskost per wooneenheid. Daartegenover bevinden de gebouw groottes tussen 40 en 80 zich bij de grotere ketels van ditzelfde type waar de prijssprongen groter zijn. De verschillende types en groottes en hun prijzen van de verschillende gekozen ketels staan in Tabel 53.

Tabel 53: Gekozen ketels

Aantal wooneenheden	Type ketel	Grootte van de ketel	Prijs
10	Vitocrossal 100 CL1 69-318kw	CL10001 15-69kw	€ 5.096,7
20	Vitocrossal 100 CL1 69-318kw	CL10003 29-110kw	€ 6.326,6
30	Vitocrossal 100 CL1 69-318kw	CL10003 29-110kw	€ 6.326,6
40	Vitocrossal 100 CL1 69-318kw	CL10005 44-184kw	€ 7.942,9
50	Vitocrossal 100 CL1 69-318kw	CL10006 44-220kw	€ 8.892,8
60	Vitocrossal 100 CL1 69-318kw	CL10006 44-220kw	€ 8.892,8
70	Vitocrossal 100 CL1 69-318kw	CL10007 64-280kw	€ 10.143,0
80	Vitocrossal 100 CL1 69-318kw	CL10008 64-318kw	€ 12.154,8
90	Vitotronic 100 CC1E 123-630kw	CTU064 123-370kw	€ 20.520,5
100	Vitotronic 100 CC1E 123-630kw	CTU064 123-370kw	€ 20.520,5

Hiermee zijn de belangrijkste zaken die het verschil maken financieel tussen een centraal systeem en decentraal systeem. Tabel 54 op de volgende pagina geeft een totaaloverzicht van de verschillende investeringskosten.

Tabel 54: Samenvatting financiële vergelijking centraal en decentraal systeem met gasketels

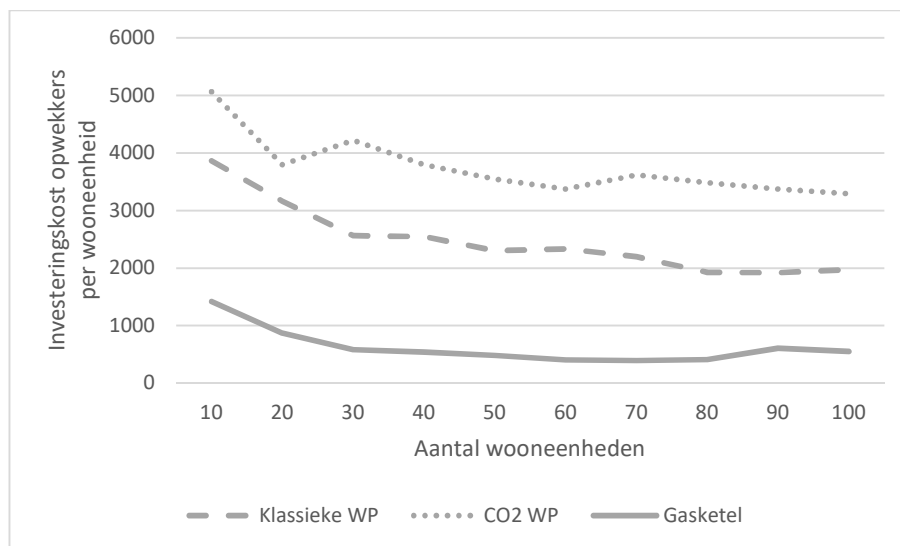
	Centraal						Totaal
	Gas- installatie	Satellieten	Stook- plaats	Leidingen	Appendages	Rookgas + Inreg	
10.1	3 821,95	14 595,60	25 499,53	4 037,94	4 793,86	2 635,94	55 384,82
10.2	3 821,95	14 595,60	25 528,05	8 495,46	5 420,58	3 740,98	61 602,62
20.1	4 115,60	29 191,20	31 478,30	12 295,44	8 278,69	5 002,85	90 362,08
20.2	4 115,60	29 191,20	31 478,30	16 662,84	9 361,61	4 189,78	94 999,33
30.1	4 634,43	43 786,80	31 619,87	16 052,16	10 619,80	6 339,52	113 052,58
30.2	4 634,43	43 786,80	31 619,87	20 379,66	11 985,45	4 809,87	117 216,08
40.1	4 634,43	58 382,40	38 937,94	22 907,28	13 776,05	7 317,90	145 956,00
40.2	4 634,43	58 382,40	38 937,94	29 905,56	15 418,90	5 221,27	152 500,50
50.1	7 047,71	72 978,00	41 593,08	28 549,44	16 336,25	7 654,50	174 158,98
50.2	7 908,15	72 978,00	41 593,08	34 693,02	17 284,98	5 841,36	180 298,59
60.1	8 194,01	87 573,60	44 074,28	34 510,14	18 842,90	7 916,30	201 111,23
60.2	8 194,01	87 573,60	44 074,28	42 854,94	20 300,92	6 177,96	209 175,71
70.1	8 194,01	102 169,20	47 374,80	39 573,90	23 198,68	8 252,90	228 763,49
70.2	8 194,01	102 169,20	47 374,80	45 567,60	23 784,60	6 798,05	233 888,26
80.1	9 465,41	116 764,80	53 027,36	45 183,12	24 886,78	8 514,70	257 842,17
80.2	9 465,41	116 764,80	53 027,36	50 606,82	25 981,99	7 134,65	262 981,03
90.1	9 465,41	131 360,40	76 127,83	50 867,02	27 816,98	8 851,30	304 488,94
90.2	9 465,41	131 360,40	76 127,83	59 714,64	28 549,38	7 471,25	312 688,91
100.1	10 771,89	145 956,00	76 127,83	51 473,22	29 505,08	9 113,10	322 947,12
100.2	10 771,89	145 956,00	76 127,83	62 894,40	30 237,48	7 695,65	333 683,25
	Decentraal						
	Gas- leidingen	Appendages	Ketels	Rookgas			Totaal
10.1	5 353,70	7 489,29	14 595,60	8 064,83			35 503,42
10.2	11 677,82	7 489,29	14 595,60	8 177,35			41 940,06
20.1	24 521,80	14 693,80	29 191,20	15 830,47			84 237,27
20.2	27 875,50	14 693,80	29 191,20	13 932,12			85 692,62
30.1	41 098,66	21 910,34	43 786,80	23 695,42			130 491,22
30.2	43 685,80	21 910,34	43 786,80	20 725,32			130 108,26
40.1	62 849,80	29 105,14	58 382,40	31 361,74			181 699,08
40.2	67 353,34	29 105,14	58 382,40	28 590,28			183 431,16
50.1	80 767,32	36 816,25	72 978,00	40 265,13			230 826,70
50.2	86 803,98	36 816,25	72 978,00	44 465,38			241 063,61
60.1	103 668,30	44 011,05	87 573,60	46 893,01			282 145,96
60.2	108 555,12	44 011,05	87 573,60	51 218,98			291 358,75
70.1	120 096,96	51 205,85	102 169,20	56 821,63			330 293,64
70.2	130 828,80	51 205,85	102 169,20	58 845,70			343 049,55
80.1	144 722,70	58 400,65	116 764,80	62 424,28			382 312,43
80.2	160 533,00	58 400,65	116 764,80	67 623,37			403 321,82
90.1	169 156,80	65 595,45	131 360,40	71 294,35			437 407,00
90.2	192 153,60	65 595,45	131 360,40	76 401,04			465 510,49
100.1	195 142,50	73 030,18	145 956,00	77 909,03			492 037,71
100.2	216 702,00	67 218,18	145 956,00	77 909,03			513 597,21

4.5.2 Vergelijking centrale energieproductiesystemen

Indien we nu de opwekker van de centrale systemen zouden vergelijken krijgen we Figuur 54. Hieruit kan men concluderen dat een CO₂-warmtepomp de grootste investering vraagt. Een klassieke warmtepomp is een goedkopere optie maar nog altijd vrij duur indien met dit zou vergelijken met een gasketel. Hierbij moet men ook rekening houden met het feit dat een boosterwarmtepomp ook een grotere investeringskost heeft dan een satelliet of decentrale ketel, dit wordt aangetoond in Tabel 55.

Tabel 55: Prijzen verschillende decentrale units

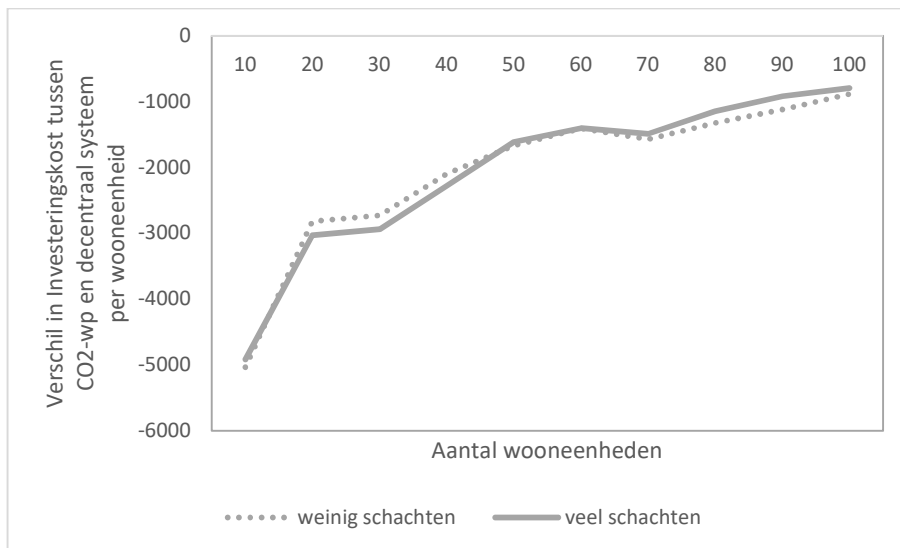
Satelliet met warmtewisselaar	€ 1459,56
Decentrale gasketel	€ 1459,56
Boosterwarmtepomp	€ 1789,56



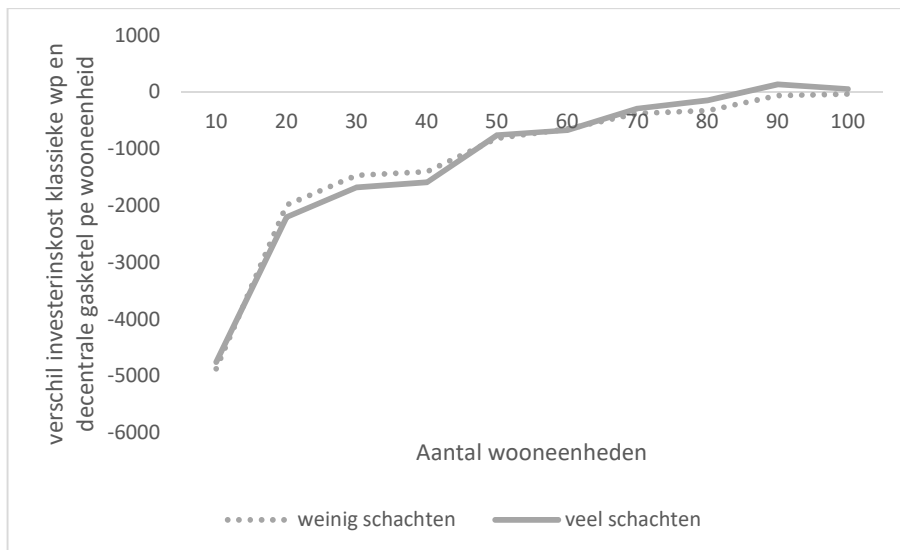
Figuur 54: Investeringskost opwekkers per wooneenheid

Behalve de opwekker en bij een klassieke warmtepomp de decentrale unit, verschillen deze centrale systemen voor de rest enkel door het feit dat de warmtepompen geen rookgasafvoer en gasinstallatie nodig hebben. Eventueel andere aanpassingen die moeten gebeuren om de warmtepompen te installeren zijn niet meegenomen in de volgende vergelijking.

We kunnen nu net als bij de centrale gasketel deze twee centrale systemen vergelijken met een decentraal systeem. Dit levert de Figuur 55 en Figuur 56 op.



Figuur 55: Verschil investeringskost CO2-wp en decentraal systeem per wooneenheid



Figuur 56: Verschil investeringskost klassieke wp en decentrale gasketel per wooneenheid

Uit bovenstaande figuren kunnen we concluderen dat de investeringskost van een CO2-warmtepomp te groot is op dit moment. Bij 100 wooneenheden is het nog steeds 800 euro duurder per wooneenheid dan een decentraal systeem met gasketels. Een klassieke warmtepomp daarentegen wordt tussen de 80 en 90 wooneenheden goedkoper dan een decentraal systeem met gasketels. Dit ondanks dat de boosterwarmtepomp een duurdere investering vraagt dan de decentrale gasketel. Het verschil tussen de gasleiding en de combilus en de afwezigheid van een rookgasafvoer en gasinstallatie, zijn de voornaamste oorzaken voor de stijgende lijnen op bovenstaande figuren.

Voor de volledigheid geeft Tabel 56 op de volgende pagina een overzicht van de verschillende investeringskosten van de centrale systemen met een CO2-warmtepomp en een klassieke warmtepomp.

Tabel 56: Samenvatting financiële vergelijking verschillende decentrale opwekkers

CO2-warmtepomp						
Indeling	Satellieten	Stookplaats	Leidingen	Appendages	Inregeling	Totaal
10.1	14 595,60	61 946,89	4 037,94	4 793,86	486,20	85 860,49
10.2	14 595,60	61 975,41	8 495,46	5 420,58	635,80	91 122,85
20.1	29 191,20	90 002,20	12 295,44	8 278,69	822,80	140 590,33
20.2	29 191,20	90 002,20	16 662,84	9 361,61	1 084,60	146 302,45
30.1	43 786,80	140 790,73	16 052,16	10 619,80	1 084,60	212 334,09
30.2	43 786,80	140 790,73	20 379,66	11 985,45	1 346,40	218 289,04
40.1	58 382,40	169 165,26	22 907,28	13 776,05	1 346,40	265 577,39
40.2	58 382,40	169 165,26	29 905,56	15 418,90	1 757,80	274 629,92
50.1	72 978,00	194 636,14	28 549,44	16 336,25	1 683,00	314 182,83
50.2	72 978,00	194 636,14	34 693,02	17 284,98	2 019,60	321 611,74
60.1	87 573,60	223 672,74	34 510,14	18 842,90	1 944,80	366 544,18
60.2	87 573,60	222 440,82	42 854,94	20 300,92	2 356,20	375 526,48
70.1	102 169,20	273 087,78	39 573,90	23 198,68	2 281,40	440 310,96
70.2	102 169,20	273 087,78	45 567,60	23 784,60	2 618,00	447 227,18
80.1	116 764,80	298 752,66	45 183,12	24 886,78	2 543,20	488 130,56
80.2	116 764,80	298 752,66	50 606,82	25 981,99	2 954,60	495 060,87
90.1	131 360,40	325 091,17	50 867,02	27 816,98	2 879,80	538 015,37
90.2	131 360,40	325 091,17	59 714,64	28 549,38	3 291,20	548 006,79
100.1	145 956,00	350 414,65	51 473,22	29 505,08	3 141,60	580 490,55
100.2	145 956,00	350 414,65	62 894,40	30 237,48	3 515,60	593 018,13
Klassieke warmtepomp						
Indeling	Booster	Stookplaats	Leidingen	Appendages	Inregeling	Totaal
10.1	17 895,60	49 952,08	4 037,94	4 793,86	486,20	77 165,68
10.2	17 895,60	49 980,60	8 495,46	5 420,58	635,80	82 428,04
20.1	35 791,20	77 361,31	12 295,44	8 278,69	822,80	134 549,44
20.2	35 791,20	77 361,31	16 662,84	9 361,61	1 084,60	140 261,56
30.1	53 686,80	91 105,48	16 052,16	10 619,80	1 084,60	172 548,84
30.2	53 686,80	91 105,48	20 379,66	11 985,45	1 346,40	178 503,79
40.1	71 582,40	119 206,09	22 907,28	13 776,05	1 346,40	228 818,22
40.2	71 582,40	119 206,09	29 905,56	15 418,90	1 757,80	237 870,75
50.1	89 478,00	132 607,61	28 549,44	16 336,25	1 683,00	268 654,30
50.2	89 478,00	132 607,61	34 693,02	17 284,98	2 019,60	276 083,21
60.1	107 373,60	159 766,21	34 510,14	18 842,90	1 944,80	322 437,65
60.2	107 373,60	159 766,21	42 854,94	20 300,92	2 356,20	332 651,87
70.1	125 269,20	173 740,96	39 573,90	23 198,68	2 281,40	364 064,14
70.2	125 269,20	173 740,96	45 567,60	23 784,60	2 618,00	370 980,36
80.1	143 164,80	174 082,36	45 183,12	24 886,78	2 543,20	389 860,26
80.2	143 164,80	174 082,36	50 606,82	25 981,99	2 954,60	396 790,57
90.1	161 060,40	194 063,15	50 867,02	27 816,98	2 879,80	436 687,35
90.2	161 060,40	194 063,15	59 714,64	28 549,38	3 291,20	446 678,77
100.1	178 956,00	218 740,55	51 473,22	29 505,08	3 141,60	481 816,45
100.2	178 956,00	218 740,55	62 894,40	30 237,48	3 515,60	494 344,03

4.6 Conclusie

In het financieel onderzoek werden eerst verschillende indelingen gevormd, waarop de investeringskost zou berekend worden. Hierin werden per gebouwgrootte twee indelingen gemaakt: één met weinig schachten en één met veel schachten. Na dat deze indelingen gemaakt zijn, konden we alle componenten van zowel de centrale systemen als het decentrale systeem dimensioneren voor al deze indelingen. Hierna konden voor alle componenten eenheidsprijzen gezocht worden bij de verschillende leveranciers. Met deze eenheidsprijzen kon vervolgens de investeringskost voor iedere indeling berekend worden, waarmee de vier verschillende configuraties over alle gebouwgroottes en indelingen konden vergeleken worden.

Uit het financieel onderzoek kunnen we nu verschillende conclusies trekken. Eerste en vooral wordt een centraal systeem met gasketels goedkoper dan een decentraal systeem met gasketels tussen de 20 en 30 wooneenheden. Bij 30 wooneenheden is een centraal systeem immers 581 euro en 430 euro, afhankelijk van de indeling, per wooneenheid goedkoper. Dit verschil blijft ook bij grotere gebouwgroottes toenemen. Hierdoor kunnen we stellen dat vanaf 25 wooneenheden men volgens de investeringskost altijd moet kiezen voor een centraal systeem met een gasketel.

Dit spreekt het idee dat in de bouwsector leeft tegen, namelijk dat een decentraal systeem altijd goedkoper uit komt. Het referentiegebouw gebruikt in Hoofdstuk 2: is hiervan een mooi voorbeeld. Dit appartementencomplex bestaat uit 29 wooneenheden en de projectontwikkelaar stond erop dat er een decentraal systeem geïnstalleerd werd. Na vele vergaderingen en discussies heeft Deltha deze projectontwikkelaar er uiteindelijk toch kunnen van overtuigen dat een centraal systeem goedkoper ging zijn, wat achteraf ook inderdaad de goedkoopste oplossing was.

Wij hebben in dit hoofdstuk ook aangetoond dat het voornaamste verschil tussen een decentraal systeem en centraal systeem de leidingen en de rookgasafvoer zijn. Het is namelijk zo dat bij een decentraal systeem per wooneenheid een aparte gasleiding uit het tellerlokaal in de kelder nodig is. Zo is het ook nodig dat iedere ketel een lucht aanvoer en toevoer heeft en ondanks dat men hier gemeenschappelijk systemen per schacht ontwikkeld heeft is dit nog altijd een grote investering per wooneenheid. Omwille van deze twee componenten zal de investeringskost per wooneenheid van een decentraal ook toenemen bij grotere gebouwgroottes. Dit in tegenstelling tot de combilus en de rookgasafvoer van een centraal systeem. Deze investeringen worden namelijk steeds verdeeld over meerdere wooneenheden waardoor de investeringskost per wooneenheid afneemt.

Een belangrijke investering die vooral tussen de 10 en 30 wooneenheden een rol speelt is de stookplaats. Bij kleinere appartementsgebouwen is deze investering per wooneenheid nog te groot in vergelijking met decentrale systemen. De kost van de stookplaatsen neemt echter bij een stijgende gebouwgrootte niet snel toe, waardoor de investeringskost per wooneenheid drastisch afneemt en het centraal systeem goedkoper wordt bij grotere appartementsgebouwen.

Het laatste wat in dit hoofdstuk besproken is zijn eventuele andere opwekkers dan een gasketel voor een centraal systeem. Hierbij zijn zowel een klassieke warmtepomp als een CO₂-warmtepomp besproken. De warmtepompen bleken echter een grotere investering te zijn dan de gasketel. Hierdoor wordt een centraal systeem met een CO₂-warmtepomp voor de onderzochte gebouwgroottes nooit goedkoper dan een decentraal systeem met gasketels. Een klassieke warmtepomp daarentegen wordt wel goedkoper als een decentraal systeem met gasketels. Dit is echter wel pas het geval bij appartementsgebouwen van 80 appartementen of meer. Deze twee alternatieve opwekkers zijn dus een groenere oplossing maar op dit moment ook een zeer dure investering.

Hoofdstuk 5: Besluit

De masterthesis is verwezenlijkt in samenwerking met het ingenieursbureau Deltha ten Diepenbeek. De masterthesis had als doel om een vergelijking te maken tussen decentrale en centrale verwarmingssystemen in appartementsgebouwen. Dit met de bedoeling om de belemmeringen die projectontwikkelaars rond centrale verwarmingssystemen vaak aanhalen in kaart te brengen en eventueel te weerleggen. Deze centrale verwarmingssystemen zijn een ideaal transitiemiddel naar warmtenetten, waar dat de dag van vandaag het 'kip en ei' probleem rond geldt, namelijk moeten er eerst afnemers zijn of eerst een warmtenet. Dit probleem kan via centrale verwarmingssystemen opgelost worden. Deze warmtenetten kunnen op hun beurt dan weer bijdrage tot de CO₂-uitstoot vermindering waarmee de opwarming van de aarde wordt tegengegaan.

De twee voornaamste belemmeringen zijn de EPB-wetgeving en de investeringskost, deze zijn in de masterthesis dan ook onderzocht. EPB is de wetgeving die eisen stelt aan de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen. Dit gebeurt in de vorm van een S-peil en E-peil. S-peil legt eisen op aan de gebouwschil terwijl het E-peil eisen oplegt aan de energieprestaties van een gebouw. In dit E-peil scoren centrale systemen slechter omwille van het energieverlies dat gepaard gaat met de combilus, die het warmwater door het appartementsgebouw verdeelt. Verder zijn de meeste projectontwikkelaars en bouwheren van mening dat zo'n centraal systeem een hogere investeringskost met zich mee brengt dan een decentraal systeem.

Om deze twee belemmeringen in kaart te brengen zijn we in de masterthesis als volgt te werk gegaan. Eerst zijn er vier verschillende verwarmingssystemen vastgelegd die in de masterthesis onderzocht zouden worden, dit zijn: een decentraal systeem met individuele gasketels, een centraal systeem met een gasketel, een centraal systeem met een klassieke warmtepomp en een centraal systeem met een CO₂-warmtepomp. Vervolgens werd voor de eerste drie systemen een EPB-onderzoek gedaan aan de hand van een parameterstudie in de EPB-software. De huidige EPB-software is niet geschikt voor het simuleren van een CO₂-warmtepomp. Vandaar dat dit niet gesimuleerd werd. Voor de uitvoering van de simulaties werd er eerst een referentiegebouw gedefinieerd dat aan het S-peil van 2021 voldeed. Vervolgens werden de warmteverliezen doorheen een combilus berekend aan de hand van correlaties uit de warmteoverdracht. Deze berekening en resultaten werden vervolgens vergeleken met de EPB-berekening en resultaten. Ten slotte werd voor de vier verschillende systemen de investeringskost bepaald en vergeleken. Dit werd gedaan voor verschillende gebouwgroottes en verschillende indelingen van de schachten aangezien deze een rol spelen in het bepalen van de investeringskost.

Uit het EPB-onderzoek bleek dat een centraal systeem hier slechter scoort dan een decentraal systeem. Het centraal systeem met gasketels haalde gemiddeld een E-peil van 44, terwijl het decentrale systeem met gasketels een E-peil haalde van 36. De centrale warmtepomp haalde een E-peil van 39. Dit is te wijten aan de verliezen van de combilus en het feit dat bij centrale systemen de decentrale warmtewisselaar voor de productie van warm tapwater niet onder de ecodesign richtlijn valt, wat een nadelig effect heeft op het E-peil. Echter bleek wel dat bij een toenemend aantal wooneenheden het E-peil van de centrale systemen afnam. Dit omwille van het feit dat de verliezen van de combilus niet evenredig mee stijgen met het aantal appartementen en deze dus verdeeld kunnen worden over meerdere appartementen.

Als laatste in de EPB-parameterstudie werd nog getracht om een E-peil van 30 te halen, wat de eis is tegen 2021, door een aantal bouwparameters positief te beïnvloeden. Het bleek mogelijk voor decentrale systemen met gasketels of warmtepompen om E30 te halen. Ook het centrale systeem met warmtepomp haalde E30, indien een warmtepomp met een SCOP van 5 gebruikt werd en het aangepaste referentiegebouw gebruikt werd.

Uit de berekeningen van de warmteverliezen van de combilus aan de hand van warmteoverdrachtcorrelaties werd aangetoond dat deze verliezen per wooneenheid eerder beperkt zijn. Deze verliezen zijn namelijk kleiner dan de verluchting/ventilatorverliezen van een wooneenheid. Uit de vergelijking van de berekening en resultaten van de eigen berekeningen aan de hand van warmteoverdrachtcorrelaties en de EPB-berekeningen bleek dat EPB een aantal factoren overschat of extra in rekening brengt. Zo wordt ten eerste de convectiecoëfficiënt door de EPB-berekening met 5-7 W/m²K overschat. Een tweede verschil is dat voor het elektrisch verbruik van het pompsysteem door EPB gerekend met het maximaal vermogen van deze pompen, terwijl deze pompen zelden op dit maximaal vermogen draaien. Op welke vermogens deze pompen wel draaien gedurende het jaar is afhankelijk van de verschillende piekdebieten en kan in verder onderzoek nog onderzocht worden.

Een derde verschil is dat EPB de warmteverliezen van de individuele warmtewisselaars voor de productie van warm tapwater in rekening brengt. Deze warmtewisselaars bevinden zich echter in het appartement wat maakt dat deze verliezen enkel buiten het stookseizoen als verliezen gerekend moeten worden. Als laatste past EPB ook nog een correctiefactor toe op de warmteverliezen voor het optreden van eventuele koudebruggen. Deze correctiefactor varieert tussen de 1,1 en 2, wat dus maakt dat in worstcasescenario de warmteverliezen verdubbelen. Een EPB-verslaggever zal echter vaak uitgaan van dit worstcasescenario omdat deze de kwaliteit van de installatie en afwerking van de combilus niet kan garanderen. Dit spreekt in het voordeel van complete bouwteams waar deze kwaliteit wel gegarandeerd kan worden. Of deze correctiefactoren correct zijn dient kan in verder onderzoek nog onderzocht worden.

Tenslotte bleek uit de financiële studie dat een decentraal systeem met individuele gasketels tot 25 wooneenheden een lagere investeringskost eist. Vanaf 25 wooneenheden wordt een centraal systeem met gasketels echter goedkoper en dit verschil neemt toe bij een stijgend aantal wooneenheden. Het centrale systeem met klassieke warmtepompen wordt goedkoper als een decentraal systeem met gasketels vanaf 80 wooneenheden. Het centrale systeem met CO₂-warmtepomp blijkt vraagt bij 100 wooneenheden nog steeds een grotere investering dan het decentrale systeem met individuele gasketels.

Hiermee zijn de eerder aangehaalde belemmeringen voor een stuk in kaart gebracht. In verder onderzoek kan echter nog andere systemen zoals decentrale warmtepompen, een centrale WKK, etc. onderzocht worden. Zoals eerder aangehaald kan de correctheid van de koudebrugcorrectiefactor in verder onderzoek onderzocht worden, als ook het verbruik van het pompsysteem bij een combilus.

Literatuurlijst

- [1] “Buildings - European Commission.” [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>. [Accessed: 28-May-2018].
- [2] B. Martens, “Europees beleid warmtenetten,” 2015. [Online]. Available: http://www.energik.be/uploads/5/3/5/2/53528353/bart_martens.pdf. [Accessed: 09-May-2018].
- [3] Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, “Aardgasvrij | RVO.nl.” [Online]. Available: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/aardgasvrij>. [Accessed: 02-May-2018].
- [4] Ministerie van Economische Zaken, “Energieagenda - naar een CO₂-arme energievoorziening,” p. 120, 2016.
- [5] VEA, “Overzicht warmtenetten in Vlaanderen.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/overzicht-warmtenetten-in-vlaanderen>. [Accessed: 11-May-2018].
- [6] N. Renders *et al.*, “Warmte in Vlaanderen,” INFRA_X, 2015.
- [7] Euroheat & Power, “Country Profiles Archives: District Energy,” 2017.
- [8] “Geothermie | VITO.” [Online]. Available: <https://geothermie.vito.be/nl>. [Accessed: 30-May-2018].
- [9] “Onze geologen brengen bronnen voor aardwarmte in kaart | Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.” [Online]. Available: <https://www.naturalsciences.be/nl/news/item/5670>. [Accessed: 30-May-2018].
- [10] N. Hoogervorst, “Toekomstbeeld Klimaatneutrale warmtenetten in Nederland Beleidsstudie,” Den Haag, 2017.
- [11] “HSF EcoAdvance Combi - Montage instructie & gebruikshandleiding.” .
- [12] J. Sarkar, S. Bhattacharyya, and M. Ramgopal, “Performance of a Transcritical CO₂ Heat Pump for Simultaneous Water Cooling and Heating,” vol. 721302, pp. 128–134, 2010.
- [13] Dirk Jacobs, “Quartier Bleu Hasselt koelt en verwarmt met grondwater - De Standaard,” *Stand.*, 2017.
- [14] “Sensenergy.” [Online]. Available: <http://www.sensenergy.be/>. [Accessed: 16-May-2018].
- [15] “EPB-software - Energiesparen.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/EPB-pedia/software>. [Accessed: 02-May-2018].
- [16] “EPW-methode - Energiesparen.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/EPB-pedia/rekenmethode/E-peil/EPW>. [Accessed: 16-May-2018].
- [17] “Inrekening van een combibus in het kader van de energieprestatieregelgeving.”
- [18] EPC-platform, “EPB regelgeving - EPB wetgeving.” [Online]. Available: <http://www.epc-platform.be/bouw-verbouw/epb-verslaggeving/epb-regelgeving/>. [Accessed: 16-May-2018].
- [19] Vlaams Energieagentschap, “Wijzigingen aan de EPB-eisen en -regelgeving vanaf 2017,” 2017.

- [20] VEA, “tweejaarlijkse evaluatie van de energieprestatieregelgeving 2015,” 2016.
- [21] VEA, “Vlaams Energieagentschap Tweejaarlijkse evaluatie energieprestatieregelgeving 2013,” 2013.
- [22] VEA, “Wijzigingsvoorstellen berekeningsmethodiek door stakeholders,” 2013.
- [23] A. Verspeurt and M. Bonnarens, “Het ABC van de energieprestatieregelgeving,” 2017. .
- [24] VEA, “Bijlage VII van het Energiebesluit,” 2017.
- [25] VEA, “U- en R-waarden: eisentabellen - Energiesparen.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/EPB-pedia/U-en-R/eisentabellen>. [Accessed: 02-May-2018].
- [26] VEA, “S-peil - Energiesparen.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/EPB-pedia/S-peil>. [Accessed: 30-May-2018].
- [27] MijnEPB, “wijzigingen EPB-regelgeving voor 2018: S-peil en strengere eisen,” 2017. [Online]. Available: <http://www.mijnepb.be/epb-wijzigingen-2018-s-peil/>.
- [28] VEA, “Ventilatie - Energiesparen.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/ventilatie>. [Accessed: 30-May-2018].
- [29] “Mogelijkheden tot verlaging van het E-peil,” *WTCB*, 2010.
- [30] Vlaams Energie Agentschap, “Ventilatie document residentieel,” 2016.
- [31] “Oververhitting in residentiële gebouwen - WTCB.” Departement “Akoestiek, Energie en Klimaat”, *WTCB*, 2014.
- [32] VEA, “Beperken van oververhitting.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/EPB-pedia/oververhitting>. [Accessed: 16-May-2018].
- [33] VEA, “E-peil - Energiesparen.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/bouwen-en-verbouwen/epb-pedia/epb-plichtig-toepassing-en-eisen/e-peil-s-peil-hernieuwbare-energie-en-andere-epb-eisen/e-peil>. [Accessed: 02-May-2018].
- [34] VEA, “EPB-eisen vanaf 1 januari 2021,” 2018. .
- [35] B. Bleys, “Ecodesign en energie-etikettering voor SWW-productietoestellen • WTCB,” 47, 2015. [Online]. Available: <https://www.wtcbe.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact47&art=714>. [Accessed: 03-May-2018].
- [36] B. Van Eyndt, “Energieprestaties bij woningen: Met EPB op weg naar BEN,” 2014.
- [37] “NIBE water/water warmtepompen.” [Online]. Available: <https://www.nibenl.eu/producten/waterwater-warmtepompen/nibe-fi245/#downloads>. [Accessed: 31-May-2018].
- [38] P. Fonda, M. Kelsy, N. Wilkowski, and J. Woodley, “Determination of the Thermal conductivity for various insulated can holders,” pp. 1–16, 2016.
- [39] Y. A. Çengel and A. J. Ghajar, “Natural Convection,” in *Heat and Mass Transfer*, 5th ed., Singapore: McGraw Hill Education, 2015, pp. 531–595.
- [40] V. Endura, “Technische fiche Endura ® Delta 330-380-450,” vol. 32, no. 0, p. 2,6,10.
- [41] VEA, “Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik.” [Online]. Available: <https://www.energiesparen.be/bouwen-en-verbouwen/epb-pedia/rekenmethode/e-peil/epw/karakteristiek-jaarlijks-primair-energieverbruik>. [Accessed: 17-May-2018].

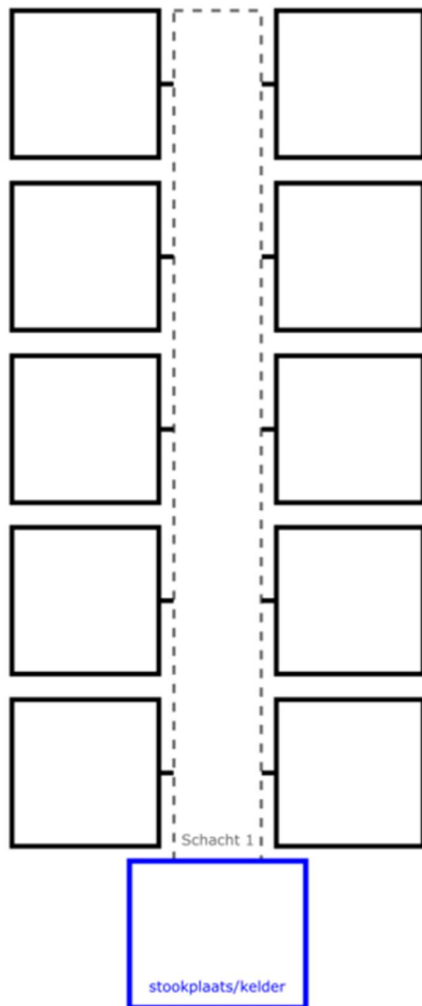
- [42] “bijlage V Energiebesluit van 19 november 2010.” 2013.
- [43] “aandachtspunten bij het toepassen van circulatieleidngge.” [Online]. Available: <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/circulatieleidingen.pdf>. [Accessed: 20-May-2018].
- [44] “GRUNDFOS - MAGNA3 65-120 F.” [Online]. Available: https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?from_suid=152681248371609341557405983512&pumpsystemid=378665362&qcid=378703360. [Accessed: 20-May-2018].
- [45] “GRUNDFOS - MAGNA3 50-40 F.” [Online]. Available: https://product-selection.grundfos.com/product-detail.catalogue.product-families.magna3.html?from_suid=152774796093409672198869528084&pumpsyste mid=384154584&qcid=384154620. [Accessed: 31-May-2018].
- [46] S. Tecniche and E. G. Degli, “LE POMPE DI CALORE NEL CONTESTO ATTUALE,” 2016.
- [47] “Tetra SWW.” [Online]. Available: <https://www.tetra-sww.be/>. [Accessed: 16-May-2018].
- [48] Jeroen Schreurs, “Instal 2020 en tetra SWW brengen verwarmingsverbruik in kaart,” *Install. en Bouw*, vol. 2, 2016.
- [49] “Instal2020 - verwarming en sanitair water gecombineerd.” [Online]. Available: <https://www.instal2020.be/>. [Accessed: 16-May-2018].
- [50] K. Gerin, O.; Bleys, B.; De Cuyper, “Seasonal variation of hot and cold water consumption in apartment buildings,” *CIBW06 Symp.*, pp. 1–9, 2014.
- [51] O. Gerin, B. Bleys, and K. De Cuyper, “Domestic hot water consumption in apartment buildings,” in *Symposium 2015*, 2015.
- [52] “DIN 1988-300, Codes of practice for drinking water installations-Part 300: Pipe sizing,” Berlin, 2012.
- [53] “NBN EN 806-3 Eisen voor drinkwaterinstallaties in gebouwen-Deel 3: Maatbepaling van Pijpleidingen,” 2006.
- [54] V. Gey, *Technische Fiche Giacomini satelliet Serie GE556*, no. July. 2016.
- [55] “Kooltherm | Kingspan |.” [Online]. Available: <https://www.kingspan.com/blx/nl-be/producten/isolatie/vacuum-resol-pir-isolatie/leidingisolatie/kooltherm>. [Accessed: 09-May-2018].
- [56] “Leidingisolatie ROCKWOOL 810.” [Online]. Available: <http://www.rockwool.be/producten/rockwool-810/>. [Accessed: 09-May-2018].
- [57] “Rockwool ProRox PS 960.” [Online]. Available: <http://www.rockwool-rti.com/nl-be/producten/prorox-ps-960-2/>. [Accessed: 09-May-2018].
- [58] “Isolatieschalen | Isolatec.” [Online]. Available: <https://www.isolatec.be/nl-nl/schalen-fp>. [Accessed: 09-May-2018].
- [59] “Technisch productblad Rockwool prorox PS 960.”
- [60] “Technisch productblad Rockwool 810.”
- [61] *Booster Warmtepomp (BWP)|Ithodaalderop|productblad*. 2014, pp. 1–8.
- [62] B. Bleys, P. Van Den Bossche, and X. Kuborn, “Measurements of water consumption in apartment buildings,” no. 1, pp. 437–444, 2012.

- [63] J. De Schutter and O. Gerin, “Tapprofielen: Onderzoek en aanbevelingen,” 2014.
- [64] “Grundfos MAGNA3 Pompselectie.” [Online]. Available: https://product-selection.grundfos.com/catalogue.product_families.q%26h_magna3.html?custid=GPA&familycode=MAGNA3&flow=o&head=o&lang=ENU&qcid=365378293&time=1526159335913. [Accessed: 12-May-2018].
- [65] “Ubbink - Ubbink Belgium | Specialist in rookgasafvoer en ventilatie.” [Online]. Available: <http://www.ubbink.be/Produits/rookgasafvoer/CLV-Systemen/CLV-PP-GALVA-in-overdruk.aspx>. [Accessed: 13-May-2018].
- [66] VEA, “EPW bijlage vergunningen 2018-01-01,” 2018.

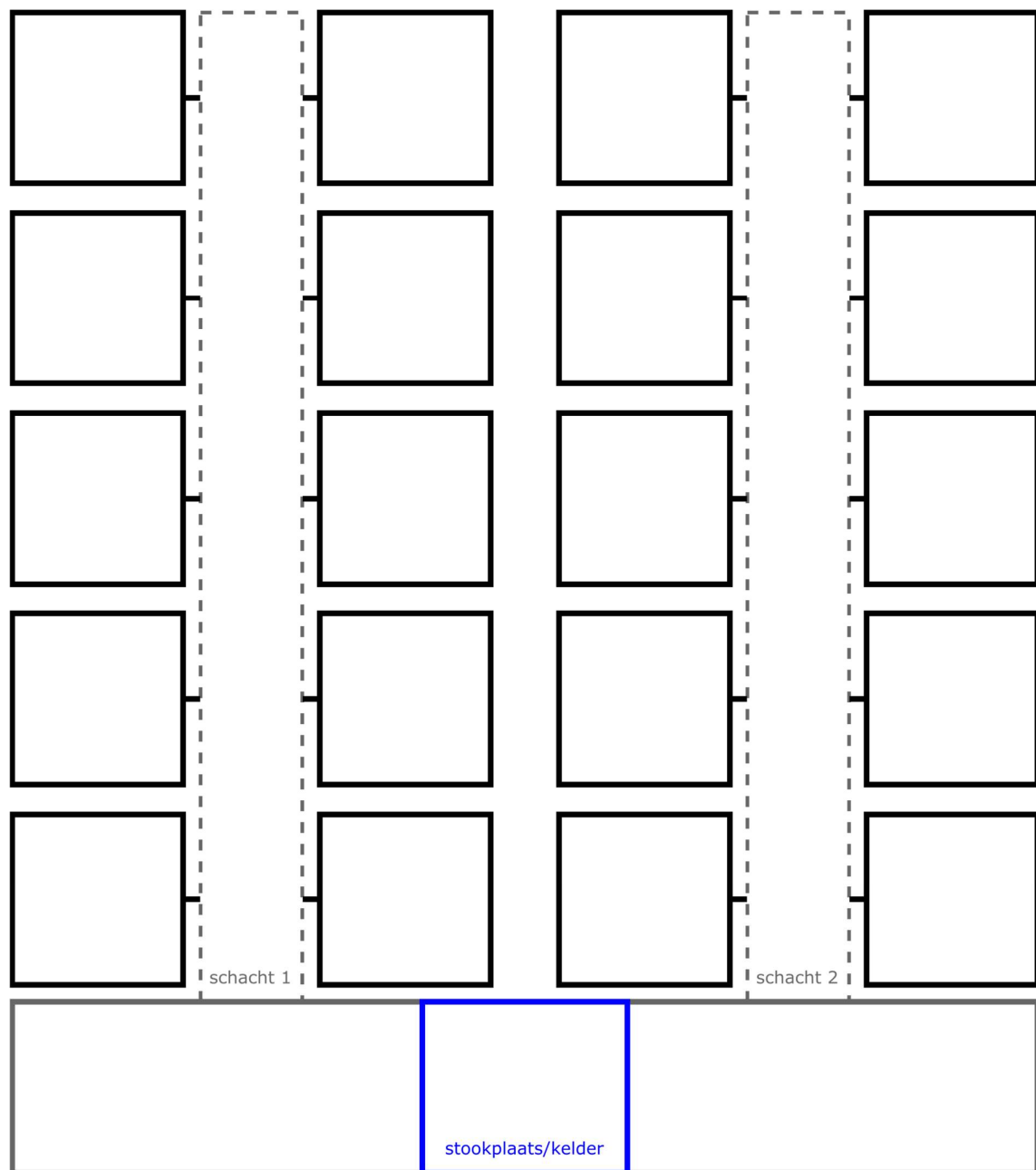
Bijlage A: Indelingen

A.1 Indelingen volgens minimaal aantal schachten

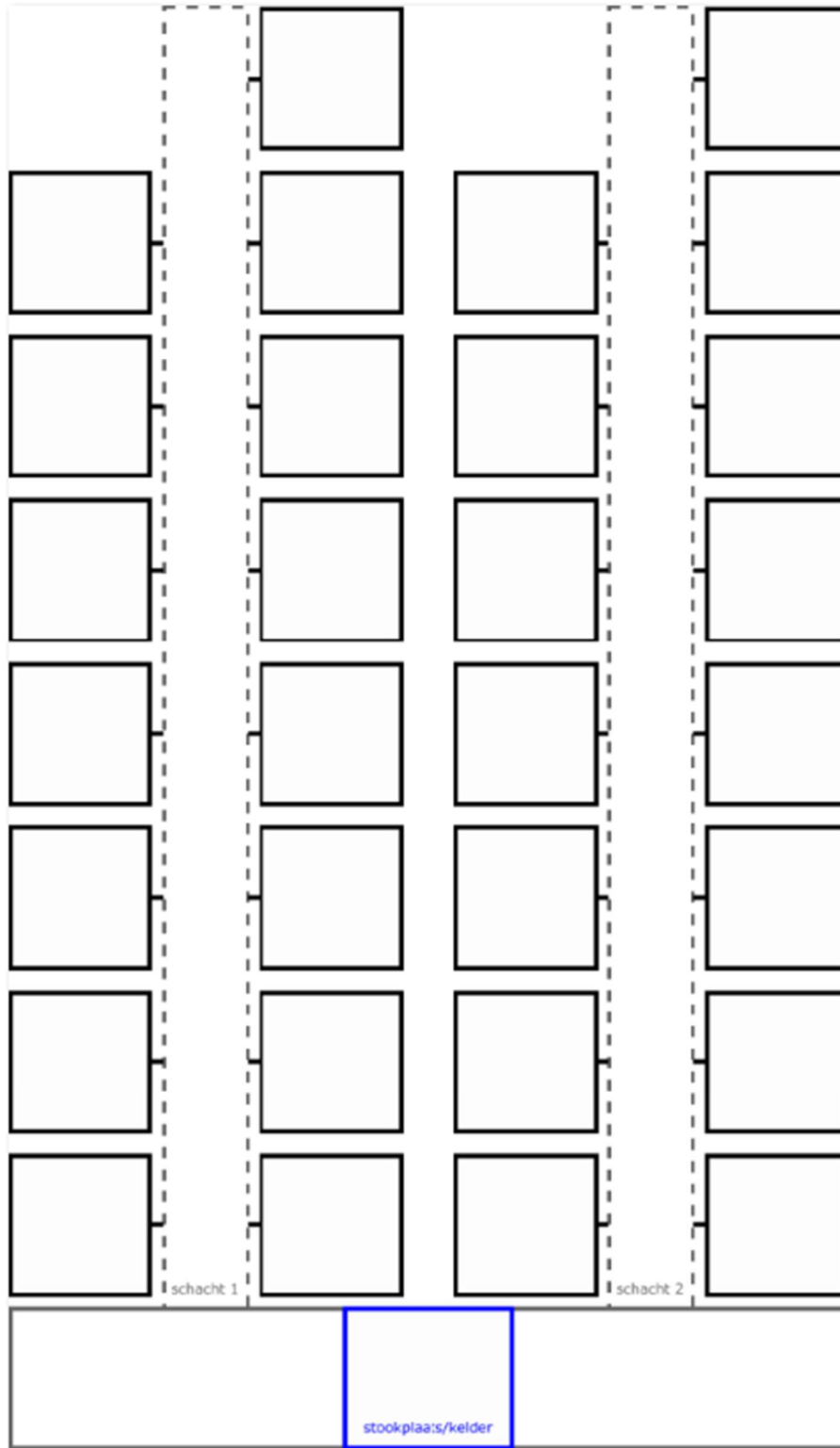
A.1.1 Indeling 10.1



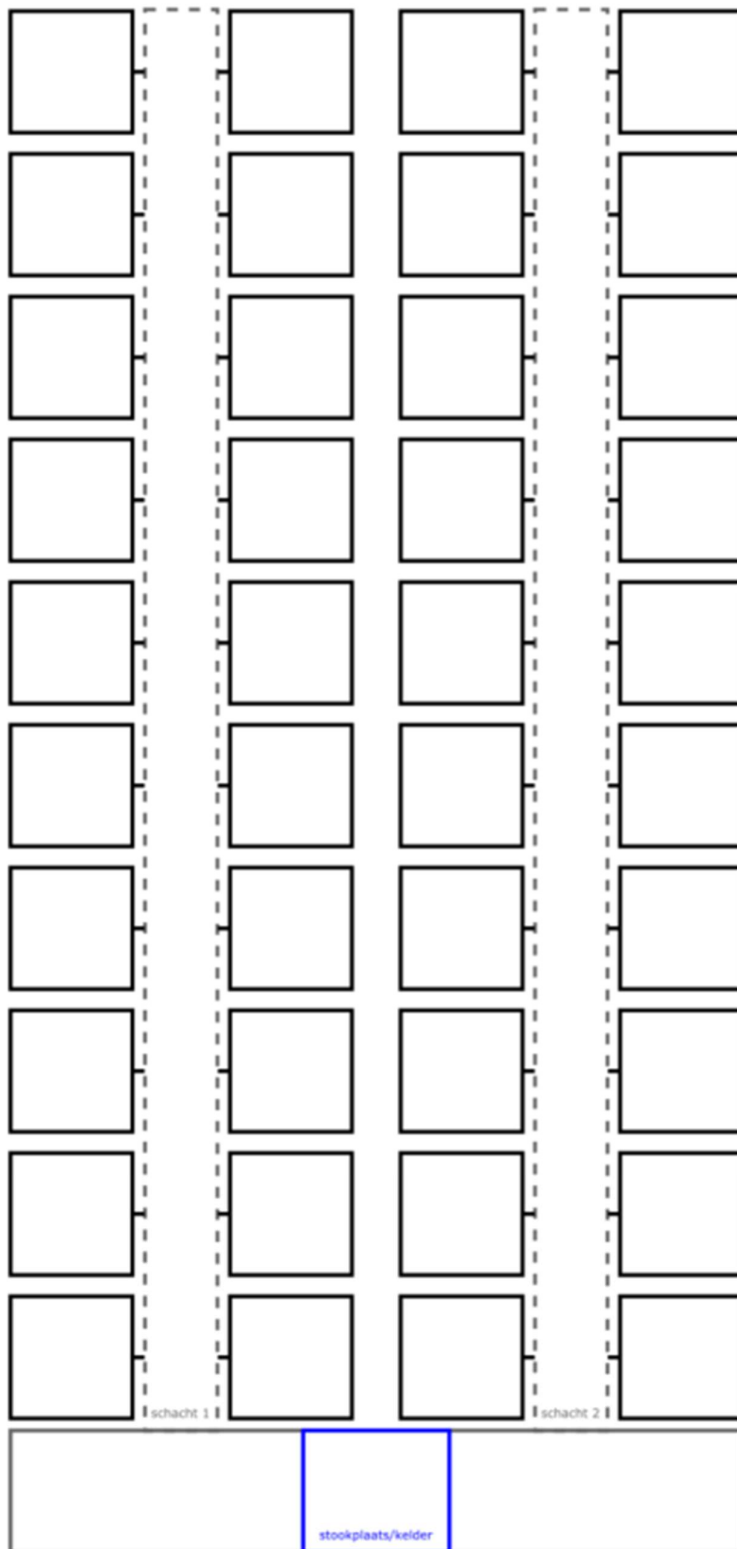
A.1.2 Indeling 20.1



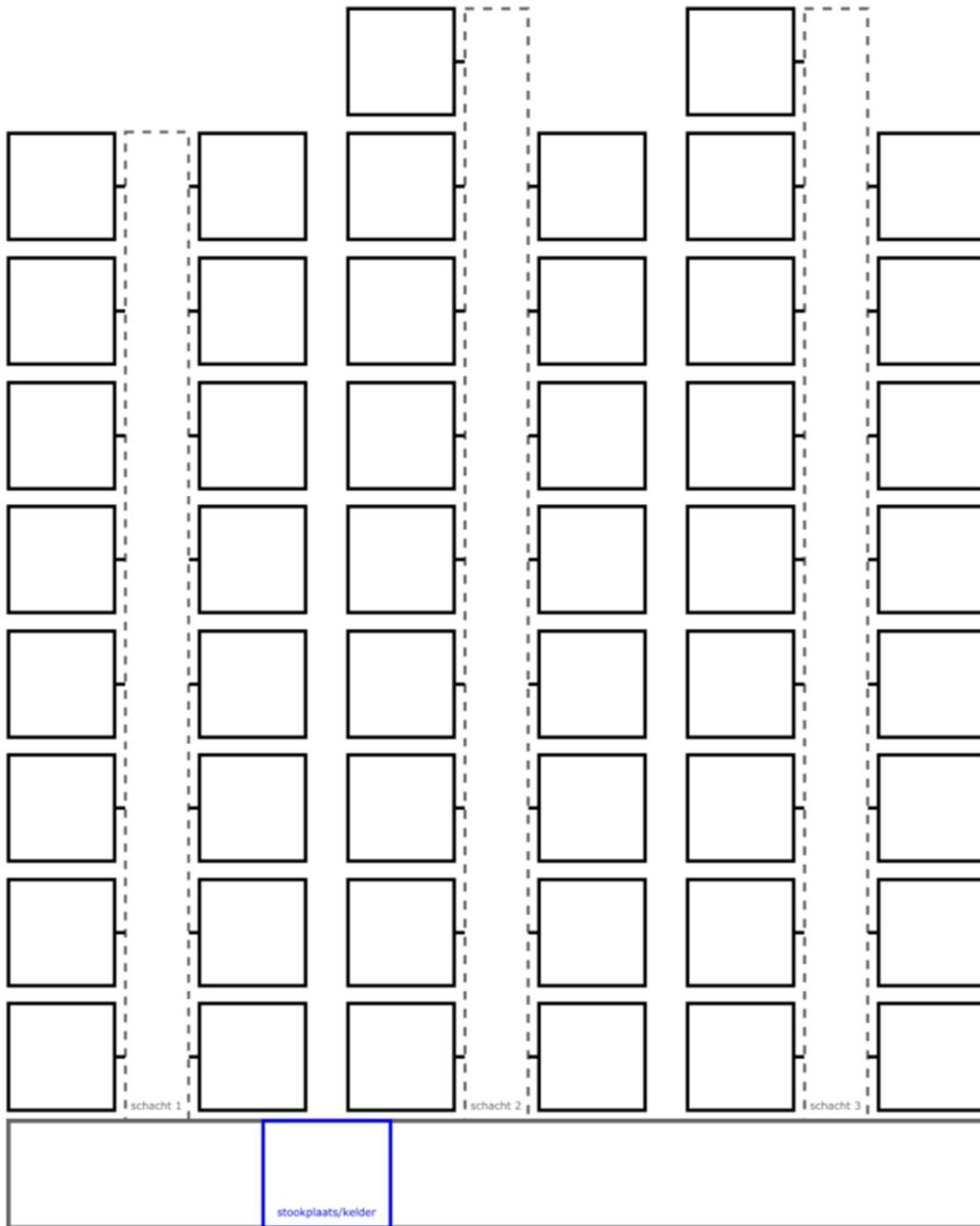
A.1.3 Indeling 30.1



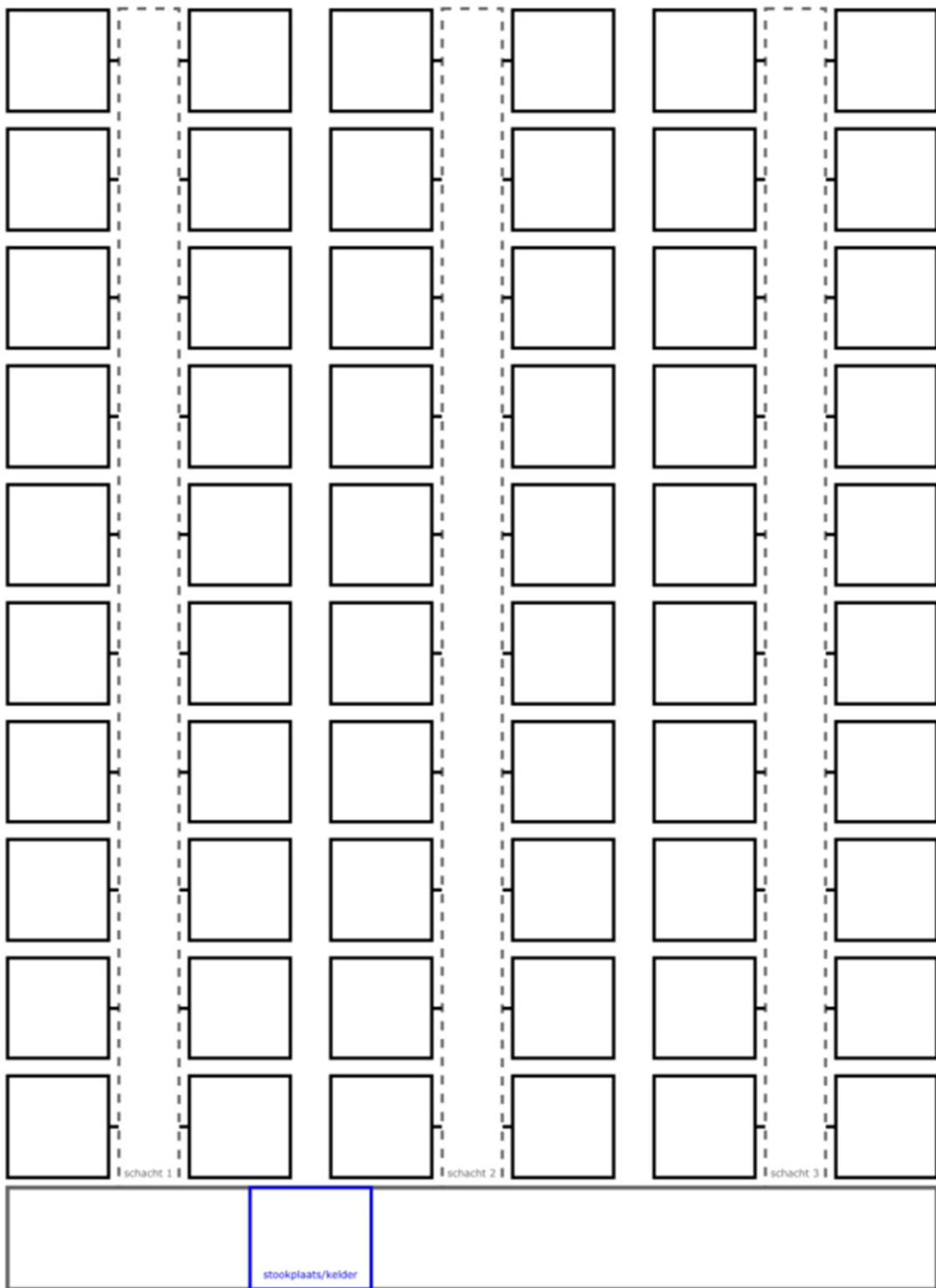
A.1.4 Indeling 40.1



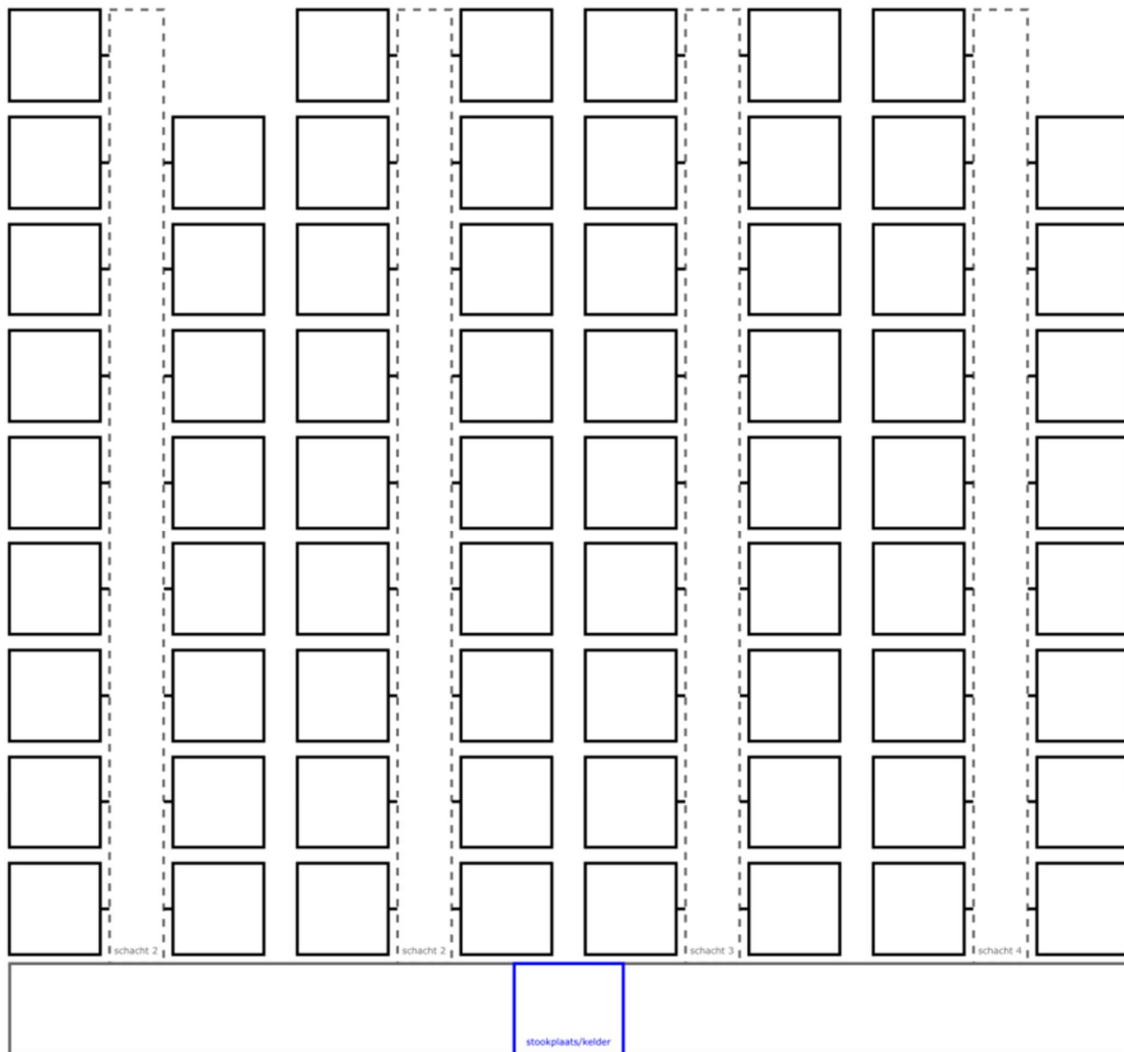
A.1.5 Indeling 50.1



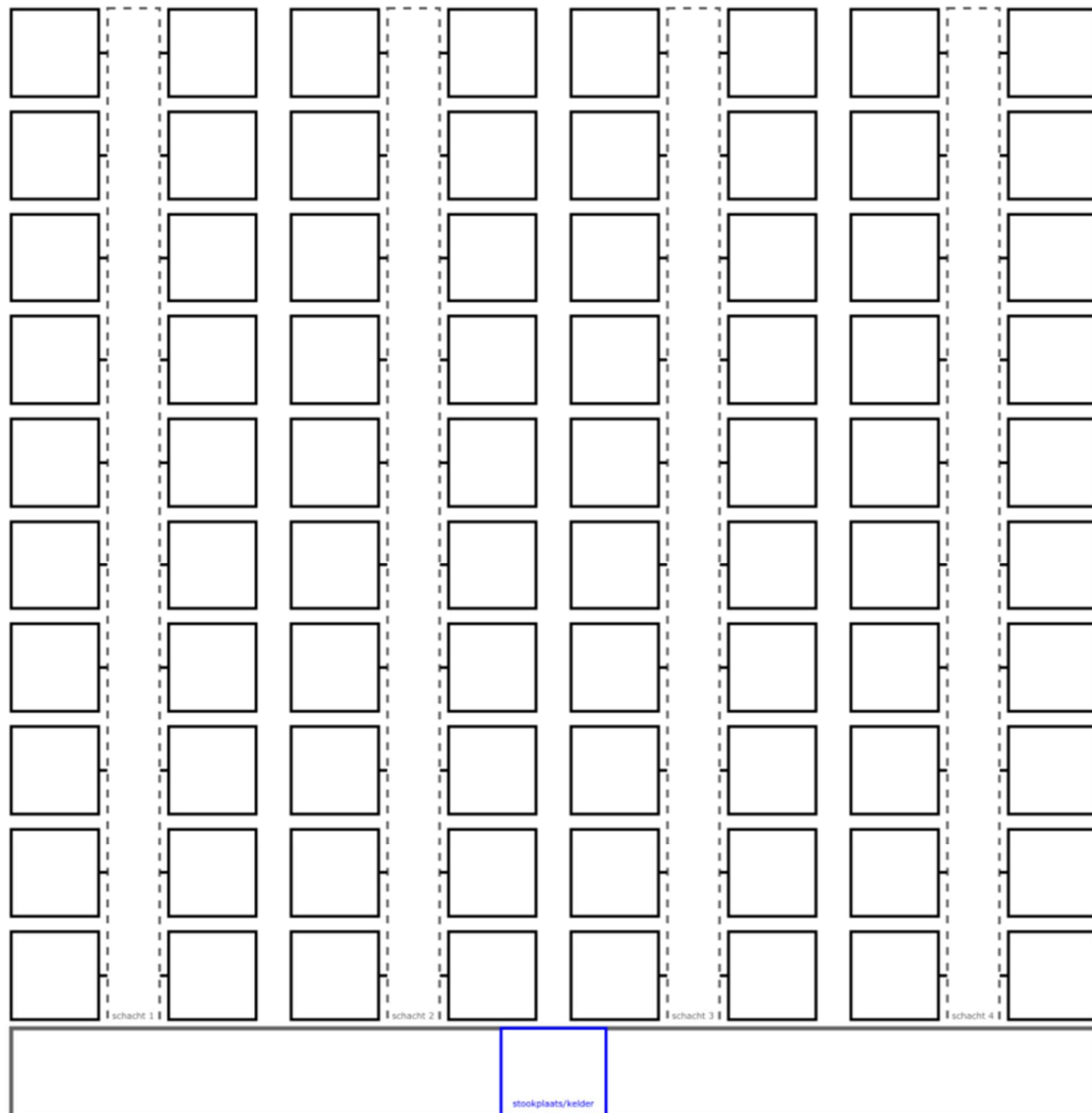
A.1.6 Indeling 60.1



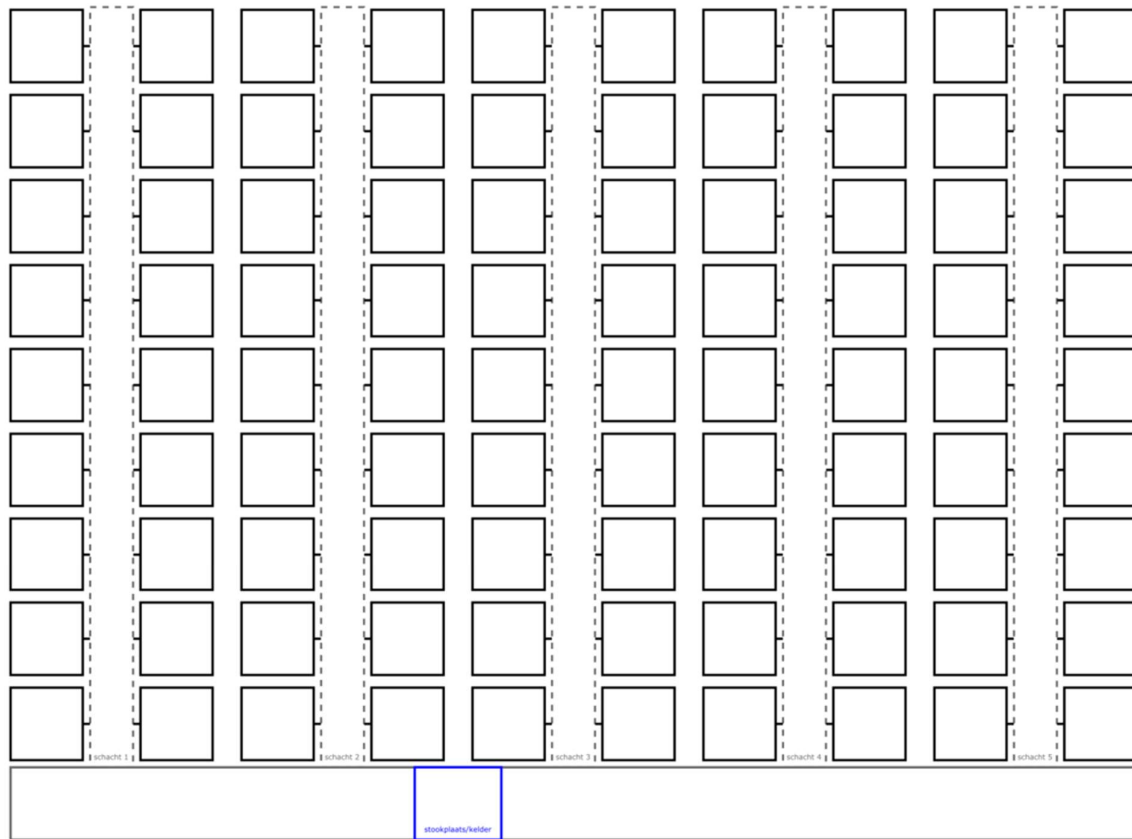
A.1.7 Indeling 70.1



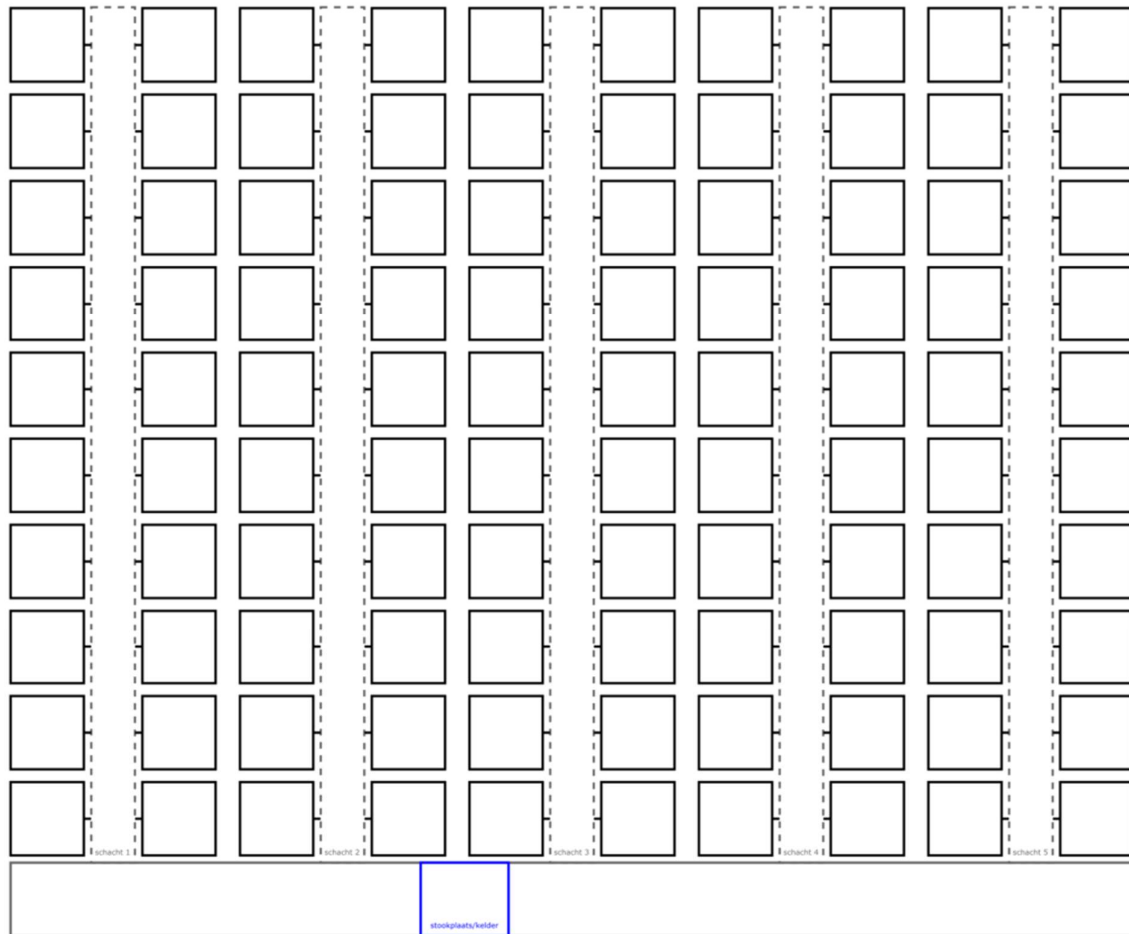
A.1.8 Indeling 80.1



A.1.9 Indeling 90.1

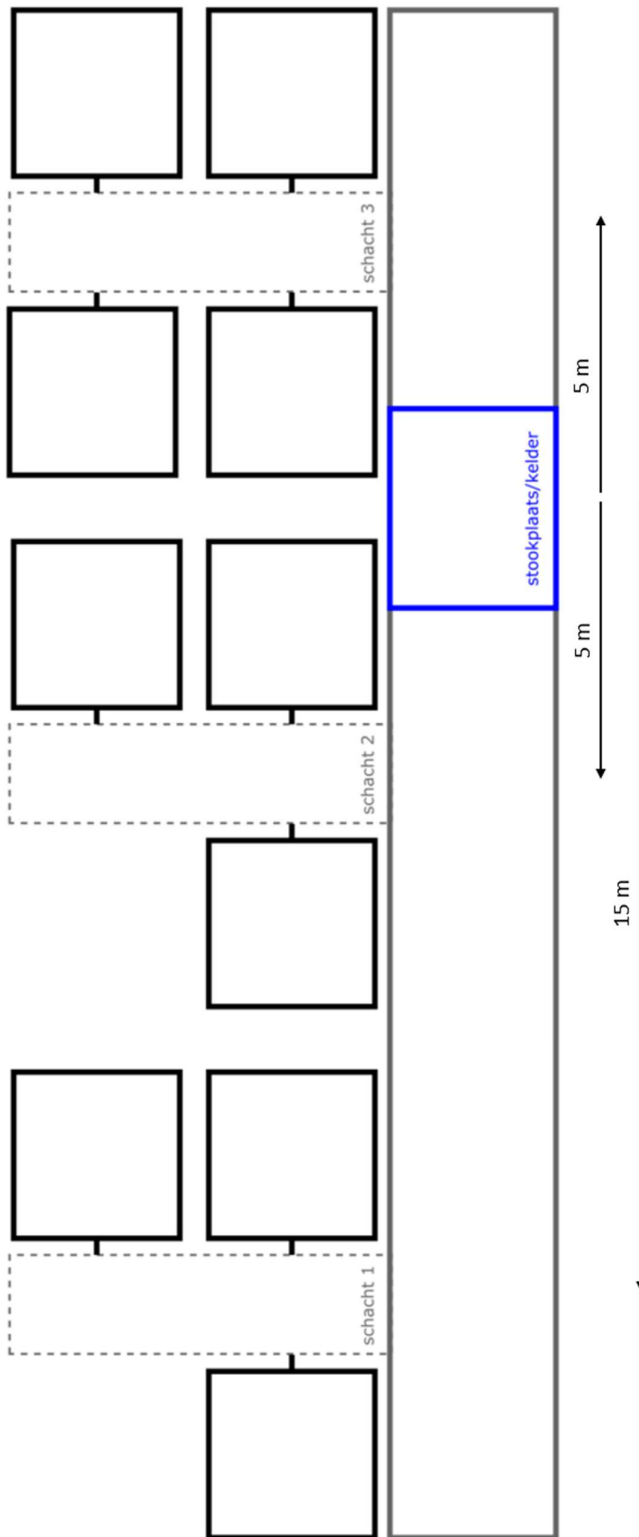


A.1.10 Indeling 100.1

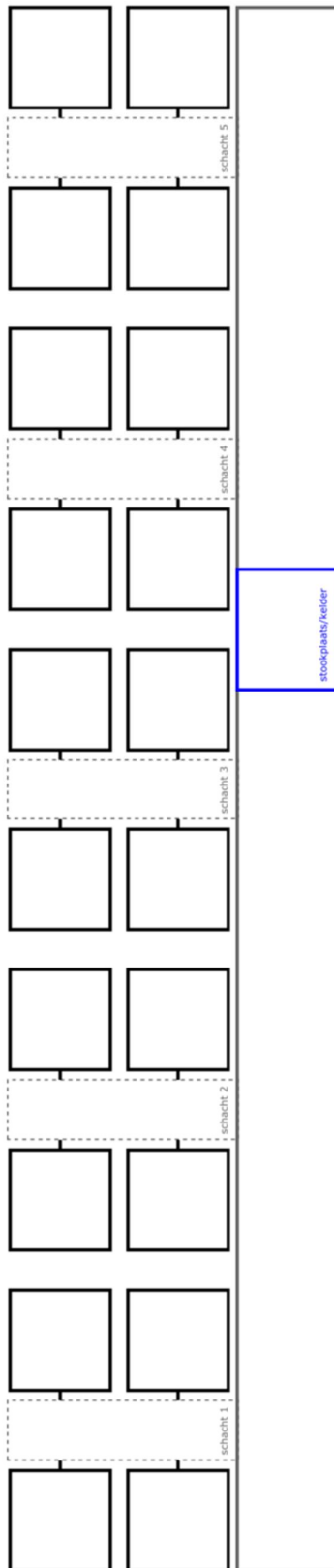


A.2 Indelingen volgens maximaal aantal schachten

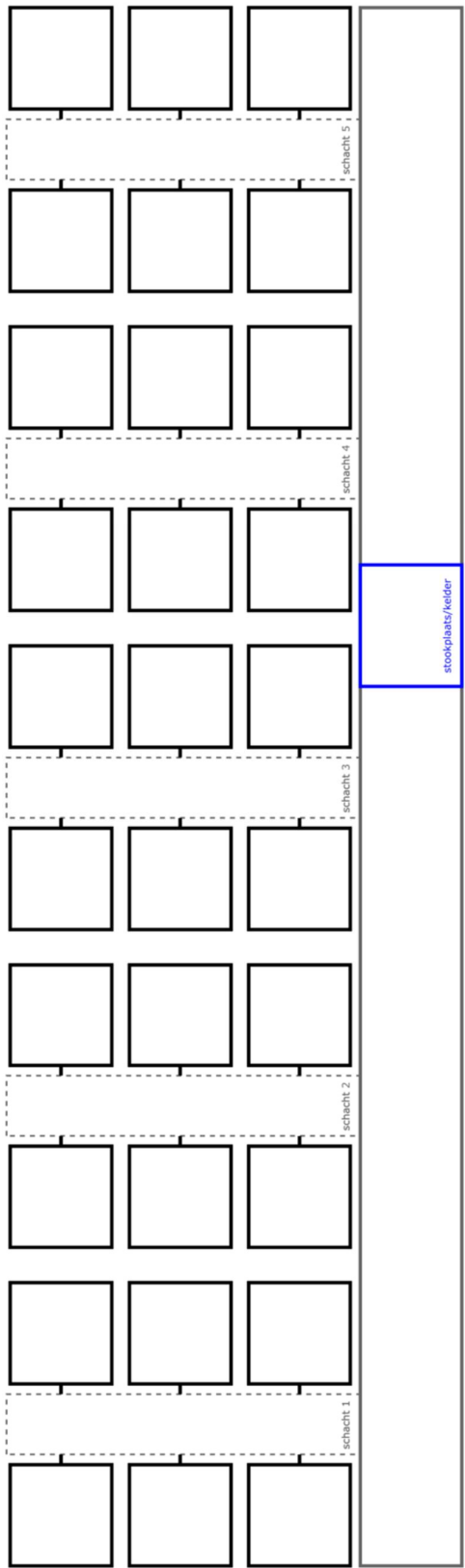
A.2.1 Indeling 10.2



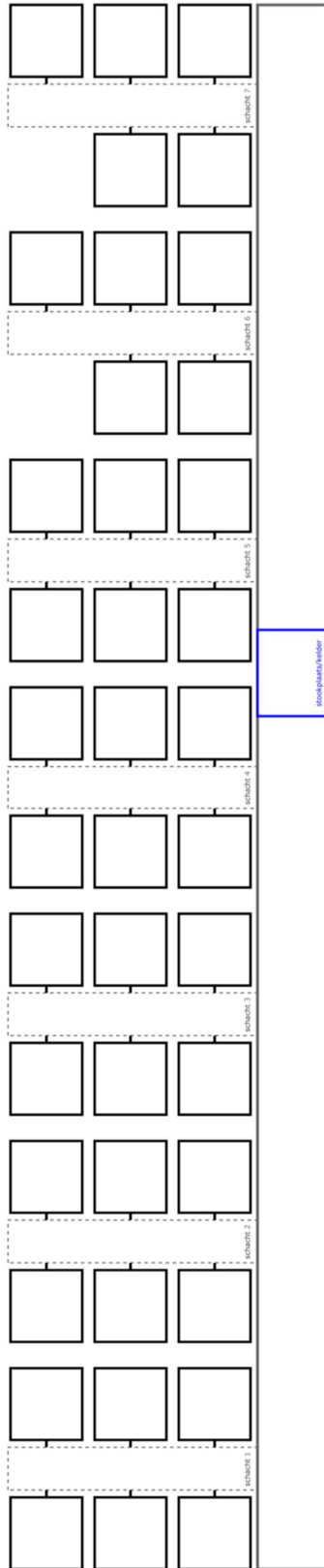
A.2.2 Indeling 20.2



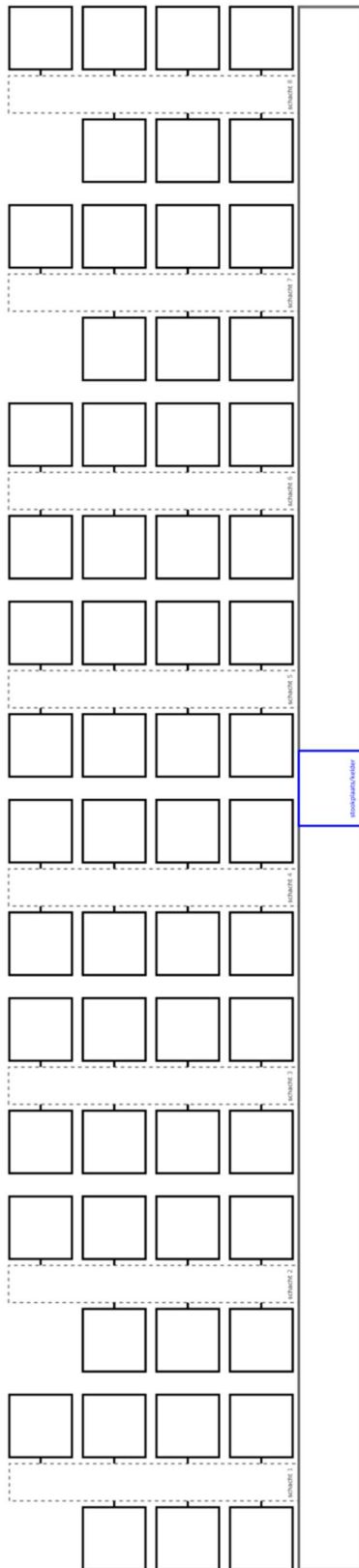
A.2.3 Indeling 30.2



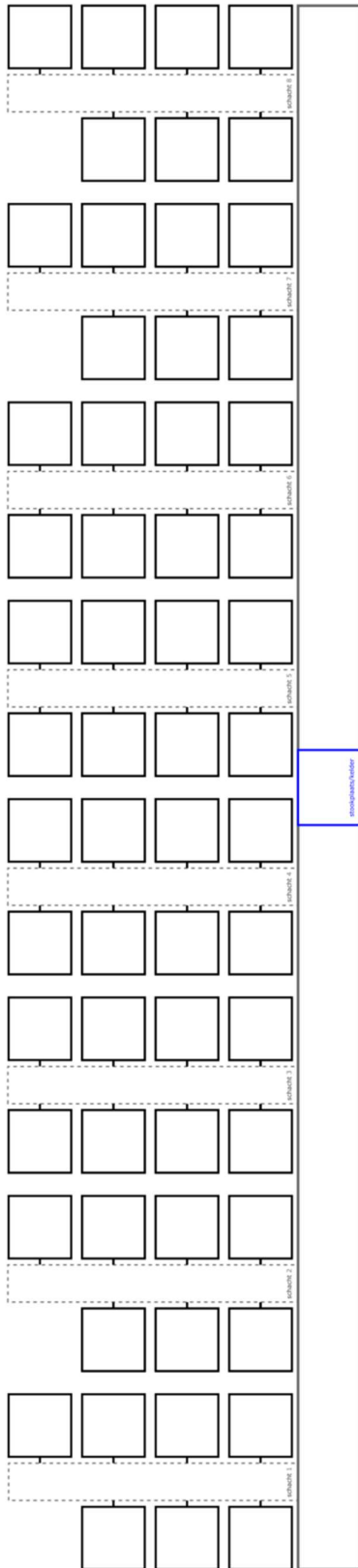
A.2.4 Indeling 40.2



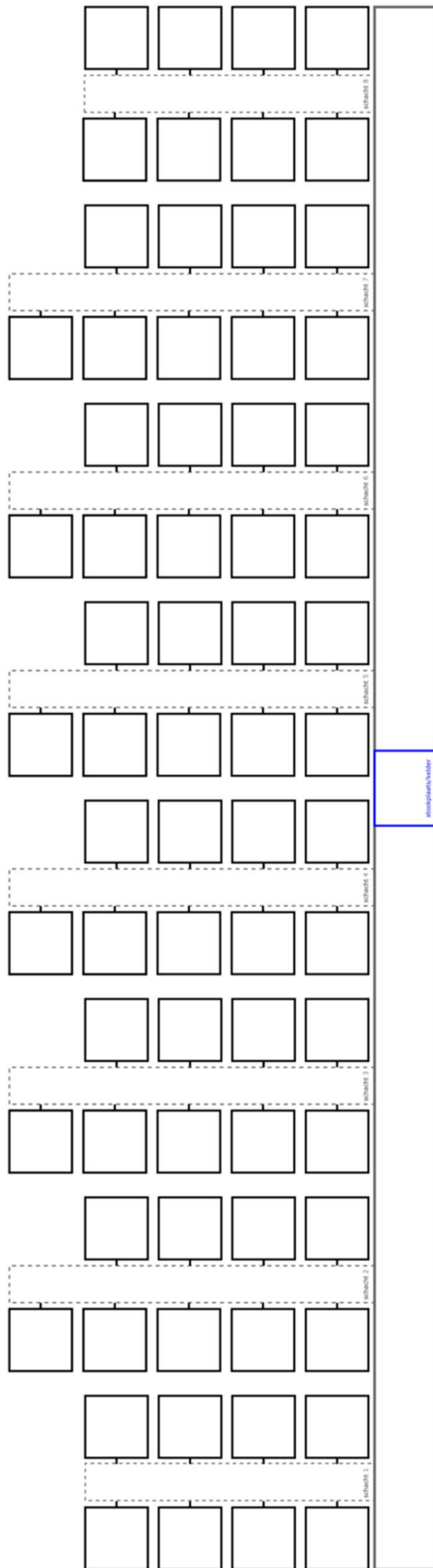
A.2.5 Indeling 50.2



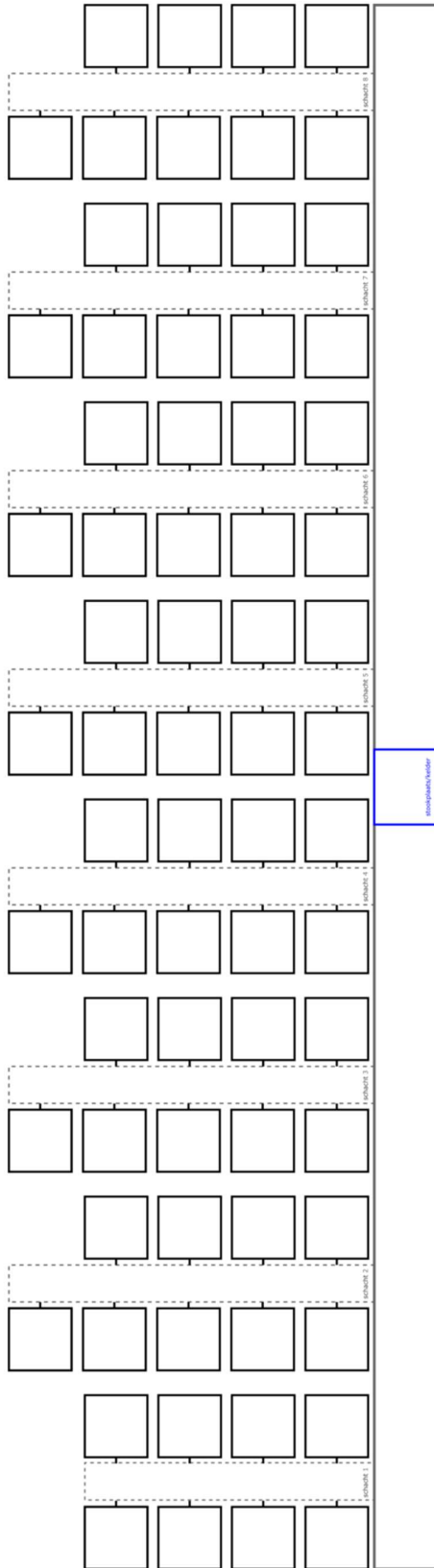
A.2.6 Indeling 60.2



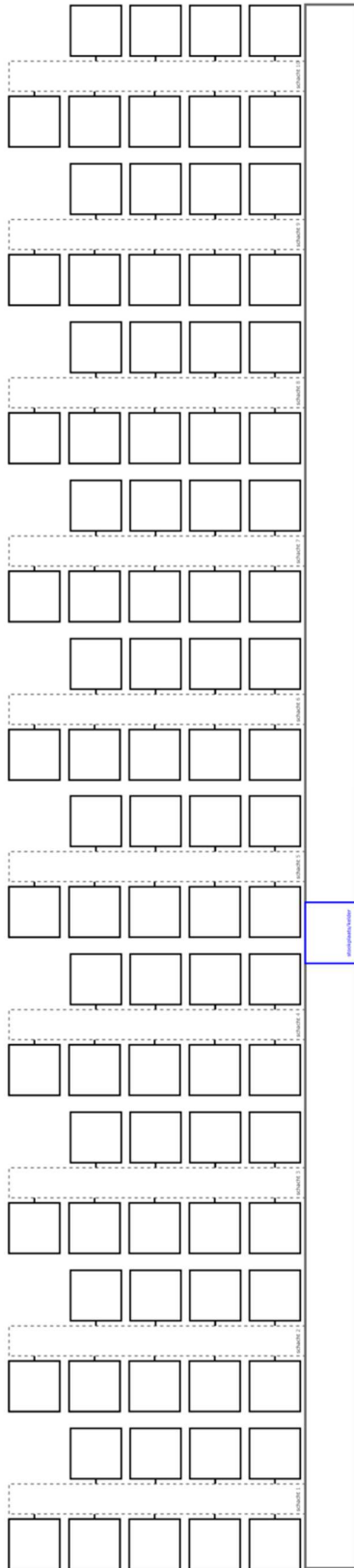
A.2.7 Indeling 70.2



A.2.8 Indeling 80.2



A.2.9 Indeling 90.2



A.2.10 Indeling 100.2

Bijlage B: Offertes

B.1 Centrale systemen

B.1.1 Indeling 10.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	Totaal
GASINSTALLATIES					3 821,95
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN32	LM	FH	10	56,27	562,70
DN25	LM	FH	20	47,91	958,20
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN32	ST	FH	1	81,24	81,24
Gaskranen - afsluitkranen					
DN32	ST	FH	4	72,09	288,36
DN25	ST	FH	2	58,12	116,24
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN32	ST	FH	1	294,49	294,49
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlight	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	55 554,27
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
Algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	486,20	486,20
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
Gasvloerketels - gesloten/ CV & SWW 50 kW	ST	FH	2	7 099,80	14 199,60
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscintrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	18	119,43	2 149,74
Satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	10	1 459,56	14 595,60
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	24	39,29	942,96
DN32	LM	FH	12	45,40	544,80
DN40	LM	FH	6	49,72	298,32
DN50	LM	FH	18	56,70	1 020,60
Ophanging en bevestiging		GP	1	158,40	158,40
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	24	12,55	301,20

DN32	ST	FH	12	13,94	167,28
DN40	ST	FH	6	23,81	142,86
DN50	LM	FH	18	25,64	461,52
DN65	LM	FH	0	29,88	0,00
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	15	45,37	680,55
DN32	ST	FH	7	55,72	390,04
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	5	107,23	536,15
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	0	140,85	0,00
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	1	112,38	112,38
DN25	ST	FH	10	123,44	1 234,40
DN32	ST	FH	2	144,43	288,86
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	2	229,24	458,48
DN65	ST	FH	0	558,43	0,00
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN32	ST	FH	2	401,29	802,58
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	1 009,37	1 009,37
Secundair na buffervat	ST	FH	2	2 976,06	5 952,12
installatieonderdelen - expansiesysteem 140L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	1	365,26	365,26
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN32	ST	FH	1	139,16	139,16
installatieonderdelen- bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	1	60,44	60,44
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN32	ST	FH	1	90,82	90,82
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 208,93	1 208,93
drukstapontgasser+vuisset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	2	25 323,48	50 646,96
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 65 kw-110kw	ST	FH	1	38 652,15	38 652,15
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	10	2 492,30	24 923,00

B.1.2 Indeling 10.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					3 821,95
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN32	LM	FH	10	56,27	562,70
DN25	LM	FH	20	47,91	958,20
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN32	ST	FH	1	81,24	81,24
Gaskranen - afsluitkranen					
DN32	ST	FH	4	72,09	288,36
DN25	ST	FH	2	58,12	116,24
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN32	ST	FH	1	294,49	294,49
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	61 772,07
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	635,80	635,80
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 50 kW	ST	FH	2	7 099,80	14 199,60
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	26	119,43	3 105,18
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	10	1 459,56	14 595,60
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	36	39,29	1 414,44
DN32	LM	FH	42	45,40	1 906,80
DN40	LM	FH	18	49,72	894,96
DN50	LM	FH	30	56,70	1 701,00
Ophanging en bevestiging		GP	1	343,20	343,20
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	36	12,55	451,80
DN32	ST	FH	42	13,94	585,48
DN40	ST	FH	18	23,81	428,58
DN50	LM	FH	30	25,64	769,20

DN65	LM	FH	0	29,88	0,00
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	15	45,37	680,55
DN32	ST	FH	9	55,72	501,48
DN40	ST	FH	1	71,76	71,76
DN50	ST	FH	4	107,23	428,92
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	0	140,85	0,00
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	3	112,38	337,14
DN25	ST	FH	10	123,44	1 234,40
DN32	ST	FH	4	144,43	577,72
DN40	ST	FH	1	168,75	168,75
DN50	ST	FH	1	205,98	205,98
DN65	ST	FH	0	558,43	0,00
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN32	ST	FH	2	401,29	802,58
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel				1 009,37	1 009,37
Secundair na buffervat				2 990,32	5 980,64
installatieonderdelen - expansiesysteem 140L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel				365,26	365,26
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging				45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN32	ST	FH	1	139,16	139,16
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	3	60,44	181,32
installatieonderdelen - Zeefilter				0,00	
DN32	ST	FH	1	90,82	90,82
installatieonderdelen - Buffervat				1 208,93	1 208,93
drukstapontgasser+vulset				2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW				25 323,48	50 646,96
warmtepomp CV & SWW				8 952,15	0,00
warmtepomp CV 65 kw-110kw				38 652,15	38 652,15
boosterwarmtepomp SWW				2 492,30	24 923,00

B.1.3 Indeling 20.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					4 163,04
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN40	LM	FH	10	59,01	590,10
DN32	LM	FH	20	56,27	1 125,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN40	ST	FH	1	88,22	88,22
Gaskranen - afsluitkranen					
DN32	ST	FH	2	72,09	144,18
DN40	ST	FH	4	95,81	383,24
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN40	ST	FH	1	311,18	311,18
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	94 229,28
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	822,80	822,80
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 90 kW	ST	FH	2	8 723,27	17 446,54
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	35	119,43	4 180,05
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	20	1 459,56	29 191,20
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	42	39,29	1 650,18
DN32	LM	FH	18	45,40	817,20
DN40	LM	FH	12	49,72	596,64
DN50	LM	FH	60	56,70	3 402,00
DN65	LM	FH	24	80,39	1 929,36
Ophanging en bevestiging		GP	1	580,80	580,80
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	42	12,55	527,10
DN32	ST	FH	18	13,94	250,92
DN40	ST	FH	12	23,81	285,72

DN50	LM	FH	60	25,64	1 538,40
DN65	LM	FH	24	29,88	717,12
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	25	45,37	1 134,25
DN32	ST	FH	2	55,72	111,44
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	7	107,23	750,61
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	4	140,85	563,40
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	2	112,38	224,76
DN25	ST	FH	20	123,44	2 468,80
DN32	ST	FH	2	144,43	288,86
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	2	229,24	458,48
DN65	ST	FH	1	558,43	558,43
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN32	ST	FH	2	401,29	802,58
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 044,67	2 044,67
Secundair na buffervat	ST	FH	2	3 617,26	7 234,52
installatieonderdelen - expansiesysteem 300L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	1	510,05	510,05
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN50	ST	FH	1	615,03	615,03
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	2	60,44	120,88
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN50	ST	FH	1	181,17	181,17
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 478,27	1 478,27
drukstapontgasser+vulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	3	25 323,48	75 970,44
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 106kW-110kw	ST	FH	1	38 652,15	38 652,15
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	20	2 492,30	49 846,00

B.1.4 Indeling 20.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					4 163,04
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN40	LM	FH	10	59,01	590,10
DN32	LM	FH	20	56,27	1 125,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN40	ST	FH	1	88,22	88,22
Gaskranen - afsluitkranen					
DN32	ST	FH	2	72,09	144,18
DN40	ST	FH	4	95,81	383,24
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN40	ST	FH	1	311,18	311,18
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	98 866,53
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	1 084,60	1 084,60
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 90 kW	ST	FH	2	8 723,27	17 446,54
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	26	119,43	3 105,18
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	20	1 459,56	29 191,20
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	42	39,29	1 650,18
DN32	LM	FH	36	45,40	1 634,40
DN40	LM	FH	72	49,72	3 579,84
DN50	LM	FH	42	56,70	2 381,40
DN65	LM	FH	24	80,39	1 929,36
Ophanging en bevestiging		GP	1	950,40	950,40
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	42	12,55	527,10
DN32	ST	FH	36	13,94	501,84

DN40	ST	FH	72	23,81	1 714,32
DN50	LM	FH	42	25,64	1 076,88
DN65	LM	FH	24	29,88	717,12
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	25	45,37	1 134,25
DN32	ST	FH	2	55,72	111,44
DN40	ST	FH	5	71,76	358,80
DN50	ST	FH	5	107,23	536,15
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	4	140,85	563,40
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	5	112,38	561,90
DN25	ST	FH	20	123,44	2 468,80
DN32	ST	FH	2	144,43	288,86
DN40	ST	FH	5	175,72	878,60
DN50	ST	FH	0	229,24	0,00
DN65	ST	FH	1	558,43	558,43
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN32	ST	FH	2	401,29	802,58
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 044,67	2 044,67
Secundair na buffervat	ST	FH	2	3 617,26	7 234,52
installatieonderdelen - expansiesysteem 300L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	1	510,05	510,05
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN50	ST	FH	1	615,03	615,03
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	5	60,44	302,20
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN50	ST	FH	1	181,17	181,17
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 478,27	1 478,27
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	3	25 323,48	75 970,44
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 106kW-110kw	ST	FH	1	38 652,15	38 652,15
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	20	2 492,30	49 846,00

B.1.5 Indeling 30.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					4 634,43
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN40	LM	FH	20	59,01	1 180,20
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN50	ST	FH	1	114,39	114,39
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	4	142,93	571,72
DN40	ST	FH	2	95,81	191,62
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN50	ST	FH	1	356,18	356,18
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	120 392,35
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	1 084,60	1 084,60
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 120 kW	ST	FH	2	8 723,27	17 446,54
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	44	119,43	5 254,92
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	30	1 459,56	43 786,80
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	72	39,29	2 828,88
DN32	LM	FH	12	45,40	544,80
DN40	LM	FH	18	49,72	894,96
DN50	LM	FH	42	56,70	2 381,40
DN65	LM	FH	54	80,39	4 341,06
Ophanging en bevestiging		GP	1	871,20	871,20
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	72	12,55	903,60
DN32	ST	FH	12	13,94	167,28

DN40	ST	FH	18	23,81	428,58
DN50	LM	FH	42	25,64	1 076,88
DN65	LM	FH	54	29,88	1 613,52
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	35	45,37	1 587,95
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	2	71,76	143,52
DN50	ST	FH	5	107,23	536,15
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	2	140,85	281,70
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	2	112,38	224,76
DN25	ST	FH	30	123,44	3 703,20
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	2	175,72	351,44
DN50	ST	FH	0	229,24	0,00
DN65	ST	FH	3	558,43	1 675,29
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN40	ST	FH	2	507,19	1 014,38
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 044,67	2 044,67
Secundair na buffervat	ST	FH	2	3 617,26	7 234,52
installatieonderdelen - expansiesysteem 400L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	1	651,62	651,62
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	2	60,44	120,88
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 478,27	1 478,27
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	5	25 323,48	126 617,40
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 144kW-175kw	ST	FH	1	57 617,91	57 617,91
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	30	2 492,30	74 769,00

B.1.6 Indeling 30.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					4 634,43
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN40	LM	FH	20	59,01	1 180,20
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN50	ST	FH	1	114,39	114,39
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	4	142,93	571,72
DN40	ST	FH	2	95,81	191,62
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN50	ST	FH	1	356,18	356,18
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	124 555,85
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	1 346,40	1 346,40
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 120 kW	ST	FH	2	8 723,27	17 446,54
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	29	119,43	3 463,47
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	30	1 459,56	43 786,80
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	60	39,29	2 357,40
DN32	LM	FH	30	45,40	1 362,00
DN40	LM	FH	36	49,72	1 789,92
DN50	LM	FH	102	56,70	5 783,40
DN65	LM	FH	30	80,39	2 411,70
Ophanging en bevestiging		GP	1	1 135,20	1 135,20
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	60	12,55	753,00
DN32	ST	FH	30	13,94	418,20
DN40	ST	FH	36	23,81	857,16

DN50	LM	FH	102	25,64	2 615,28
DN65	LM	FH	30	29,88	896,40
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	35	45,37	1 587,95
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	2	71,76	143,52
DN50	ST	FH	10	107,23	1 072,30
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	4	140,85	563,40
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	5	112,38	561,90
DN25	ST	FH	30	123,44	3 703,20
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	2	175,72	351,44
DN50	ST	FH	5	229,24	1 146,20
DN65	ST	FH	1	558,43	558,43
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN40	ST	FH	2	507,19	1 014,38
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 044,67	2 044,67
Secundair na buffervat	ST	FH	2	3 617,26	7 234,52
installatieonderdelen - expansiesysteem 400L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	1	651,62	651,62
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	5	60,44	302,20
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 478,27	1 478,27
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	5	25 323,48	126 617,40
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	0,00	0,00
warmtepomp CV 144kW-175kw	ST	FH	1	57 617,91	57 617,91
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	30	2 492,30	74 769,00

B.1.7 Indeling 40.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					4 634,43
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN40	LM	FH	20	59,01	1 180,20
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN50	ST	FH	1	114,39	114,39
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	4	142,93	571,72
DN40	ST	FH	2	95,81	191,62
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN50	ST	FH	1	356,18	356,18
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	157 287,17
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	1 346,40	1 346,40
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 160 kW	ST	FH	2	10 856,78	21 713,56
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	50	119,43	5 971,50
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	40	1 459,56	58 382,40
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	84	39,29	3 300,36
DN32	LM	FH	12	45,40	544,80
DN40	LM	FH	12	49,72	596,64
DN50	LM	FH	54	56,70	3 061,80
DN65	LM	FH	72	80,39	5 788,08
DN80	LM	FH	24	98,42	2 362,08
Ophanging en bevestiging		GP	1	1 135,20	1 135,20
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	84	12,55	1 054,20
DN32	ST	FH	12	13,94	167,28

DN40	ST	FH	12	23,81	285,72
DN50	LM	FH	54	25,64	1 384,56
DN65	LM	FH	72	29,88	2 151,36
DN80	LM	FH	24	44,80	1 075,20
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	45	45,37	2 041,65
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	2	107,23	214,46
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	7	140,85	985,95
DN80	ST	FH	4	146,47	585,88
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	2	112,38	224,76
DN25	ST	FH	40	123,44	4 937,60
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	2	229,24	458,48
DN65	ST	FH	2	558,43	1 116,86
DN80	ST	FH	1	877,08	877,08
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN50	ST	FH	2	615,96	1 231,92
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	4 799,56	9 599,12
installatieonderdelen - expansiesysteem 500L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel				822,32	822,32
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging				45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	2	60,44	120,88
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat				1 478,27	1 478,27
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW				25 323,48	151 940,88
warmtepomp CV & SWW				8 952,15	0,00
warmtepomp CV 180kW-217kw				82 667,47	82 667,47
boosterwarmtepomp SWW				2 492,30	99 692,00

B.1.8 Indeling 40.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					4 634,43
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN40	LM	FH	20	59,01	1 180,20
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN50	ST	FH	1	114,39	114,39
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	4	142,93	571,72
DN40	ST	FH	2	95,81	191,62
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN50	ST	FH	1	356,18	356,18
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	163 831,67
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	1 757,80	1 757,80
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 160 kW	ST	FH	2	10 856,78	21 713,56
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	29	119,43	3 463,47
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	40	1 459,56	58 382,40
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	96	39,29	3 771,84
DN32	LM	FH	42	45,40	1 906,80
DN40	LM	FH	66	49,72	3 281,52
DN50	LM	FH	96	56,70	5 443,20
DN65	LM	FH	42	80,39	3 376,38
DN80	LM	FH	24	98,42	2 362,08
Ophanging en bevestiging		GP	1	1 610,40	1 610,40
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	96	12,55	1 204,80
DN32	ST	FH	42	13,94	585,48
DN40	ST	FH	66	23,81	1 571,46

DN50	LM	FH	96	25,64	2 461,44
DN65	LM	FH	42	29,88	1 254,96
DN80	LM	FH	24	44,80	1 075,20
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	45	45,37	2 041,65
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	2	71,76	143,52
DN50	ST	FH	7	107,23	750,61
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	5	140,85	704,25
DN80	ST	FH	4	146,47	585,88
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	7	112,38	786,66
DN25	ST	FH	40	123,44	4 937,60
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	2	175,72	351,44
DN50	ST	FH	7	229,24	1 604,68
DN65	ST	FH	0	558,43	0,00
DN80	ST	FH	1	877,08	877,08
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN50	ST	FH	2	615,96	1 231,92
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	4 799,56	9 599,12
installatieonderdelen - expansiesysteem 500L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	1	822,32	822,32
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	7	60,44	423,08
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat				0,00	
drukstapontgasser+vulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	6	25 323,48	151 940,88
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 180kW-217kw	ST	FH	1	82 667,47	82 667,47
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	40	2 492,30	99 692,00

B.1.9 Indeling 50.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					8 194,01
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN65	LM	FH	20	82,47	1 649,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	2	142,93	285,86
DN65	ST	FH	4	716,08	2 864,32
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	187 068,27
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	1 683,00	1 683,00
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 190 kW	ST	FH	2	12 110,65	24 221,30
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	50	119,43	5 971,50
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	50	1 459,56	72 978,00
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	114	39,29	4 479,06
DN32	LM	FH	18	45,40	817,20
DN40	LM	FH	18	49,72	894,96
DN50	LM	FH	66	56,70	3 742,20
DN65	LM	FH	90	80,39	7 235,10
DN80	LM	FH	24	98,42	2 362,08
Ophanging en bevestiging		GP	1	1 452,00	1 452,00
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	114	12,55	1 430,70
DN32	ST	FH	18	13,94	250,92
DN40	ST	FH	18	23,81	428,58

DN50	LM	FH	66	25,64	1 692,24
DN65	LM	FH	90	29,88	2 689,20
DN80	LM	FH	24	44,80	1 075,20
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	55	45,37	2 495,35
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	2	107,23	214,46
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	8	140,85	1 126,80
DN80	ST	FH	4	146,47	585,88
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	3	112,38	337,14
DN25	ST	FH	50	123,44	6 172,00
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	2	229,24	458,48
DN65	ST	FH	3	558,43	1 675,29
DN80	ST	FH	1	877,08	877,08
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN50	ST	FH	2	615,96	1 231,92
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	4 799,56	9 599,12
installatieonderdelen - expansiesysteem 600L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	1	969,72	969,72
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	3	60,44	181,32
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat				0,00	
drukstapontgasser+vulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	7	25 323,48	177 264,36
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 214kW-217kw	ST	FH	1	82 667,47	82 667,47
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	50	2 492,30	124 615,00

B.1.10 Indeling 50.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					8 194,01
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN65	LM	FH	20	82,47	1 649,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	2	142,93	285,86
DN65	ST	FH	4	716,08	2 864,32
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	192 347,44
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	2 019,60	2 019,60
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 190 kW	ST	FH	2	12 110,65	24 221,30
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	32	119,43	3 821,76
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	50	1 459,56	72 978,00
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	138	39,29	5 422,02
DN32	LM	FH	42	45,40	1 906,80
DN40	LM	FH	42	49,72	2 088,24
DN50	LM	FH	90	56,70	5 103,00
DN65	LM	FH	84	80,39	6 752,76
DN80	LM	FH	24	98,42	2 362,08
Ophanging en bevestiging		GP	1	1 848,00	1 848,00
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	138	12,55	1 731,90
DN32	ST	FH	42	13,94	585,48
DN40	ST	FH	42	23,81	1 000,02

DN50	LM	FH	90	25,64	2 307,60
DN65	LM	FH	84	29,88	2 509,92
DN80	LM	FH	24	44,80	1 075,20
DN100	LM	FH	0	47,86	0,00
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	55	45,37	2 495,35
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	9	107,23	965,07
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	5	140,85	704,25
DN80	ST	FH	4	146,47	585,88
DN100	ST	FH	0	184,24	0,00
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen incl. isolatie				0,00	
DN20	ST	FH	7	112,38	786,66
DN25	ST	FH	50	123,44	6 172,00
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	9	229,24	2 063,16
DN65	ST	FH	0	558,43	0,00
DN80	ST	FH	1	877,08	877,08
DN100	ST	FH	0	1 317,70	0,00
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN50	ST	FH	2	615,96	1 231,92
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	4 799,56	9 599,12
installatieonderdelen - expansiesysteem 600L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel				969,72	969,72
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging				45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	7	60,44	423,08
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat				1 478,27	1 478,27
drukstapontgasser+vulset				2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW				25 323,48	177 264,36
warmtepomp CV & SWW				8 952,15	0,00
warmtepomp CV 214kW-217kw				82 667,47	82 667,47
boosterwarmtepomp SWW				2 492,30	124 615,00

B.1.11 Indeling 60.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					8 194,01
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN65	LM	FH	20	82,47	1 649,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	2	142,93	285,86
DN65	ST	FH	4	716,08	2 864,32
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	216 865,62
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	1 944,80	1 944,80
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 220 kW	ST	FH	2	12 110,65	24 221,30
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	50	119,43	5 971,50
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	60	1 459,56	87 573,60
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	120	39,29	4 714,80
DN32	LM	FH	18	45,40	817,20
DN40	LM	FH	18	49,72	894,96
DN50	LM	FH	78	56,70	4 422,60
DN65	LM	FH	108	80,39	8 682,12
DN80	LM	FH	12	98,42	1 181,04
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	1 663,20	1 663,20
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	120	12,55	1 506,00
DN32	ST	FH	18	13,94	250,92

DN40	ST	FH	18	23,81	428,58
DN50	LM	FH	78	25,64	1 999,92
DN65	LM	FH	108	29,88	3 227,04
DN80	LM	FH	12	44,80	537,60
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	70	45,37	3 175,90
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	2	107,23	214,46
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	8	140,85	1 126,80
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	3	112,38	337,14
DN25	ST	FH	60	123,44	7 406,40
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	2	229,24	458,48
DN65	ST	FH	3	558,43	1 675,29
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN50	ST	FH	2	615,96	1 231,92
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 400L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	2	651,62	1 303,24
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	3	60,44	181,32
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	8	25 323,48	202 587,84
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 248kW-285kw	ST	FH	1	96 270,07	96 270,07
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	60	2 492,30	149 538,00

B.1.12 Indeling 60.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					6 761,85
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN65	LM	FH	20	82,47	1 649,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	2	142,93	285,86
DN65	ST	FH	2	716,08	1 432,16
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	224 930,10
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	2 356,20	2 356,20
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 220 kW	ST	FH	2	12 110,65	24 221,30
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	32	119,43	3 821,76
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	60	1 459,56	87 573,60
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	144	39,29	5 657,76
DN32	LM	FH	48	45,40	2 179,20
DN40	LM	FH	48	49,72	2 386,56
DN50	LM	FH	138	56,70	7 824,60
DN65	LM	FH	102	80,39	8 199,78
DN80	LM	FH	0	98,42	0,00
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	2 217,60	2 217,60
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	144	12,55	1 807,20
DN32	ST	FH	48	13,94	669,12

DN40	ST	FH	48	23,81	1 142,88
DN50	LM	FH	138	25,64	3 538,32
DN65	LM	FH	102	29,88	3 047,76
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	70	45,37	3 175,90
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	10	107,23	1 072,30
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	5	140,85	704,25
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	8	112,38	899,04
DN25	ST	FH	60	123,44	7 406,40
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	10	229,24	2 292,40
DN65	ST	FH	0	558,43	0,00
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN50	ST	FH	2	615,96	1 231,92
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 400L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	2	651,62	1 303,24
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	8	60,44	483,52
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	8	25 323,48	202 587,84
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 248kW-285kw	ST	FH	1	96 270,07	96 270,07
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	60	2 492,30	149 538,00

B.1.13 Indeling 70.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					8 194,01
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN65	LM	FH	20	82,47	1 649,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	2	142,93	285,86
DN65	ST	FH	4	716,08	2 864,32
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	248 509,28
VERWARMING- ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	2 281,40	2 281,40
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 250 kW	ST	FH	2	13 760,91	27 521,82
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	50	119,43	5 971,50
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	70	1 459,56	102 169,20
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	156	39,29	6 129,24
DN32	LM	FH	24	45,40	1 089,60
DN40	LM	FH	24	49,72	1 193,28
DN50	LM	FH	84	56,70	4 762,80
DN65	LM	FH	138	80,39	11 093,82
DN80	LM	FH	0	98,42	0,00
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	1 980,00	1 980,00
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	156	12,55	1 957,80
DN32	ST	FH	24	13,94	334,56

DN40	ST	FH	24	23,81	571,44
DN50	LM	FH	84	25,64	2 153,76
DN65	LM	FH	138	29,88	4 123,44
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	80	45,37	3 629,60
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	0	107,23	0,00
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	11	140,85	1 549,35
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	4	112,38	449,52
DN25	ST	FH	70	123,44	8 640,80
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	0	229,24	0,00
DN65	ST	FH	6	558,43	3 350,58
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN65	ST	FH	2	1 150,94	2 301,88
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 400L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	2	651,62	1 303,24
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	4	60,44	241,76
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vuisset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	10	25 323,48	253 234,80
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 281kW-285kw	ST	FH	1	96 642,22	96 642,22
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	70	2 492,30	174 461,00

B.1.14 Indeling 70.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					8 194,01
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	69,96	699,60
DN65	LM	FH	20	82,47	1 649,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN50	ST	FH	2	142,93	285,86
DN65	ST	FH	4	716,08	2 864,32
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	253 634,05
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	2 618,00	2 618,00
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 250 kW	ST	FH	2	13 760,91	27 521,82
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	35	119,43	4 180,05
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	70	1 459,56	102 169,20
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	180	39,29	7 072,20
DN32	LM	FH	48	45,40	2 179,20
DN40	LM	FH	48	49,72	2 386,56
DN50	LM	FH	138	56,70	7 824,60
DN65	LM	FH	108	80,39	8 682,12
DN80	LM	FH	0	98,42	0,00
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	2 402,40	2 402,40
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	180	12,55	2 259,00
DN32	ST	FH	48	13,94	669,12

DN40	ST	FH	48	23,81	1 142,88
DN50	LM	FH	138	25,64	3 538,32
DN65	LM	FH	108	29,88	3 227,04
DN80	LM	FH	0	44,80	0,00
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	80	45,37	3 629,60
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	8	107,23	857,84
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	7	140,85	985,95
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	8	112,38	899,04
DN25	ST	FH	70	123,44	8 640,80
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	8	229,24	1 833,92
DN65	ST	FH	2	558,43	1 116,86
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN65	ST	FH	2	1 150,94	2 301,88
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 400L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel				651,62	1 303,24
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging				45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	8	60,44	483,52
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat				1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	10	25 323,48	253 234,80
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 281kW-285kw	ST	FH	1	96 642,22	96 642,22
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	70	2 492,30	174 461,00

B.1.15 Indeling 80.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					9 465,41
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	30	82,47	2 474,10
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN65	ST	FH	6	716,08	4 296,48
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlight	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	280 307,96
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	2 543,20	2 543,20
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 290 kW	ST	FH	2	16 416,49	32 832,98
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	50	119,43	5 971,50
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	80	1 459,56	116 764,80
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	162	39,29	6 364,98
DN32	LM	FH	24	45,40	1 089,60
DN40	LM	FH	24	49,72	1 193,28
DN50	LM	FH	96	56,70	5 443,20
DN65	LM	FH	144	80,39	11 576,16
DN80	LM	FH	24	98,42	2 362,08
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	2 191,20	2 191,20
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	162	12,55	2 033,10
DN32	ST	FH	24	13,94	334,56
DN40	ST	FH	24	23,81	571,44
DN50	LM	FH	96	25,64	2 461,44

DN65	LM	FH	144	29,88	4 302,72
DN80	LM	FH	24	44,80	1 075,20
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	90	45,37	4 083,30
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	0	107,23	0,00
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	11	140,85	1 549,35
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	4	112,38	449,52
DN25	ST	FH	80	123,44	9 875,20
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	0	229,24	0,00
DN65	ST	FH	6	558,43	3 350,58
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN65	ST	FH	2	1 150,94	2 301,88
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 500L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel				822,32	1 644,64
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging				45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	4	60,44	241,76
installatieonderdelen - Zeefilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat				1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vulset				2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW				25 323,48	278 558,28
warmtepomp CV & SWW				8 952,15	0,00
warmtepomp CV 314kW-350kw				115 607,98	115 607,98
boosterwarmtepomp SWW				2 492,30	199 384,00

B.1.16 Indeling 80.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					9 465,41
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	30	82,47	2 474,10
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN65	ST	FH	6	716,08	4 296,48
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlight	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	285 446,82
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	2 954,60	2 954,60
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 290 kW	ST	FH	2	16 416,49	32 832,98
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	35	119,43	4 180,05
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	80	1 459,56	116 764,80
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	210	39,29	8 250,90
DN32	LM	FH	54	45,40	2 451,60
DN40	LM	FH	54	49,72	2 684,88
DN50	LM	FH	126	56,70	7 144,20
DN65	LM	FH	108	80,39	8 682,12
DN80	LM	FH	24	98,42	2 362,08
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	2 640,00	2 640,00
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	210	12,55	2 635,50
DN32	ST	FH	54	13,94	752,76
DN40	ST	FH	54	23,81	1 285,74
DN50	LM	FH	126	25,64	3 230,64

DN65	LM	FH	108	29,88	3 227,04
DN80	LM	FH	24	44,80	1 075,20
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	90	45,37	4 083,30
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	9	107,23	965,07
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	7	140,85	985,95
DN80	ST	FH	0	146,47	0,00
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	9	112,38	1 011,42
DN25	ST	FH	80	123,44	9 875,20
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	9	229,24	2 063,16
DN65	ST	FH	2	558,43	1 116,86
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN65	ST	FH	2	1 150,94	2 301,88
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel				2 560,42	2 560,42
Secundair na buffervat				5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 500L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel				822,32	1 644,64
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging				45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN65	ST	FH	1	659,69	659,69
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	9	60,44	543,96
installatieonderdelen - Zeefilter				0,00	
DN65	ST	FH	1	320,84	320,84
installatieonderdelen - Buffervat				1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vulset				2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW				25 323,48	278 558,28
warmtepomp CV & SWW				8 952,15	0,00
warmtepomp CV 314kW-350kw				115 607,98	115 607,98
boosterwarmtepomp SWW				2 492,30	199 384,00

B.1.17 Indeling 90.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					9 465,41
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	30	82,47	2 474,10
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN65	ST	FH	6	716,08	4296,48
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlight	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	330 946,13
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	2 879,80	2 879,80
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 320 kW	ST	FH	2	27 459,21	54 918,42
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	50	119,43	5 971,50
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	90	1 459,56	131 360,40
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	180	39,29	7 072,20
DN32	LM	FH	30	45,40	1 362,00
DN40	LM	FH	30	49,72	1 491,60
DN50	LM	FH	120	56,70	6 804,00
DN65	LM	FH	136	80,39	10 933,04
DN80	LM	FH	42	98,42	4 133,64
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	2 472,80	2 472,80
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	180	12,55	2 259,00
DN32	ST	FH	30	13,94	418,20
DN40	ST	FH	30	23,81	714,30
DN50	LM	FH	120	25,64	3 076,80

DN65	LM	FH	136	29,88	4 063,68
DN80	LM	FH	42	44,80	1 881,60
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	100	45,37	4 537,00
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	0	107,23	0,00
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	7	140,85	985,95
DN80	ST	FH	5	146,47	732,35
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	5	112,38	561,90
DN25	ST	FH	90	123,44	11 109,60
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	0	229,24	0,00
DN65	ST	FH	7	558,43	3 909,01
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN65	ST	FH	2	1 150,94	2 301,88
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	3 575,45	3 575,45
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 500L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	2	822,32	1 644,64
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN80	ST	FH	1	894,63	894,63
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	5	60,44	302,20
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN80	ST	FH	1	427,80	427,80
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	12	25 323,48	303 881,76
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 347kW-350kw	ST	FH	1	115 607,98	115 607,98
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	90	2 492,30	224 307,00

B.1.18 Indeling 90.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					9 465,41
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	30	82,47	2 474,10
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN65	ST	FH	1	278,37	278,37
Gaskranen - afsluitkranen					
DN65	ST	FH	6	716,08	4 296,48
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	895,74	895,74
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	339 146,10
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	3 291,20	3 291,20
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 320 kW	ST	FH	2	27 459,21	54 918,42
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	35	119,43	4 180,05
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	90	1 459,56	131 360,40
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	240	39,29	9 429,60
DN32	LM	FH	60	45,40	2 724,00
DN40	LM	FH	60	49,72	2 983,20
DN50	LM	FH	162	56,70	9 185,40
DN65	LM	FH	84	80,39	6 752,76
DN80	LM	FH	66	98,42	6 495,72
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	3 062,40	3 062,40
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	240	12,55	3 012,00
DN32	ST	FH	60	13,94	836,40
DN40	ST	FH	60	23,81	1 428,60
DN50	LM	FH	162	25,64	4 153,68

DN65	LM	FH	84	29,88	2 509,92
DN80	LM	FH	66	44,80	2 956,80
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	100	45,37	4 537,00
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	10	107,23	1 072,30
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	2	140,85	281,70
DN80	ST	FH	5	146,47	732,35
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	10	112,38	1 123,80
DN25	ST	FH	90	123,44	11 109,60
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	10	229,24	2 292,40
DN65	ST	FH	2	558,43	1 116,86
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN65	ST	FH	2	1 150,94	2 301,88
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	3 575,45	3 575,45
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 500L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel				822,32	1 644,64
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging				45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters				0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN80	ST	FH	1	894,63	894,63
installatieonderdelen - bypassventiel				0,00	
DN20	ST	FH	10	60,44	604,40
installatieonderdelen - Zeefilter				0,00	
DN80	ST	FH	1	427,80	427,80
installatieonderdelen - Buffervat				1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	12	25 323,48	303 881,76
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 347kW-350kw	ST	FH	1	115 607,98	115 607,98
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	90	2 492,30	224 307,00

B.1.19 Indeling 100.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					10 771,89
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN80	LM	FH	10	104,04	1 040,40
DN65	LM	FH	20	82,47	1 649,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN80	ST	FH	1	326,51	326,51
Gaskranen - afsluitkranen					
DN80	ST	FH	4	910,94	3643,76
DN65	ST	FH	2	716,08	1 432,16
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN80	ST	FH	1	1 158,94	1 158,94
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	352 089,23
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	3 141,60	3 141,60
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 350 kW	ST	FH	2	27 459,21	54 918,42
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	50	119,43	5 971,50
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	100	1 459,56	145 956,00
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN20	LM	FH	204	33,14	6 760,56
DN25	LM	FH	30	39,29	1 178,70
DN32	LM	FH	30	45,40	1 362,00
DN40	LM	FH	120	49,72	5 966,40
DN50	LM	FH	162	71,09	11 516,58
DN80	LM	FH	36	98,42	3 543,12
DN100	LM	FH	30	126,48	3 794,40
Ophanging en bevestiging		GP	1	2 692,80	2 692,80
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	204	12,55	2 560,20
DN32	ST	FH	30	13,94	418,20

DN40	ST	FH	30	23,81	714,30
DN50	LM	FH	120	25,64	3 076,80
DN65	LM	FH	162	29,88	4 840,56
DN80	LM	FH	36	44,80	1 612,80
DN100	LM	FH	30	47,86	1 435,80
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	110	45,37	4 990,70
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	0	107,23	0,00
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	7	140,85	985,95
DN80	ST	FH	5	146,47	732,35
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	5	112,38	561,90
DN25	ST	FH	100	123,44	12 344,00
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	0	229,24	0,00
DN65	ST	FH	7	558,43	3 909,01
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN65	ST	FH	2	1 150,94	2 301,88
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	3 575,45	3 575,45
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 500L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	2	822,32	1 644,64
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN80	ST	FH	1	894,63	894,63
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	5	60,44	302,20
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN80	ST	FH	1	427,80	427,80
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	13	25 323,48	329 205,24
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 379kW-392kw	ST	FH	1	140 285,38	140 285,38
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	100	2 492,30	249 230,00

B.1.20 Indeling 100.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					10 771,89
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN80	LM	FH	10	104,04	1 040,40
DN65	LM	FH	20	82,47	1 649,40
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN80	ST	FH	1	326,51	326,51
Gaskranen - afsluitkranen					
DN80	ST	FH	4	910,94	3 643,76
DN65	ST	FH	2	716,08	1 432,16
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN80	ST	FH	1	1 158,94	1 158,94
GASAANSLUITING - ALGEMEEN					
Gasdetectie centrale					
Centrale Unit	ST	FH	1	1 072,05	1 072,05
Gasdetectors (prijs inbegrepen in Centrale Unit)	ST	FH	2		
Sirene met knipperlicht	ST	FH	1	128,79	128,79
Batterij	ST	FH	1	85,20	85,20
Koppeling met GBS	ST	FH	1	234,68	234,68
VERWARMING				0,00	362 825,36
VERWARMING - ALGEMEEN				0,00	
algemeen - hydraulische inregeling		GP	1	3 515,60	3 515,60
GASVLOERKETELS - ALGEMEEN				0,00	
gasvloerketels - gesloten / CV & SWW 350 kW	ST	FH	2	27 459,21	54 918,42
Rookgasafvoeren - Algemeen				0,00	
Conscentrische rookgasafvoer Ø200	LM	FH	35	119,43	4 180,05
satelliet met warmtewisselaar	ST	FH	100	1 459,56	145 956,00
LEIDINGNET & TOEBEHOREN				0,00	
leidingnet & toebehoren - buizen / staal				0,00	
DN25	LM	FH	204	39,29	8 015,16
DN32	LM	FH	60	45,40	2 724,00
DN40	LM	FH	60	49,72	2 983,20
DN50	LM	FH	222	56,70	12 587,40
DN65	LM	FH	84	80,39	6 752,76
DN80	LM	FH	66	98,42	6 495,72
DN100	LM	FH	24	126,48	3 035,52
Ophanging en bevestiging		GP	1	3 168,00	3 168,00
Thermische isolatie & toebehoren				0,00	
DN25	LM	FH	204	12,55	2 560,20
DN32	ST	FH	60	13,94	836,40

DN40	ST	FH	60	23,81	1 428,60
DN50	LM	FH	222	25,64	5 692,08
DN65	LM	FH	84	29,88	2 509,92
DN80	LM	FH	66	44,80	2 956,80
DN100	LM	FH	24	47,86	1 148,64
INSTALLATIEONDERDELEN				0,00	
installatieonderdelen - afsluitkranen / Kogelkraan				0,00	
DN25	ST	FH	110	45,37	4 990,70
DN32	ST	FH	0	55,72	0,00
DN40	ST	FH	0	71,76	0,00
DN50	ST	FH	10	107,23	1 072,30
installatieonderdelen - afsluitkranen / Vlinderkraan				0,00	
DN65	ST	FH	2	140,85	281,70
DN80	ST	FH	5	146,47	732,35
DN100	ST	FH	4	184,24	736,96
installatieonderdelen - Regel-en afsluitkranen				0,00	
DN20	ST	FH	10	112,38	1 123,80
DN25	ST	FH	100	123,44	12 344,00
DN32	ST	FH	0	144,43	0,00
DN40	ST	FH	0	175,72	0,00
DN50	ST	FH	10	229,24	2 292,40
DN65	ST	FH	2	558,43	1 116,86
DN80	ST	FH	0	877,08	0,00
DN100	ST	FH	1	1 317,70	1 317,70
installatieonderdelen- magneetkleppen				0,00	
DN65	ST	FH	2	1 150,94	2 301,88
installatieonderdelen - Circulatiepomp				0,00	
Primair aan ketel	ST	FH	1	3 575,45	3 575,45
Secundair na buffervat	ST	FH	2	5 672,66	11 345,32
installatieonderdelen - expansiesysteem 500L				0,00	
installatieonderdelen - expansievat incl. kapventiel	ST	FH	2	822,32	1 644,64
installatieonderdelen - overdrukbeveiliging	ST	FH	1	45,91	45,91
installatieonderdelen - vlotterontluchters		PM		0,00	
installatieonderdelen - vuilafscheider				0,00	
DN80	ST	FH	1	894,63	894,63
installatieonderdelen - bypassventiel		PM		0,00	
DN20	ST	FH	10	60,44	604,40
installatieonderdelen - Zeeffilter				0,00	
DN80	ST	FH	1	427,80	427,80
installatieonderdelen - Buffervat	ST	FH	1	1 879,75	1 879,75
drukstapontgasser+vuulset	ST	FH	1	2 718,34	2 718,34
OVERIGE OPWEKKERS				0,00	
CO2-warmtepomp CV & SWW 45 kW	ST	FH	13	25 323,48	329 205,24
warmtepomp CV & SWW	ST	FH	0	8 952,15	0,00
warmtepomp CV 379kW-392kw	ST	FH	1	140 285,38	140 285,38
boosterwarmtepomp SWW	ST	FH	100	2 492,30	249 230,00

B.2 Decentrale systemen

B.2.1 Indeling 10.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					12 842,99
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN					
Gasleidingen - staal					
DN32	LM	FH	10	56,27	562,70
DN25	LM	FH	100	47,91	4 791,00
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	10	63,99	639,90
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	50	58,12	2 906,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN32	ST	FH	1	294,49	294,49
Gasmeter	ST	FH	10	364,89	3 648,90
VERWARMING					24 995,63
VERWARMING- ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	10	1 459,56	14 595,60
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	8 064,83	8 064,83

B.2.2 Indeling 10.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					19 167,11
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			117		
Gasleidingen - staal					
DN32	LM	FH	10	56,27	562,70
DN25	LM	FH	232	47,91	11 115,12
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	10	63,99	639,90
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	50	58,12	2 906,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN32	ST	FH	1	294,49	294,49
Gasmeter	ST	FH	10	364,89	3 648,90
VERWARMING					25 108,15
VERWARMING- ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	10	1 459,56	14 595,60
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	8 177,35	8 177,35

B.2.3 Indeling 20.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					39 215,60
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			300		
Gasleidingen - staal					
DN40	LM	FH	10	56,68	566,80
DN25	LM	FH	500	47,91	23 955,00
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	20	63,99	1 279,80
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	100	58,12	5 812,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN40	ST	FH	1	304,20	304,20
Gasmeter	ST	FH	20	364,89	7 297,80
VERWARMING					49 692,07
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	20	1 459,56	29 191,20
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	15 830,47	15 830,47

B.2.4 Indeling 20.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					42 569,30
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			370		
Gasleidingen - staal					
DN40	LM	FH	10	56,68	566,80
DN25	LM	FH	570	47,91	27 308,70
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	20	63,99	1 279,80
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	100	58,12	5 812,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN40	ST	FH	1	304,20	304,20
Gasmeter	ST	FH	20	364,89	7 297,80
VERWARMING					47 793,72
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	20	1 459,56	29 191,20
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	13 932,12	13 932,12

B.2.5 Indeling 30.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					63 009,00
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			714		
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	56,68	566,80
DN25	LM	FH	846	47,91	40 531,86
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	30	63,99	1 919,70
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	150	58,12	8 718,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN50	ST	FH	1	325,94	325,94
Gasmeter	ST	FH	30	364,89	10 946,70
VERWARMING					74 487,82
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	30	1 459,56	43 786,80
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	23 695,42	23 695,42

B.2.6 Indeling 30.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					65 596,14
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			600		
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	56,68	566,80
DN25	LM	FH	900	47,91	43 119,00
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	30	63,99	1 919,70
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	150	58,12	8 718,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN50	ST	FH	1	325,94	325,94
Gasmeter	ST	FH	30	364,89	10 946,70
VERWARMING					71 517,72
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	30	1 459,56	43 786,80
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	20 725,32	20 725,32

B.2.7 Indeling 40.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					91 954,94
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			1100		
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	56,68	566,80
DN25	LM	FH	1300	47,91	62 283,00
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	40	63,99	2 559,60
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	200	58,12	11 624,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN50	ST	FH	1	325,94	325,94
Gasmeter	ST	FH	40	364,89	14 595,60
VERWARMING					93 737,96
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	40	1 459,56	58 382,40
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	31 361,74	31 361,74

B.2.8 Indeling 40.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					96 458,48
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			984		
Gasleidingen - staal					
DN50	LM	FH	10	56,68	566,80
DN25	LM	FH	1394	47,91	66 786,54
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	40	63,99	2 559,60
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	200	58,12	11 624,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN50	ST	FH	1	325,94	325,94
Gasmeter	ST	FH	40	364,89	14 595,60
VERWARMING					96 313,48
VERWARMING- ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	40	1 459,56	58 382,40
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	28 590,28	28 590,28

B.2.9 Indeling 50.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					117 583,57
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			1172		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	10	66,18	661,80
DN25	LM	FH	1672	47,91	80 105,52
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	50	63,99	3 199,50
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	250	58,12	14 530,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	50	364,89	18 244,50
VERWARMING					124 919,13
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	50	1 459,56	72 978,00
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	40 265,13	40 265,13

B.2.10 Indeling 50.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					123 620,23
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			1298		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	10	66,18	661,80
DN25	LM	FH	1798	47,91	86 142,18
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	50	63,99	3 199,50
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	250	58,12	14 530,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	50	364,89	18 244,50
VERWARMING					129 119,38
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	50	1 459,56	72 978,00
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	44 465,38	44 465,38

B.2.11 Indeling 60.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					147 679,35
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			1550		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	10	66,18	661,80
DN25	LM	FH	2150	47,91	103 006,50
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	60	63,99	3 839,40
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	300	58,12	17 436,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	60	364,89	21 893,40
VERWARMING					148 477,81
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	60	1 459,56	87 573,60
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	46 893,01	46 893,01

B.2.12 Indeling 60.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					152 566,17
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			1652		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	10	66,18	661,80
DN25	LM	FH	2252	47,91	107 893,32
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	60	63,99	3 839,40
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	300	58,12	17 436,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	60	364,89	21 893,40
VERWARMING					0,00
VERWARMING - ALGEMEEN					152 803,78
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	60	1 459,56	87 573,60
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	51 218,98	51 218,98

B.2.13 Indeling 70.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					171 302,81
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			1786		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	15	66,18	992,70
DN25	LM	FH	2486	47,91	119 104,26
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	70	63,99	4 479,30
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	350	58,12	20 342,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	70	364,89	25 542,30
VERWARMING					175 337,23
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	70	1 459,56	102 169,20
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	56 821,63	56 821,63

B.2.14 Indeling 70.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					182 034,65
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			2010		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	15	66,18	992,70
DN25	LM	FH	2710	47,91	129 836,10
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	70	63,99	4 479,30
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	350	58,12	20 342,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	70	364,89	25 542,30
VERWARMING					177 361,30
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	70	1 459,56	102 169,20
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	58 845,70	58 845,70

B.2.15 Indeling 80.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					203 123,35
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			2200		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	15	66,18	992,70
DN25	LM	FH	3000	47,91	143 730,00
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	80	63,99	5 119,20
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	400	58,12	23 248,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	80	364,89	29 191,20
VERWARMING					197 870,68
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	80	1 459,56	116 764,80
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	62 424,28	62 424,28

B.2.16 Indeling 80.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					218 933,65
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			2540		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	15	66,18	992,70
DN25	LM	FH	3330	47,91	159 540,30
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	80	63,99	5 119,20
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	400	58,12	23 248,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	80	364,89	29 191,20
VERWARMING					203 069,77
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	80	1 459,56	116 764,80
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	67 623,37	67 623,37

B.2.17 Indeling 90.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					234 752,25
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			2920		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	15	66,18	992,70
DN25	LM	FH	3510	47,91	168 164,10
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	90	63,99	5 759,10
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	450	58,12	26 154,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	90	364,89	32 840,10
VERWARMING					223 671,55
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	90	1 459,56	131 360,40
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	71 294,35	71 294,35

B.2.18 Indeling 90.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					257 749,05
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			3090		
Gasleidingen - staal					
DN65	LM	FH	15	66,18	992,70
DN25	LM	FH	3990	47,91	191 160,90
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	90	63,99	5 759,10
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	450	58,12	26 154,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN65	ST	FH	1	842,25	842,25
Gasmeter	ST	FH	90	364,89	32 840,10
VERWARMING					228 778,24
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	90	1 459,56	131 360,40
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	76 401,04	76 401,04

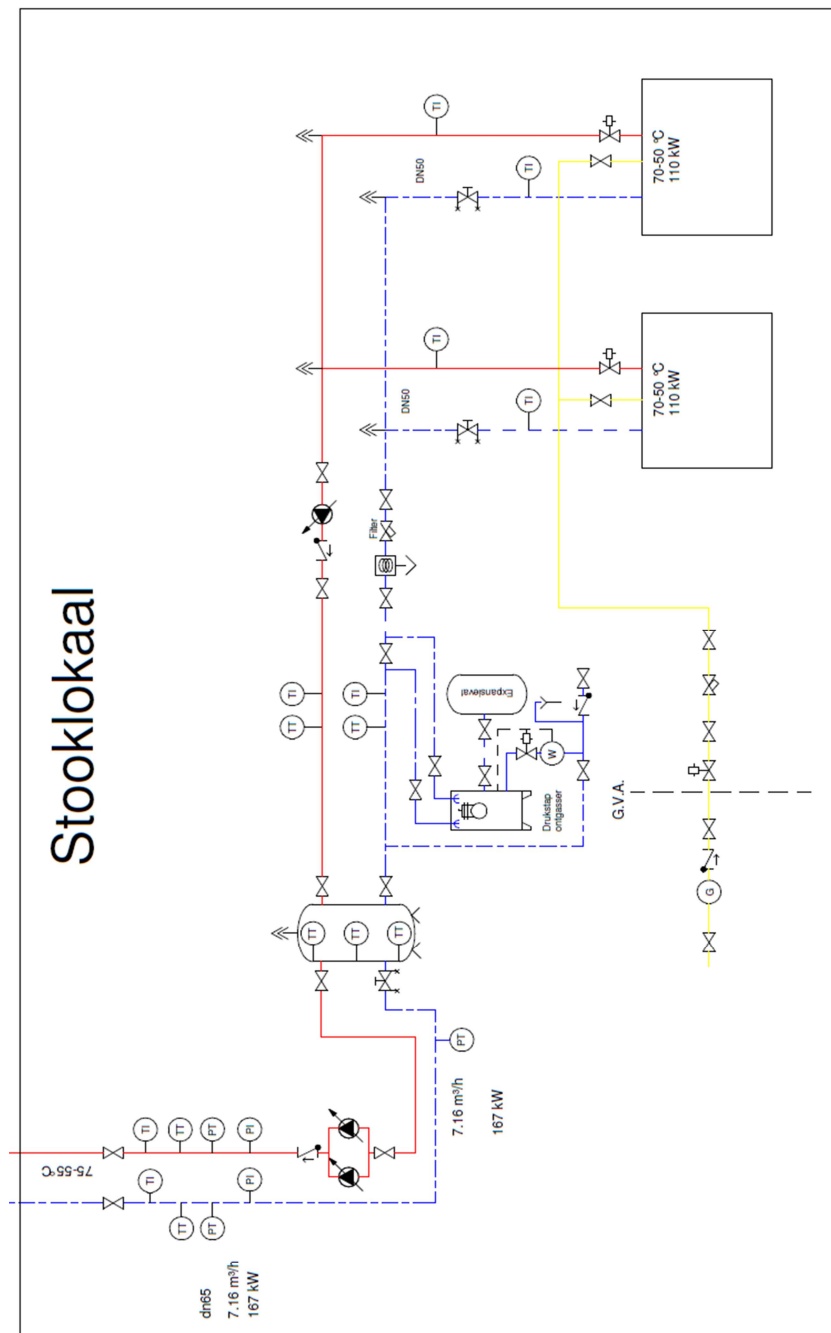
B.2.19 Indeling 100.1

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					268 172,68
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			3050		
Gasleidingen - staal					
DN80	LM	FH	15	73,80	1 107,00
DN25	LM	FH	4050	47,91	194 035,50
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	100	63,99	6 399,00
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	500	58,12	29 060
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN80	ST	FH	1	1 082,18	1 082,18
Gasmeter	ST	FH	100	364,89	36 489,00
VERWARMING					265 917,03
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	100	1 459,56	145 956,00
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	77 909,03	77 909,03



B.2.20 Indeling 100.2

Omschrijving		EH	N	Ehprijs	totaal
GASINSTALLATIES					289 732,18
GASINSTALLATIES - ALGEMEEN					
GASLEIDINGEN - ALGEMEEN			3500		
Gasleidingen - staal					
DN80	LM	FH	15	73,80	1 107,00
DN25	LM	FH	4500	47,91	215 595,00
GASKRANEN - ALGEMEEN					
Gaskranen - gasfilter					
DN25	ST	FH	100	63,99	6 399,00
Gaskranen - afsluitkranen					
DN25	ST	FH	500	58,12	29 060,00
Gaskranen - elektromagneet gas afsluiter					
DN80	ST	FH	1	1 082,18	1 082,18
Gasmeter	ST	FH	100	364,89	36 489,00
VERWARMING					265 917,03
VERWARMING - ALGEMEEN					
GASWANDKETELS - ALGEMEEN					
Gaswandketels	ST	FH	100	1 459,56	145 956,00
Toebehoren CLV rookgasbuis		GP	1	77 909,03	77 909,03

Bijlage C: Principeschema stookplaats



Legende

-  Atrikleur
-  Inregelafsluiter
-  Drukcompenserende regelafsluiter
-  Tweeweg Afsluiter
-  proportionele bypassventiel
-  Ontluchter
-  Modulerende pomp
-  Keerklap
-  Vullafschneider
-  Y-Zeeffilter
-  Afoer
-  Pulwasteller
-  Wijzeplaat thermometer
-  Temperatuur transmitter
-  Druk transmitter
-  CO2 sensor
-  Relatieve vochtigheidsensor
-  Verschuldruk meting
-  Branddetectie
-  Drukclap ontgasser

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
**Techno-economische evaluatie van warmteverdeelssystemen in
appartementengebouwen met centrale warmteproductie of
warmtenet-aansluiting**

Richting: **master in de industriële wetenschappen: energie-elektrotechniek**
Jaar: **2018**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de
Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt
behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -,
vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten
verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de
rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat
de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt
door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de
Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de
eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen
wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze
overeenkomst.

Voor akkoord,

Bemelmans, Amber

Hermans, Jules

Datum: **3/06/2018**