

Afstudeerverslag Peter Brus

“Optimalisatie Zee Water Warmte Centrale”

In dit afstudeerverslag wordt omschreven hoe de optimalisatie, uitbreiding en verplaatsing van de zeewater warmtecentrale kan worden gerealiseerd.



student	P.E. Brus
studentnummer	1576874
cursus / onderdeel / code	Afstudeeropdracht / TTIT-AFST-11
datum	29 mei 2012
plaats	Pijnacker
versie / status	12032012 / versie 2.0
docent / opdrachtgever	Dhr. Ir. J.P. Madlener / dhr. J. van Hulsbergen, Vestia Den Haag

Samenvatting

Algemeen.

Vestia Den Haag Scheveningen (lees opdrachtgever), is eigenaar van een **ZeeWater Warmte Centrale** (ZWWC). De ZWWC levert momenteel laagtemperatuur warmte aan een woonwijk van 585 woningen. Het is de bedoeling om de wijk uit te bereiden naar 850 of 1350 woningen. Deze ZWWC is momenteel het enige project in de wereld waar warmte uit zeewater wordt gewonnen.

Vraagstelling.

- Behaalt de ZWWC het vooraf berekende rendement en hoe kan dit worden verbeterd.
- Wat wordt de capaciteit na uitbreiding.
- Welke alternatieve energiebronnen kunnen worden gecombineerd.
- De ZWWC staat op een tijdelijke locatie en moet worden verplaatst, hoe is dit realiseerbaar.

Werking ZWWC.

Eerst is een analyse gemaakt over de werking van de ZWWC en een omschrijving gegeven van de vier bedrijfsperiode. Tijdens de neutrale periode is de aangeleverde thermische energie door de vloerkoeling en de energie opname uit het systeem voor warmwaterproductie in balans.

Gebruikte Rekenmethodiek.

Om het rendement en de capaciteit van de centrale te bepalen. Is als methodiek gebruik gemaakt van opnames ter plaatse, informatie uit eerder onderzoeken en diverse berekeningen.

Uitkomst van het rendement van de centrale.

Uit de opnames en berekeningen komt naar voren dat de ZWWC nog niet geheel aan de verwachtingen voldoet. Het allover COP is 2,56 en zou 3,2 moeten zijn.

Verbetervoorstel.

De focus is gelegd op de grootste verliezen. Dit zijn voornamelijk de distributiepompen. Als aanpassing wordt voorgesteld om de bleedholdes in de kleppen van de decentrale warmtepompen te verkleinen. De COP kan hiermee worden verbeterd tot 2,71.

Uitbreiding van de ZWWC

Om de ZWWC te kunnen uitbreiden is er een berekening gemaakt van de huidige capaciteit. Deze is doorgerekend naar de capaciteit van de centrale indien de uitbreiding gerealiseerd wordt op de locatie van het Norfolk terrein.

Aanvulling met alternatieve duurzame energie.

Als aanvulling van de ZWWC zijn er twee opties meegenomen in het onderzoek. Een combinatie met biomassa en een combinatie met een warmtekracht koppeling.

Verbetering van het rendement.

Verbetering van het rendement van de ZWWC is mogelijk met het verminderen van het watertransport over het distributienet. De uitbreiding en het verplaatsen van de ZWWC naar een andere locatie is goed mogelijk mist rekening gehouden wordt met de leidinglengte van het distributie net, bereikbaarheid van zeewater en de investeringen.

Als eindconclusie kan gesteld worden dat de ZWWC na het maken van de voorgestelde en enkele aanvullende aanpassingen het energetisch zo slecht nog niet doet.

Inhoud

Afstudeerverslag Peter Brus	1
“Optimalisatie Zee Water Warmte Centrale”	1
1 Voorwoord	5
2 Inleiding	6
2.1 Algemeen	6
2.2 De rol van de onderzoeker	6
2.3 Leeswijzer:	6
2.4 De opdracht:	7
2.5 Eindproducten:	7
3 Vestia Den Haag Scheveningen	8
3.1 Wie is Vestia	8
3.2 Wat doet Vestia	8
4 Project organisatie	9
4.1 Werkwijze	10
4.2 Communicatie:	10
5 Project / Opdracht	11
5.1 Doelstelling	11
5.2 Opdracht	11
5.3 Eisen en randvoorwaarden	11
5.3.1 Eisen	11
5.3.2 Randvoorwaarden	12
5.4 Globale fasering	13
5.4.1 planning en mijlpalen:	13
5.4.2 Realisatie per fase / mijlpaal	13
5.4.3 Eindproducten	15
6 Analyse	16
6.1 Werking duurzame warmtevoorziening	16
6.2 Werking van de Zee Water Warmte Centrale	17
6.3 Distributienet	20
6.4 Energetisch rendement	22
6.5 Overview	23
6.6 Informatie analyse t.b.v. de rendementsbepaling	24
6.7 Methodiek	25
7 Warmtestromen bepaling	26
7.1 Warmtevraag van de woningen	26
7.2 Warmte geleverd door de ZWWC	27
7.3 Tussentijdse conclusie warmtestroom bepaling	29
8 Verbeter voorstel / optimaliseren	30
8.1 Optimalisatie Advies voor verbetering van het rendement	30

8.2	<i>Aanpassingen distributienet</i>	31
8.3	<i>Tussentijdse conclusie van het verbetervoorstel</i>	33
9	Capaciteit ZWWC na uitbreiding en verplaatsing	34
10	Alternatieve combinaties met andere duurzame energie voorzieningen	36
10.1	<i>Biomassa (hout pellet) installatie</i>	36
10.2	<i>Warmte krachtkoppeling (WKK)</i>	38
10.3	<i>Tussentijdse conclusie alternatieven</i>	40
11	Conclusie en kosten-baten overzicht	41
11.1	<i>Evaluatie</i>	41
11.2	<i>Conclusie</i>	41
11.3	<i>Kosten-baten overzicht energie en onderhoudskosten</i>	42
11.4	<i>Aanbevelingen</i>	42
12	Reflectie en evaluatie	43
12.1.1	<i>Zelfreflectie</i>	43
12.2	<i>Proces en planning</i>	43
12.2.1	<i>Projectaanpak</i>	43
12.3	<i>Strokenplanning</i>	44
12.4	<i>Calculatie uren en kosten</i>	45
12.5	<i>Projectevaluatie</i>	45
13	Afkorting en begrippen	46
13.1.1	<i>Afkorting</i>	46
13.1.2	<i>Begrippen</i>	46
14	Bronnen	47
15	Bijlagen:	48

1 Voorwoord

Vestia Den Haag Scheveningen heeft de afgelopen jaren enkele duurzame warmteprojecten gerealiseerd. De energievoorziening van de wijk Duindorp is het meest aansprekende voorbeeld. Een combinatie van warmtewinning uit zeewater en een ingenieus distributienet zorgt er voor dat de wijk Duindorp zichzelf warm houdt.

De wijk Duindorp is zo ingericht dat er zo minimaal mogelijk warmte verliezen zijn. Goede isolatie, vloerverwarming en een balansventilatiesysteem zorgen ervoor dat er weinig energie nodig is om de woningen het hele jaar door op een aangename temperatuur te houden. De woningen zijn gebouwd met een EPC van 0,61. Het moderne klimaatsysteem verwarmt de woning in de winter en koelt de woningen in de warme zomermaanden.

Omdat de wijk Duindorp direct aan zee ligt, lag het voor de hand om de woningen van warmte te voorzien met de energie uit het zeewater. Om dit te realiseren is er voor een primaire warmtepomp installatie aan de haven en secundaire decentraal warmtepompen in de woningen gekozen.

Inmiddels zijn er 585 woningen van de geplande 850 woningen op de installatie aangesloten en zijn er project ontwikkelingsplannen, om op de huidige locatie van de zeewater warmte centrale nog eens ca. 500 woningen te bouwen. Om dit te kunnen realiseren moet de zeewater warmte centrale worden uitgebreid en verplaatst worden naar een andere locatie aan zee.

Tijdens het ontwikkelen van dit duurzame project is een berekening gemaakt van de te verwachte rendementen. Voordat de centrale wordt her-ontwikkeld moet er eerst een studie gemaakt worden van het werkelijke rendement en de mogelijkheden van uitbreiding.

In dit verslag wordt er tevens een voorstel gedaan, hoe de verplaatsing en uitbreiding kan worden gerealiseerd en welke keuzes er gemaakt moeten worden.

Het eindproject is ontstaan en mogelijk gemaakt door meerdere personen, daarvoor wil ik een woord van dank opnemen in dit verslag. Met de vorming van dit verslag is er gebruik gemaakt van gegevens van een werkelijk te ontwikkelen project, dat tot stand is gekomen door medewerking van Vestia Den Haag Scheveningen, Cerres projecten en Deerns Raadgevende ingenieurs BV

In het bijzonder gaat mijn dank uit naar mijn afstudeerbegeleider Jan Hulsbergen van Vestia Den Haag Scheveningen om mij in de gelegenheid te stellen mijn onderzoek bij Vestia te mogen doen.

Tot slot, gaat mijn dank uit naar mijn begeleiders vanuit de Hogeschool Utrecht, vooral aan dhr. Hans Madlener en dhr. Henny Schaapveld, voor de opbouwende commentaren en het stellen van scherpe vragen. En natuurlijk niet te vergeten mijn vrouw en gezin voor het geduld wat zij hebben moeten opbrengen tijdens mijn afstudeer fase.

Veel leesplezier,

2 Inleiding

2.1 Algemeen

De opdracht bestaat uit het uitbreiden en verplaatsen van het duurzame project “warmte uit zeewater”. Hierbij is het noodzakelijk te onderzoeken wat de energiestromen en de rendementen van de huidige ZWWC zijn en waar de kansen liggen om de rendementen te verbeteren. Dit geheel in samenwerking met een nieuwe te ontwikkelen locatie.

2.2 De rol van de onderzoeker

De rol van de onderzoeker-student in deze opdracht is het analyseren wat de huidige rendementen van de ZeeWater Warmte Centrale (ZWWC) zijn. Dit is van belang om te bepalen welke richting gedacht moet gaan worden voor de uitbreiding van de zeewater warmte centrale. En tevens om de verplaatsing in goede banen te leiden en zo veel mogelijk faalkosten vooraf te elimineren.

2.3 Leeswijzer:

In dit verslag is een omschrijving gegeven van het onderzoek dat gedaan is in 2011 en 2012. Het zijn veel analyses en berekeningen, wat de leesbaarheid niet ten goede komt. Om toch verduidelijking te geven zijn er zoveel mogelijk afbeeldingen en flowcharts ingevoegd. In de bijlage 1 t/m 6 is de uitwerking van de berekeningen uitvoeriger omschreven, aangevuld met tabellen en rekenmethoden.

Hoofdstuk 2, dit hoofdstuk begint met een algemene inleiding en de aanleiding tot het onderzoek wordt toegelicht.

Hoofdstuk 3, in dit hoofdstuk wordt uiteengezet wie Vestia is en wat de doelstellingen van Vestia zijn.

Hoofdstuk 4, geeft een weergave van de structuur, de werkwijze en de communicatie van de projectgroep weer.

Hoofdstuk 5, in dit hoofdstuk worden de project doelstellingen en opdracht wordt uiteengezet zodat duidelijk wordt wat de probleemstelling en de onderzoeksvragen zijn. De scope en de randvoorwaarden van het onderzoek is in paragraaf 5.3.2. toegelicht en vervolgens is uitgelegd op welke wijze de antwoorden op de onderzoeksvragen gezocht zijn en van welke methodes hierbij zijn gebruikt.

Hoofdstuk 6, een de analyse gedaan naar de werking van de ZWWC en weergegeven welke methodiek is gebruikt. Tevens worden in dit hoofdstuk een analyse gedaan van het rendement van de ZWWC.

Hoofdstuk 7, geeft in bewoording en schema's weer hoe de warmtestromen van het systeem zijn opgebouwd.

Hoofdstuk 8, er wordt in dit hoofdstuk omschreven hoe er een energie verbeterslag tot stand kan komen.

Hoofdstuk 9 en 10, in deze hoofdstukken is geanalyseerd hoe de ZWWC kan worden uitgebreid en eventueel kan worden aangevuld met een alternatieve energievoorziening.

Hoofdstuk 11, geeft een totale conclusie weer, in de vorige hoofdstukken is er een tussentijdse conclusie per hoofdstuk omschreven.

Hoofdstuk 12, voor de volledigheid van de afstudeer opdracht is in dit hoofdstuk een reflectie en een evaluatie opgezet.

2.4 De opdracht:

Vestia Den Haag Scheveningen is beheerder van één van de vooruitstrevende duurzame warmte opwekking systemen van de afgelopen jaren, genoemd een Zee Water Warmte Centrale. Met deze warmtepomp centrale wordt warmte(energie) uit zeewater gewonnen. De centrale levert op dit moment warmte voor 585 woningen en is berekend voor 850 woningen. Daarnaast ligt er een stadsontwikkelingsplan voor nog eens 500 woningen.

Omdat het momenteel te onduidelijk is wat de verbruiksrendementen van de zeewater warmte centrale zijn, is het van belang dit te onderzoeken. Het vermoeden bestaat dat er een verbeteringsslag gemaakt kan/moet worden. Voor het uitbreiden van de centrale moet dit eerst duidelijk zijn, omdat er een systeem keuze voor de toekomst gemaakt moet worden.

Om dit helder te krijgen moet er onderzoek gedaan worden en een plan van aanpak worden opgesteld of er binnen de financiële budgetten een energiezuinige oplossing haalbaar is.

Hiervoor moet er eerst een duidelijk beeld ontstaan wat de energiestromen en de rendementen van de ZWWC zijn en waar de kansen liggen om de rendementen te verbeteren. Dit geheel in overeenstemming met de uitbreiding.

2.5 Eindproducten:

- Rendementen van de huidige centrale.
- Bij onvoldoende gebruiksrendement, wat te doen voor verbetering.
- Technische verbeter voorstel inclusief kosten/baten vergelijk uitwerking en haalbaarheid.

3 Vestia Den Haag Scheveningen

3.1 Wie is Vestia

Vestia is een woningbouwcoöperatie die verdeeld over 15 woonbedrijven 89.000 woningen en 8.000 bedrijfsruimten beheert. Het beschikt over 4 vak-bedrijven en 1150 medewerkers die het beheer voor hun rekening nemen. De corebusiness van Vestia is de verhuur en verkoop van woningen. De Vestia onderhoudsdiensten verzorgt het dagelijks onderhoud. Ceres en Estrada verzorgen de projectontwikkeling.

Vestia Den Haag Scheveningen is onderdeel van de Vestia Groep. (Verder te noemen VDHS) VDHS beheert ca. 5000 woningen. Onderdeel van het beheer is de wijk Duindorp waar tijdens de herontwikkelings van de wijk gekozen is voor een duurzaam verwarming en koelsysteem.

3.2 Wat doet Vestia

Het werken aan vernieuwing van buurten en wijken, werken aan wonen met zorg, verbeteren van kansen van huisvesting voor jongeren, het werken aan leefbaarheid en veiligheid. Met het doel goede, betaalbare en duurzame huisvesting voor bijzondere doelgroepen te realiseren.

4 Project organisatie

Voor het onderzoek naar de mogelijkheden voor de verdere ontwikkeling van de verbetering van de ZWWC is een projectteam ingericht dat uit de volgende structuur bestaat.

Naam : Dhr. J. Hulsbergen Vestia Den Haag Scheveningen
Functie : Manager vastgoedbeheer
Rol : Opdrachtgever
Adres : dr. Lelykade 10b Den Haag

Naam : Peter Brus
Studentnummer : 1576874
Functie : Afstudeerder
Rol : Onderzoeker, adviseur
Adres : Wilgenweg 25, 2641 NW Pijnacker

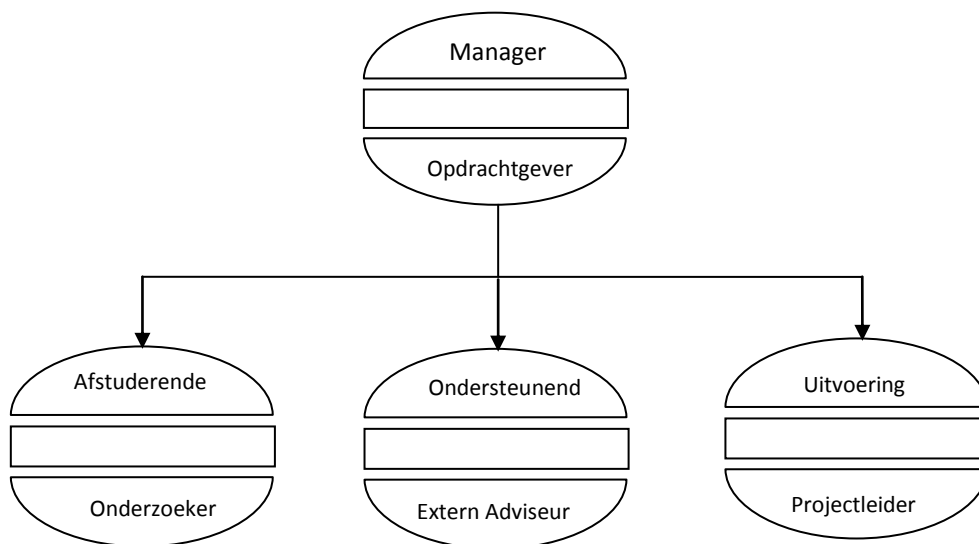


Fig. 1 Organigram

4.1 Werkwijze

De werkwijze en tijdbesteding van de student:

Werkwijze:

Onderzoek en vergaderingen worden zoveel mogelijk integraal gedaan door samenwerking te zoeken met de overige afdelingen en deelbedrijven.

Werktijden:

Door Vestia ben ik als zelfstandige 24 uur per week ingehuurd voor ondersteuning aan de vastgoedbeheerders en technisch advies op de afdeling Vastgoedbeheer. Tijdens de dagelijkse werkzaamheden is er een klein deel van het onderzoek gedaan omdat dit buiten werktijd niet mogelijk was. Nadat de wekelijkse colleges waren vervallen ben ik deze tijd gaan besteden aan het afstuderen. Voor het uitwerken van de analyses en documenten is de benodigde tijd in het weekend en avonden gebruikt.

4.2 Communicatie:

Vergaderingen : voortgangsoverleg van het projectteam

Frequentie : maandelijks

Locatie : Ceres Projecten

Aanwezigen

- dhr. D van der Muyden (Projectleider, Ceres Projecten)
- dhr. M. Bachi (Energie adviseur, Vestia Energie)
- dhr. P. Brus (Afstudeerder/onderzoeker, VDHS)

Verslaglegging:

Door de aanwezigen wordt beurtelings en verslag opgesteld en verspreid aan onderstaande personen;

- dhr. J Hulsbergen (VDHS)
- dhr. D van der Muyden (Ceres Projecten)
- dhr. M. Bachi (Vestia Energie)
- dhr. P. Brus (VDHS)

5 Project / Opdracht

In Duindorp is de zeewaterwarmtecentrale (ZWWC) sinds het begin van de zomer 2008 in gebruik. Het aantal op de ZWWC aangesloten woningen groeit sindsdien gestaag en daarom zal de ZWWC moeten worden uitgebreid. Door de ontwikkeling van de huidige locatie van de ZWWC voor woningbouw moet de ZWWC verplaatst worden.

5.1 Doelstelling

Voorafgaande aan de het ontwikkelen van de nieuwe locatie van de ZWWC moet de energetische prestatie van de Zeewatercentrale onderzocht. Door een combinatie van metingen en berekeningen wordt het mogelijk deze prestatie in kaart te brengen. Indien blijkt dat de ZWWC niet een aan de vooraf energetische verwachtingen voldoet zal er een alternatief moeten worden ontwikkeld.

Voor de opdrachtgever is het van belang om de opdracht in het kader van de BIM methodiek op te zetten, zodat de faalkosten tot een minimum zullen worden beperkt tijdens de uitbreiding en er in de toekomst een beter beheersbare en financieel verantwoorde zeewaterwarmte centrale ontstaat. Dit in het belang van de opdrachtgever en zijn huurders.

5.2 De opdracht

Onderzoeken of binnen de mogelijkheden er een duidelijk beeld ontstaat wat de energiestromen en de rendementen van de ZWWC zijn en waar de kansen liggen om de rendementen te verbeteren. Dit geheel in samenwerking met de verplaatsing van de ZWWC.

5.3 Eisen en randvoorwaarden

5.3.1 Eisen

Het document moet bestaan uit een geordende verzameling gegevens om te komen tot de ontwikkeling en herbouw van de zeewaterwarmte centrale. Het product van het proces moet een samenhangend geheel van activiteiten voor het verzamelen, bewerken, evalueren en overdragen van informatie, dat nodig is om de behoeften, wensen en eisen van de opdrachtgever en de toekomstige gebruiker definiëren, evenals de uitgangspunten voor het ontwerp- en realisatieproces (voor zover mogelijk) vast te stellen.

Het eindproduct van het onderzoek moet minimaal aangeven wat de mogelijkheden zijn :

- Voldoet de centrale aan de energetische verwachtingen.
- Zijn er energie besparing mogelijkheden.
- Zijn er uitbreiding en verplaatsingsmogelijkheden.
- Wat zijn de mogelijkheden van aanvulling met andere duurzame energievoorzieningen.

5.3.2 Randvoorwaarden

Technische randvoorwaarden

Hieronder wordt een beschrijving gegeven van de gewenste technische eisen. Het kwaliteitsniveau hiervan mag niet onder het publiekrechtelijke niveau uit komen. Privaatrechtelijk kan een hoger kwaliteitsniveau worden gesteld, gericht op de wensen van de opdrachtgever. Het budget moet passend zijn voor het gekozen kwaliteitsniveau.

COP

De COP van de ZWWC moet minimaal voldoen aan een waarde van 11. Dit om het Niet Meer Dan Anders principe aan de gebruikers te kunnen garanderen. Indien dit niet wordt gehaald moet er een oplossing worden gezocht alvorens de centrale kan worden verplaatst en uitgebreid.

Ruimtelijke eisen Locatie

De nieuwe locatie moet voldoen aan alle wettelijke eisen. Bezwaarschriften van belanghebbenden dienen bekend te zijn. Ter plaatse van het gebouw dient echter bij wind uit zee, er rekening gehouden te worden met verontreinigde lucht uit zee. Ter plaatse van de waterinname dient er rekening gehouden te worden met de kwaliteit van het zeewater.

Bouwkundige aspecten

Het exterieur en het interieur van de algemeen toegankelijke gebouwdelen moeten eenvoudig kunnen worden onderhouden en schoongemaakt en onderhoudsarm zijn. De vormgeving van gebouw, gebouwdelen en gebouwelementen dient zodanig te zijn dat onderhoud (incl. schoonmaken) gemakkelijk uitvoerbaar is.

Materiaal- en kleurkeuze van de afwerking van vloeren en wanden in de algemeen toegankelijke gebouwdelen moet worden afgestemd op de intensiteit van het gebruik: de slijtage en vervuiling dient minimaal te zijn.

De draagconstructie dient zodanig te worden ontworpen dat op eenvoudige wijze onderhoud kan worden gepleegd. Onderdelen van het gebouw die liggen op de voor vandalisme gevoelige plaatsen, dienen qua detaillering en materiaalkeuze hierop te worden afgestemd.

Projectvorming

Om het project te laten slagen moet de werkwijze van het project volgens het BIM principe worden ingericht en uitgevoerd. Dat zal inhouden dat de werkwijze en opzet van de projectgroep al in begin stadia met gezamenlijke informatiemodellen gaan werken.

Planning

Omdat het project op dit moment nog in ontwikkeling genomen moet worden is het alleen mogelijk een concept planning op te zetten.

Budgetten

Voor het opstellen van de budgetten is het in dit stadium nog te vroeg. Eerst moet het planologische gedeelte worden ingevuld. Daar waar het noodzakelijk is om met budgetten te rekenen, zijn er kengetallen gebruikt.

5.4 Globale fasering

5.4.1 planning en mijlpalen:

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| 1. Opdracht bespreking | januari 2012 |
| 2. Gegevens verzamelen en analyse | februari 2012 |
| 3. Realisatie onderzoek | maart 2010 |
| 4. Verbeter advies opstellen | maart 2012 |
| 5. Masterplan uitwerken | april 2012 |
| 6. Uitwerken eindrapport | mei 2012 |
| 7. Inleveren eindverslag | 29 mei 2012 |

5.4.2 Realisatie per fase / mijlpaal

1. Opdracht bespreking (januari 2012)

Stappenplan

Bespreking met opdrachtgever is in overleg uitgevoerd. De opdracht is gezamenlijk opgesteld

Resultaten eindverslag

Het resultaat zal aansluiten aan de opdracht,

Mogelijke risico's

Gezien de omvang van de opdracht zijn er risico's te verwachten in de tijdsoverschrijding.

2. Gegevens verzamelen en analyse (februari 2012)

Stappenplan

Gegevens verzamelen en analyseren door deze te verzamelen bij de financiële administratie, opnames ter plaatse en gegevens verzamelen van eerdere onderzoeken.

Resultaten eindverslag

Het verwacht resultaat moet aansluiten aan de vooraf afgesproken gegevens.

Mogelijke risico's

Het risico is dat de gegevens niet voldoende informatie verstrekken

3. Realisatie onderzoek (maart 2010)

Stappenplan

Na het analyseren van de gegevens, moeten er diverse rekenmethode worden opgesteld en eventueel door zelf onderzoek worden opgesteld

Resultaten eindverslag

Het resultaat is moeilijk vast te stellen omdat het onderzoek niet eerder gedaan is. Ondanks dat is er vooraf wel aan gegeven dat er minimaal de overall COP bekend moet worden.

Mogelijke risico's

Onvoldoend resultaat uit de analyse zal belemmering geven op de mogelijkheid een juiste berekening te ontwikkelen.

4. Verbeter advies opstellen (maart 2012)

Stappenplan

Naar aanleiding van de uitkomsten uit de realisatie wordt er een verbeteradvies opgesteld.

Resultaten eindverslag

Het verbetervoorstel moet leiden tot een beter rendement van de ZWWC, als dit niet gerealiseerd kan worden met de huidige installatie wordt er over gegaan naar een aanpassing in de vorm van een andere alternatieve duurzame energie(warmte) voorziening.

Mogelijke risico's

De risico's die kunnen ontstaan zijn nihil, alleen het resultaat kan voor te veel werk binnen het te besteden tijdsbestek.

5. Masterplan uitwerken (april 2012)

Stappenplan

Het masterplan zal de volgende stappen omvatten:

- Uitbreiding ZWWC
- Projectteam samenstelling in een BIM structuur.

Resultaten eindverslag

Het eindresultaat van deze fase houdt in een terdege masterplan met voldoende informatie om een projectteam met structuren en een PvE om het project te kunnen starten.

Mogelijke risico's

Te verwachte risico's zijn dat de gekozen locatie op den duur niet gerealiseerd kan worden omdat op dit moment de ontwikkeling van het "Norfolk" terrein voor woningbouw nog niet gestart is.

6. Uitwerken eindrapport (mei 2012)

Stappenplan

Het eindrapport wordt gedurende het project wekelijks bijgewerkt en zal gelijk met de ontwikkeling van het project meelopen.

Resultaten eindverslag

Een goed en duidelijk verslag met als resultaat een terdege advies voor de opdrachtgever.

Mogelijke risico's

Het risico wat in deze opdracht kan lopen is dat tijdens het project de opdracht van de student bij de opdrachtgever stopt en de er een deel van de uitwerking fictief moet gebeuren.

7. Inleveren eindverslag (29 mei 2012)

Stappenplan

Volgens opgave van de HU.

Resultaten eindverslag

Een voldoende beoordeling

Mogelijke risico's

Niet voldoende resultaat om af te studeren.

5.4.3 Eindproducten

Navolgend wordt er opgegeven welke eindproducten er aan de opdrachtgever worden opgeleverd. De samenstelling van de documenten in een chronologische volgorde opgesteld.

1. Het energie onderzoek bestaat uit:
 - a. Energiestromen
 - b. Berekeningen van de te verwachte COP van de huidige centrale.
 - c. Verslaglegging van het energie onderzoek.
2. Analyse van het energie onderzoek
3. Verschillende voorstellen van duurzame alternatieven voor de ZWWC.
4. Advies voor het vervolg traject met keuze matrix voor de uitbreiding en verplaatsing.
5. Locatie keuze in Onuma
6. Ontwerpvoorstel van de installatie na het verplaatsen van de ZWWC.
7. Keuzematrix
8. Eindverslag.
9. Presentatie

6 Analyse

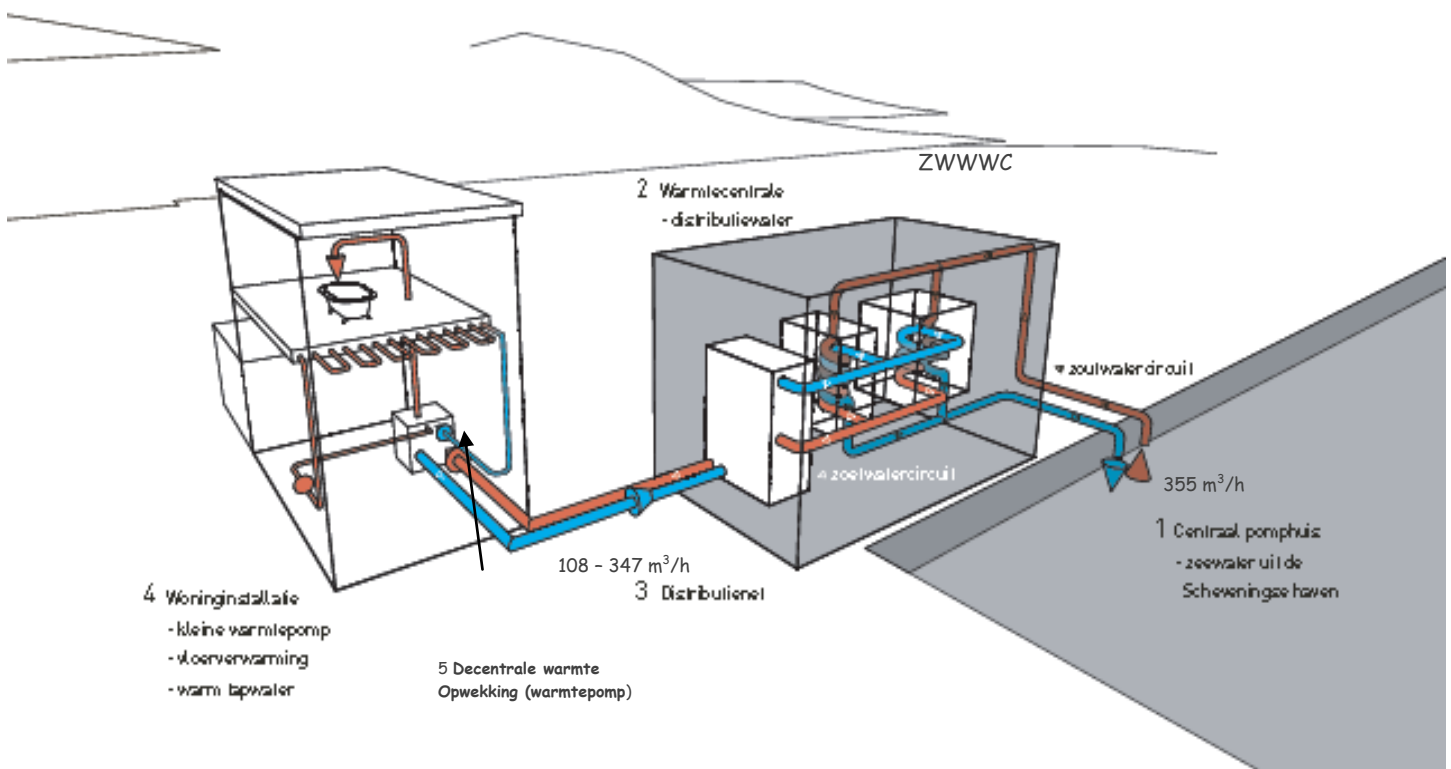
6.1 Werking duurzame warmtevoorziening

Algemeen

Voor de volledigheid van het onderzoek is het van belang om eerst een verkorte uitleg te geven over de werking van de Zee Water Warmte Centrale. Het systeem is bedoeld als duurzaam warmte opwekkingsproject. Het basis principe is verdeeld in twee hoofd componenten. Een primair en een secundair verwarmingssysteem.

Het primaire deel noemen we de Zee Water Warmte Centrale, deze dient voor de primaire warmte opwekking van lage temperatuur warmte. Het secundaire systeem is in de woningen als decentraal warmtepompen opgesteld. Deze brengen de lage temperatuur duurzaam naar een bruikbare warmte. Een grafische afbeelding van het de combinatie van beide systemen is in afbeelding 1 weergegeven.

Naast de twee systemen hebben we te maken met twee watercircuits. Een zoutwater en een zoetwater circuit. De scheiding van beide circuits wordt door warmtewisselaars gerealiseerd.

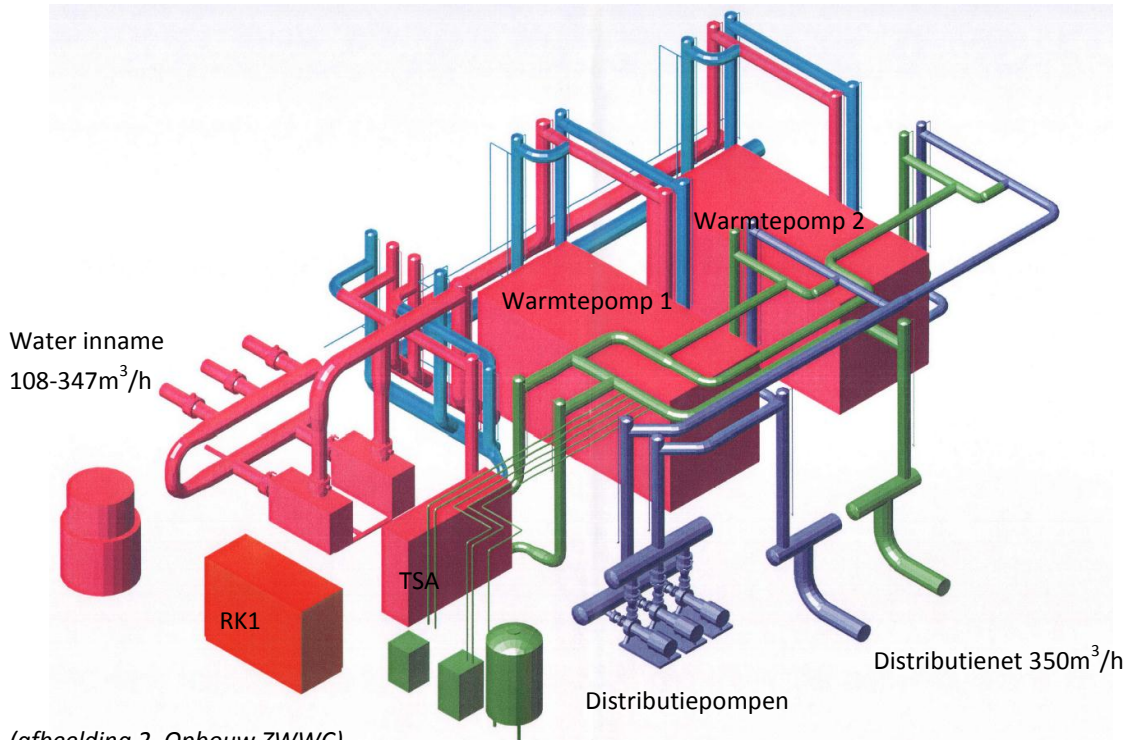


(afbeelding 1. ZWWC systeem)

6.2 Werking van de Zee Water Warmte Centrale

Centraal pomphuis, zeewater

In het centrale pomphuis wordt voldoende zeewater uit de haven wordt ingenomen. Met pompompen op 4 meter onder de waterlijn, wordt het zeewater naar de warmtecentrale getransporteerd (ca. 108 – 347 m³/h met een ΔT van 5°C)



(afbeelding 2. Opbouw ZWWC)

Zeewater Warmte Centrale

In de warmtecentrale bevinden zich diverse warmtewisselaar en twee stuks warmtepompen die de warmte van het zoute zeewatercircuit overdragen aan een zoetwater systeem in het distributienet.



(afbeelding 3. Warmtepompen)

In de wintermaanden zal het zeewater te koud zijn om warmte rechtstreeks af te staan aan het distributienet. In dat geval brengen centrale warmtepompen het distributiewater op de gewenste

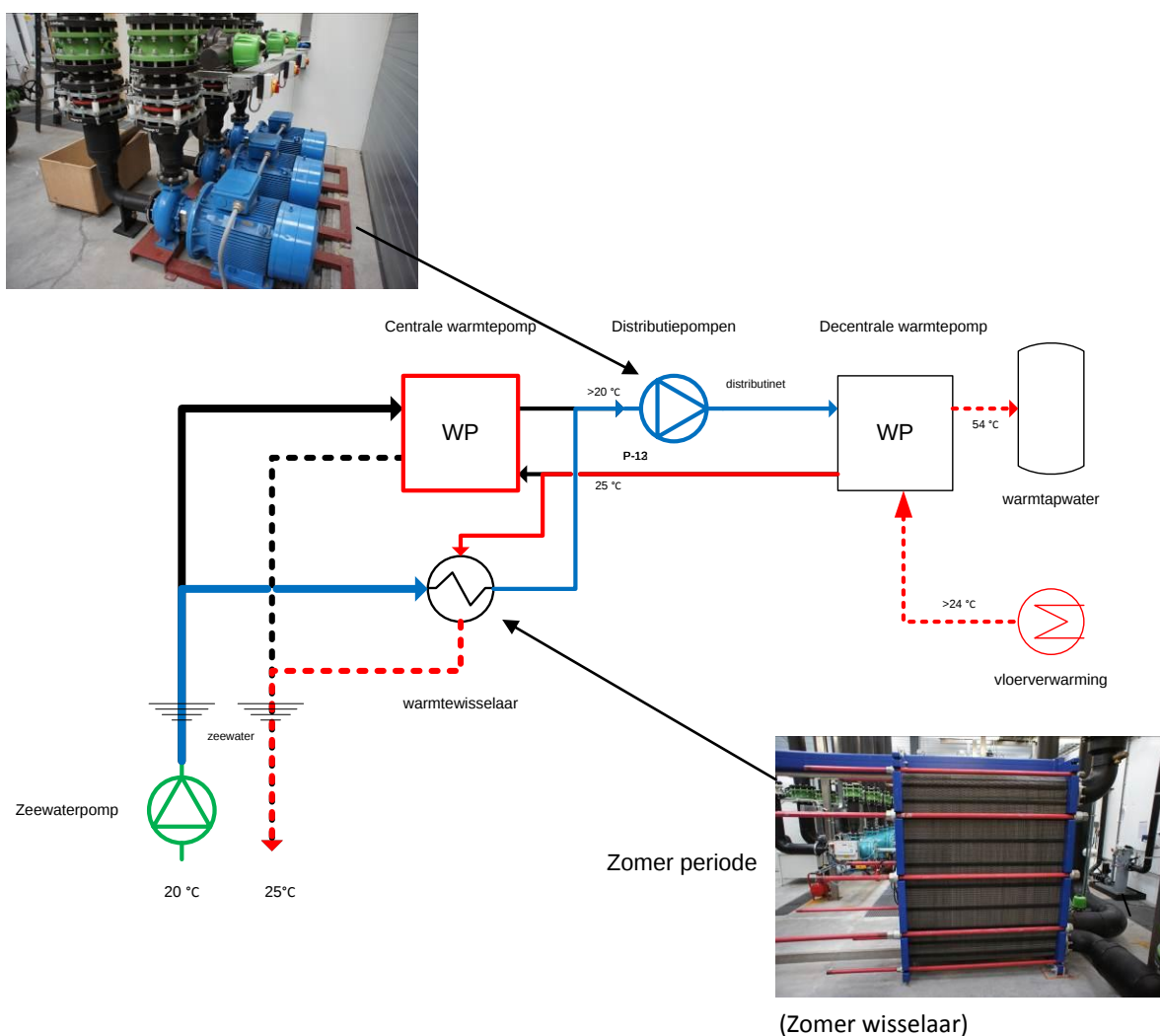
temperatuur van ca. 13°C. In de zomer komt er te veel warmte in de woningen en wordt er passieve koeling toegepast. Deze warmte moet weer worden afgevoerd. Hieronder wordt uitleg gegeven over de werking van de warmtehuishouding.

De warmte uitwisseling van de ZWWC gebeurt in 4 fasen, deze fase zijn onderverdeeld in:

- (a) Zomer periode
- (b) Neutrale periode
- (c) Tussen periode
- (d) Winter periode

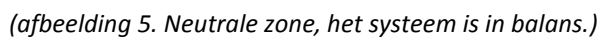
(a) Zomer periode

In deze periode wordt er in de woningen gekoeld en wordt er meer warmte in het distributienet gebracht dan wordt opgenomen door het warmtapwater. De overtollige warmte wordt gekoeld met zeewater. De distributiepomp werkt op ca. 60-75%



(afbeelding 4. Warmte uitwisseling in de zomerperiode.)

Tijdens de neutrale periode worden de woningen gekoeld en wordt de warmte in het distributienet gebracht. De warmte die in het distributienet wordt gebracht, wordt door het opwekken van warmtapwater opgenomen. Het systeem is in balans. De distributiepomp werkt op ca. 60-75%

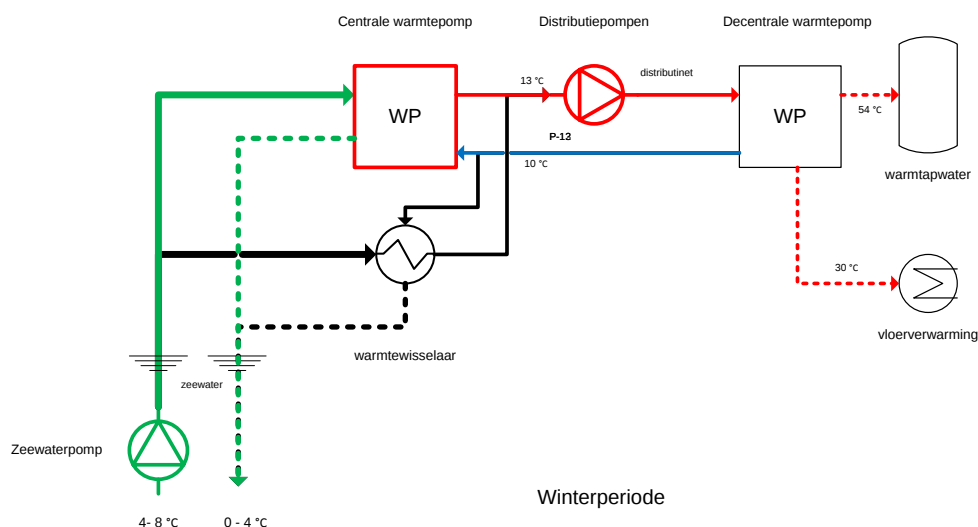


Tijdens het begin van de koudere periode worden de woningen vanuit distributienet van primaire warmte voorzien. De warmte wordt op dat moment rechtstreeks onttrokken vanuit het zeewater. Dit is mogelijk tot een zeewatertemperatuur van ca. 10 °C. De distributiepomp werkt op ca. 70-85%



(d) Winter periode

Tijdens de winter periode worden de woningen eveneens vanuit distributienet van warmte voorzien. De warmte wordt aan het distributienet toegevoerd vanuit het centrale warmtapwater. De warmte wordt onttrokken vanuit het zeewater met behulp van warmtepompen. De distributiepomp werkt op ca. 70-85%



(afbeelding 7. Winter periode)

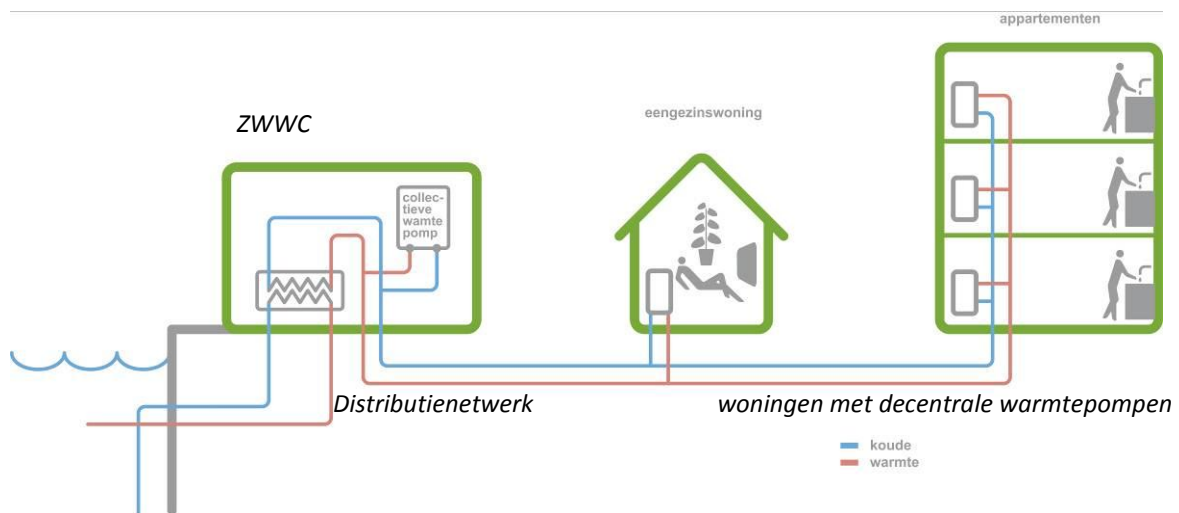
Bio-organisme

Omdat er zeewater gebruikt wordt als energiebron moet er rekening worden gehouden met bio-organisme in het water. Gedacht moet worden aan mosselen en kleine schelpdieren. Door de aanwezigheid van schelpdieren in het water kunnen verstoppingen ontstaan. Om de groei van bio-organisme tegen te gaan is er een chloordoseringsinstallatie geïnstalleerd. Deze chloordoseringsinstallatie zorgt dat het zeewater dat naar het TSA en warmtepomp getransporteerd wordt, gedoseerd is tot een zeewater/chloorbleekloog mengsel van ca. [4mg/l]. Dit voorkomt de groei van bio-organisme in het leidingsysteem. In verband met de mosselzaad sprong, wordt er in de zomermaanden intensiever gedoseerd dan in de wintermaanden.

6.3 Distributienet

De circulatiepompen in het distributienet zorgen ervoor dat de bronwarmte van gemiddeld 13 °C door het distributienet stroomt. De hoofdleiding van het distributienet lopen grotendeels onder de openbare weg. Via aftakkingen worden alle woningen van bronwarmte voorzien.

Op het distributienet zijn momenteel circa 585 woningen met een eigen warmtepomp aangesloten. Het distributienet is tot aan de grootste leiding afstand circa 1500 meter. Dit is in de wijk te verdelen over 8 woonblokken. Bij de ingang van elk onafhankelijk woonblok wordt het drukverschil over het distributienet gemeten, de waterhoeveelheid wordt geregeld op druk verschil. Deze met een minimaal drukverschil van 120 kPa. Op de laagst gemeten druk worden de distributiepompen met frequentieregelaars in de ZWWC gestuurd. De berekende hoeveelheid zoetwater dat in het distributienet wordt rond gepompt is ca. 355 m³/h met een ΔT van 3°C.



(afbeelding 8. Distributienet schematisch)



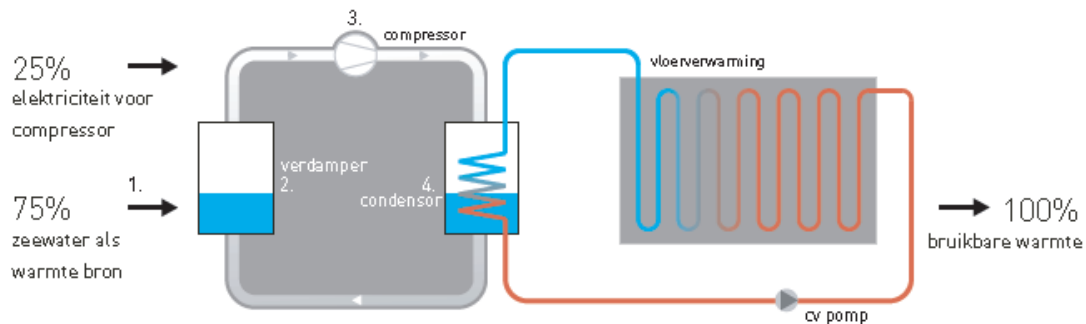
(afbeelding 9. Distributienet plattegrond)

Woningen

Elke woning heeft een decentrale warmtepomp die warmte van het water van ca. 13°C onttrekt aan het distributienet en opgewarmd tot ca. 35°C voor de ruimte verwarming en 54°C voor het warmtapwater.

Op zich is dit geen nieuwe ontwikkeling maar door het verhogen van de brontemperatuur voor de warmtepomp in de woningen van 8 °C naar 13°C zal de COP (Coëfficiënt of Performance of wel het energetisch rendement) van de individuele warmtepomp in de woningen verhogen van standaard 5,85 naar ca. 7,33. Een versimpelde weergave van de werking van een warmtepomp is in afbeelding 10 weergegeven.

De warmtepompen in de woningen wordt gevoed door elektriciteit uit het elektriciteitsnet. Door een omgekeerde koelcompressor wordt de warmte onttrokken uit het distributienet van de ZWWC. Op het moment dat de warmtepomp gedurende een bepaalde tijd niet voldoende warmte levert schakelt er een elektrisch verwarmingselement in voor elektrische bijstook.



(Afbeelding 10. Woning installatie)

6.4 Energetisch rendement

Het is voor Vestia den haag Scheveningen van groot belang te weten te komen of de zeewater warmte centrale voldoet aan het vooraf vastgestelde rendement. Dit is cruciaal om te kunnen bepalen of het zinvol is om de centrale bij verplaatsing en uitbreiding. Verplaatsing is noodzakelijk, omdat op de huidige locatie (een tijdelijke locatie) woningbouw projectontwikkeling gaat plaats vinden.

De uitdaging van de ZWWC is om het distributienet met zo minmogelijk energie verbruik te exploiteren. Rekening houdend met het gegeven dat In verband met warmtapwater op elk moment er warmte voor de woningen beschikbaar moet zijn en is de installatie dus continu in bedrijf is.

6.5 Overview

Om de eerste vraagstelling van de opdrachtgever te kunnen beantwoorden is het noodzakelijk om met de huidige gegevens een duidelijke analyse te maken van de vraagstelling door de opdrachtgever. Er zijn het afgelopen jaar diverse onderzoeken gedaan en gegevens verzameld waarmee dit onderzoek gestart kon worden.

Hieronder worden de verzamelde aanwezige gegevens opgegeven:

- Verbruik gegevens van het energie bedrijf;
- Meterstanden van de verschillende onderdelen in de ZWWC;
- Resultaten en gegevens uit eerdere onderzoeken zoals het NMDA onderzoek van adviesbureau DWA;
- Klimaatgegevens over 2011 incl. het aantal graaddagen;
- De verwachte COP uit de ontwerpgegevens van Deerns;
- De minimaal geëiste COP van 11 [-] van de ZWWC om een rendabel systeem te kunnen exploiteren;
- Kennis van het havengebied van Scheveningen.

Belangrijke doelstellingen van het onderzoek zijn:

- Wat is het energetische rendement van de huidige ZWWC;
- Is het mogelijk om het rendement nog verder te verbeteren;
- Indien de verbeteringen niet het verwachte resultaat oplevert welke alternatieven zijn er mogelijk;
- Wat wordt de gewenste capaciteit van de nieuw te bouwen centrale;
- Wat kan een nieuwe locatie van de Zee Water Warmte Centrale worden;
- Kan het ontwikkelen van de nieuwe ZWWC in een BIM organisatie en hoe zou dit kunnen worden geïmplementeerd.

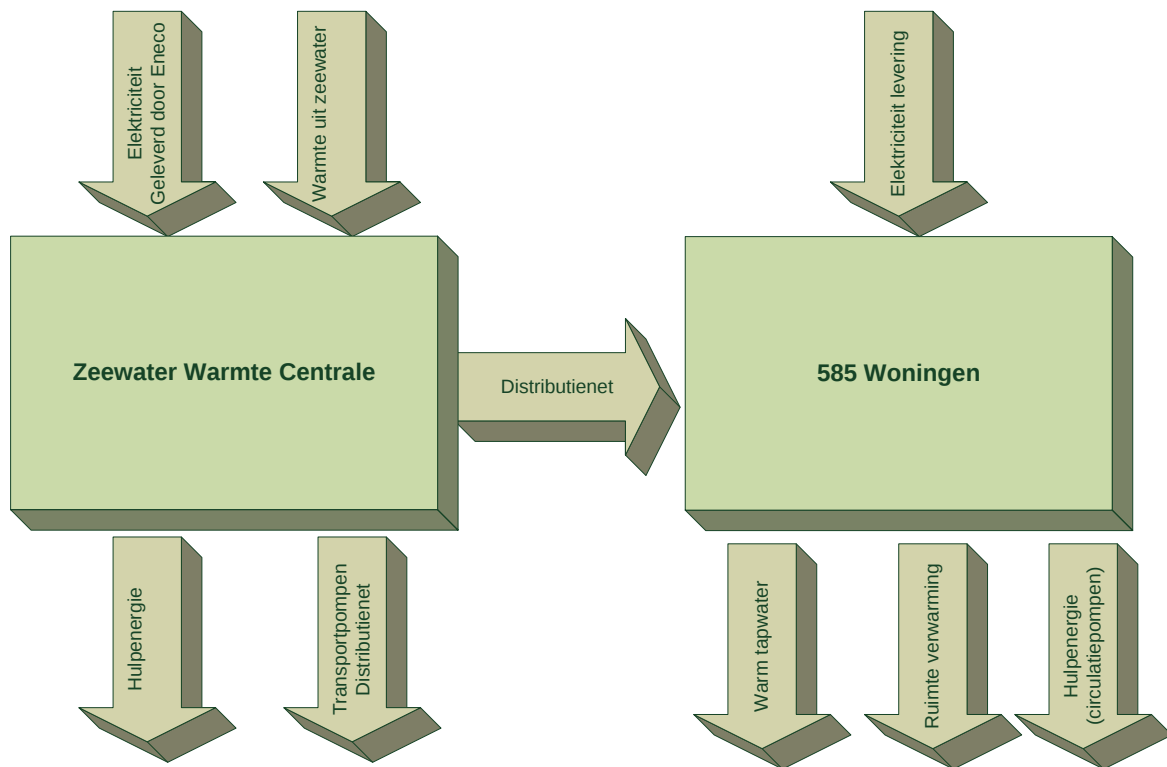
6.6 Informatie analyse t.b.v. de rendementsbepaling

Samen met de gegevens uit de elektriciteitsrekening van de centrale, en de berekende warmtevraag uit de wijk, is een eerste analyse gemaakt van de energetische prestatie van de warmtewinning uit zeewater van de ZWWC. Die is van belang omdat die waarde expliciet vergeleken kan worden met andere wijzen van bronwarmte opwekking.

Een werkelijk bepaling van de energieprestatie van de centrale is echter nog niet mogelijk, omdat op het moment van het onderzoek de meetgegevens niet van alle energiestromen bekend waren. Er zijn echter wel een aantal gegevens bekend, waaruit de energetische prestatie kan worden afgeleid zoals:

1. Het door Eneco over 2011 vastgesteld elektriciteitsgebruik van de ZWWC.
2. De periodiek opgenomen meterstanden van de energiemeters van de frequentieregelaars van de zeewater- en de transportpompen. Het verschil tussen het totale gebruik van de ZWWC en het gebruik door de pompen is de som van het elektriciteitsgebruik van de centrale warmtepompen en de hulpenergie (regelkasten, elektrische verwarming en dergelijke). Het gebruik van de pompen is het verschil van de meterstanden aan het begin en het eind van het jaar.
3. De transmissieberekeningen van alle nu aanwezige woningtypen. Samen met de klimaatgegevens geeft dit een beeld van de warmtevraag van de woningen voor verwarming, die is ruwweg recht evenredig met het temperatuurverschil tussen de buitentemperatuur en de stookgrens. De stookgrens van de woningen in Duindorp ligt op ongeveer 18°C.
4. De klimaatgegevens over 2011 van Hoek van Holland. Aangenomen wordt dat deze gegevens representatief zijn voor Duindorp: Hoek van Holland is nabij en ligt eveneens aan zee. De gegevens zijn voorhanden in de vorm van graaddagen bij een stookgrens van 18°C.
5. Het gemiddelde warmtapwatergebruik van een gezin: 90 liter warm tapwater per dag.
6. Het rendement (COP) van de in de woningen toegepaste warmtepompen voor verwarming en voor warm tapwaterbereiding, zoals deze ten behoeve van een kwaliteitsverklaring door TNO voor verschillende typen toegepaste IVT warmtepompen zijn bepaald. Waar deze gegevens niet beschikbaar waren, zijn de fabrieksmatig opgegeven waarden gehanteerd.
7. De ingebruiknamedatum van (de Meeuwenhof) de 181 woningen zijn vanaf begin maart 2011 opgeleverd. Voor de berekening van de warmteafname is een lineaire groei van het aantal gebruikte woningen aangehouden over de periode maart-juni 2011. Vanaf juni 2011 is gerekend met alle 585 aangesloten woningen.

De energieprestatie van de ZWWC wordt afgeleid van de bovenstaande gegevens. De manier waarop, wordt hieronder beschreven. In afbeelding 11 is een schematische afbeelding van de energiestromen weergegeven.



(Afbeelding 11. Schematisch voorgestelde energiestromen van het ZWWC systeem)

6.7 Methodiek

Om antwoorden op de gestelde vragen uit de opdracht te kunnen beantwoorden is er gekozen voor de methodiek van het onderzoek, gebaseerd op:

- Het vooraf bepalen van de richting van het onderzoek
- De al aanwezige informatie.
- Een vaste route van het onderzoek
- Eventueel te nemen tussenstappen van het onderzoek (deelvragen)

Omdat er al diverse informatie voorhanden was, is er gebruikgemaakt van deze informatie om dubbeling van informatie verzameling te voorkomen.

Beschikbare informatie:

- Onderzoek naar het “Niet Meer Dan Anders” principe door onderzoeksbureau DWA.
- Energie opnamen uit 2010 van de woningen.
- Energie rekening van de ZWWC over 2011

Door de heldere vraagstelling van de opdrachtgever is al grotendeels vastgelegd wat de richting van het onderzoek moet worden en in welke stappen dit gerealiseerd kan worden. Om een herhaling van de al vooraf omschreven informatie te voorkomen wordt naar de voorgaande hoofdstukken verwezen.

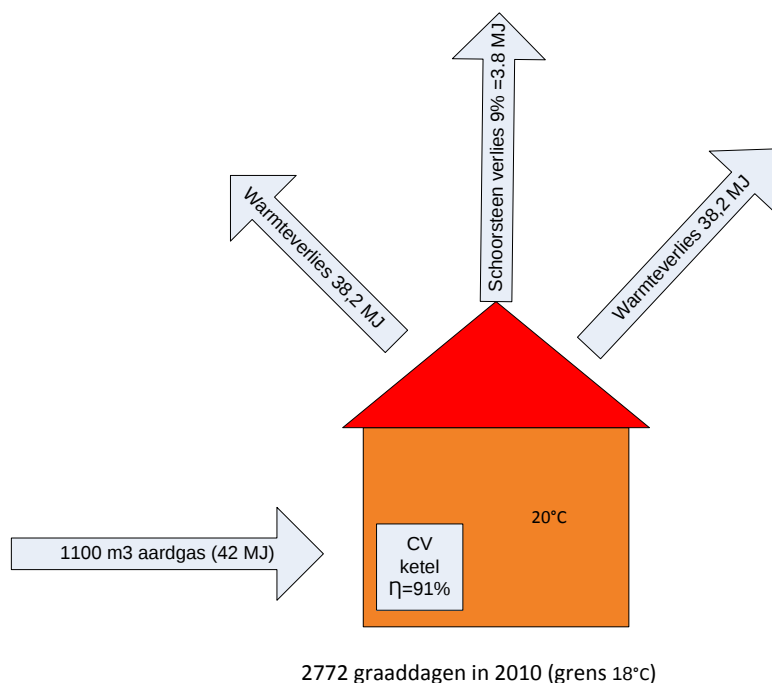
7 Warmtestromen bepaling

7.1 Warmtevraag van de woningen

Door adviesbureau DWA zijn in 2010 metingen en onderzoek uitgevoerd om de energielast voor de woningen van Duindorp te onderzoeken. In dit onderzoek is gekeken naar het energie verbruik van de woningen en dit vergeleken met gelijkwaardige woningen, maar dan uitgevoerd met den HR Cv-ketels.

Een van de conclusies uit hun rapportage is, dat het equivalente gasgebruik voor ruimteverwarming van de woningen, over de beschouwde meetperiode, die loopt van week 19/2009 tot week 18/2010, gemiddeld $1.100 \text{ m}^3/\text{jaar}$ bedraagt. Dit met een rendement van de Cv-ketel van 91% op bovenwaarde.

Voor een woning in het gebruiksgebied brengt dit de gemiddelde warmtevraag van de woningen indien gasgestookt, op $1100/0,91 \times 35,17 \text{ MJ} = 42,5 \text{ GJ}$. (stookwaarde Nederlands aardgas = $35,17 \text{ MJ/m}^3$)



(Afbeelding 12. Energie verliezen van de woningen indien met Aardgas verwarmd)

De metingen en berekeningen van DWA zijn gedaan over de periode van 2010 terwijl de energie toevoeren van de ZWWC opgenomen zijn over 2011. Dit houdt in dat we het verbruik en de energie leveringen niet 1 op 1 met elkaar kunnen vergelijken. Om toch tot een bruikbaar resultaat te komen is in bijlage 1 een berekening tussen de graaddagen opgenomen om het mogelijk te maken om tot een verrekening te komen.

Voor een zo realistisch mogelijk resultaat, zijn de graaddagen van 2011, die gebaseerd zijn op een stookgrens van 18°C , afgestemd op de waarden die adviesbureau DWA in hun rapportage hebben gehanteerd. Voor deze berekening is in de bijlage 1 de warmtevraag van de woningen op basis van graaddagen, de transmissieberekeningen van de woningen en de aantallen (typen) woningen per fase berekend.

Berekende correctiefactor van de stookgrens

Het in de bijlage berekende equivalente gasgebruik over de meetperiode is 1176 m³ per woning voor ruimteverwarming over de periode van 2011.

Dit correspondeert met een stookgrens van 16,8°C. Voor de betreffende thermische kwaliteit van de schil van de woningen lijkt dit een realistische waarde. Op grond hiervan wordt de correctiefactor realistisch geacht.

Om te komen tot een warmtevraag van de woningen aan het bronwarmtenet, moet de warmtevraag van de woningen nader worden geanalyseerd en worden opgesplitst in een deel elektrische verwarming uit bijstook, elektrische energie voor de warmtepomp en de uit het bronwarmtenet onttrokken warmte.

Uit de analyse van het jaarlijkse energie verbruik van alle woningen (zie bijlage 1) komen de volgende gegevens naar voren:

Energie voor de ruimte verwarming van de woningen:

- Elektrische bijstook voor ruimte verwarming	131,6 MWh.
- Energie levering door de woningwarmtepompen	4254.6 MWh
- Totaal warmtevraag voor ruimte verwarming	4386.2 MWh.

Elektriciteitsgebruik warmtepompen 4254.6 MWh /COP van 5,5 773,6 MWh

De energie onttrokken aan het bronwarmtenet (4254.6 – 773.6MWh.) **3481,0 MWh.**

De berekende warmtevraag voor warmtapwater

- Elektrische bijstook voor warmtapwater (3%)	81,2 MWh.
- Energie levering door warmtepompen	<u>1078,2 MWh.</u>
- Totaal warmtevraag voor warmtapwater	1159,4 MWh.

Elektriciteitsgebruik warmtepompen 1078,2 MWh. / COP van 1,9 467,1 MWh

De energie onttrokken aan het bronwarmtenet (1078,2- 467,1 MWh.) **611.1 MWh.**

Warmte geleverd door het bronwarmtenet.

Totaal wordt dus 3481,0 MWh + 611.0 MWh = **4092,0 MWh** aan warmte door het bronwarmtenet aan de woningen geleverd verdeeld over woningverwarming en warm tapwater.

In de zomer wordt er gedurende ca. 10 weken warmte aan het distributienet geleverd door de koeling van de woningen. Hiermee houdt het systeem zich zelf gedurende die periode in balans.

Door de woningen wordt er aan het bronwarmtenet ca. **224,0 MWh** warmte geleverd. Het restant van 4092,2 – 224,0 MWh. = **3864.1 MWh.** door de ZWWC geleverd.

7.2 Warmte geleverd door de ZWWC

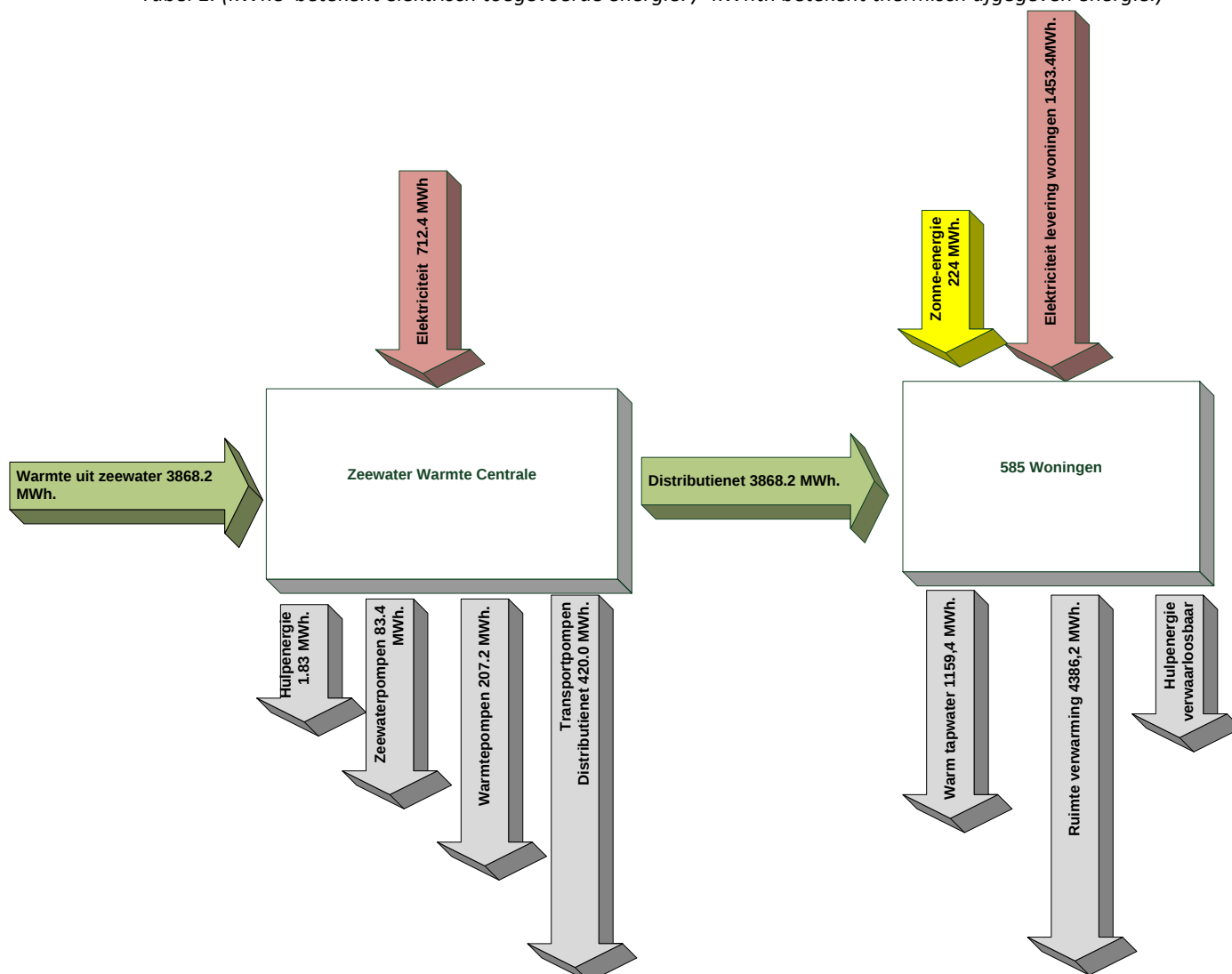
Uit de energierekening van de ZWWC over de periode 1-1-2011 t/m 31-12-2011 zien we een elektriciteits jaar gebruik zien van **712,4 MWh.**

Uit de onderstaande genoemde energiestromen kunnen verschillende energieprestatie-indicatoren worden berekend. (zie bijlage 1) het resultaat van de berekeningen geeft een overall **COP** van de ZWWC van **2,56[-]**.

In onderstaand afbeelding nr. 13 is een schematische voorstelling van de energiestromen van de ZWWC weergegeven waarin te zien is dat de grootste energie wordt vernietigd door de distributiepompen.

Duindorpwoningen warmtelevering door transport elektriciteitsverbruik woningen Totale warmtevraag	energie	eenh	COP	toelichting
	4.092.159	kWh_th		
	1.453.373	kWh_e		
	5.545.532	kWh_th	3,8	COP wp-woningen
warmtelevering aanbronwarmtenet door woningen warmtelevering door ZWWC aan bronwarmtenet	223.961	kWh_th		
	3.868.198	kWh_th		
ZWWC warmtepompen/TSA (restant) zeewaterpompen(uitregistratie) distributiepompen (uit registratie) hulpenergie/overige (stelpost) ZWWC totaal (uit energierekening) ZWWC + zeewaterpompen	energie	eenh	COP	
	207.197	kWhe	18,7	COP wp-zwwc/TSA
	83.400	kWhe	46,4	COP zeewatercircuit
	418.363	kWhe	9,2	COP distributiecircuit
	1.825	kWhe		
	710.785	kWhe	5,4	COP zwwc, totaal
Duindorp + ZWWC Totaal elektr. Gebruik	292.422	kWhe	13,2	COP zwwc, totaal
	2.164.158	kWhe	2,56	COP totaal

Tabel 1. (kWhe betekent elektrisch toegevoerde energie. / kWhth betekent thermisch afgegeven energie.)



(Afbeelding 13. Energiestromen van het ZWWC systeem)

7.3 Tussentijdse conclusie warmtestroom bepaling

De energetische analyse van de ZWWC laat zien dat de centrale warmtepompen van de ZWWC, in combinatie met de zomer warmtewisselaar energetisch gelijk of zelfs iets beter functioneren dan in het ontwerp is voorzien.

Een (allover) COP van 2,56 betekend dat voor elke kW elektrische energie die in de ZWWC en de woningen wordt aangeleverd er 2,56 kW warmte wordt geleverd. Terug gerekend naar primaire energie levering betekend dit bij een rendement van de elektriciteitscentrale van 40% een totaal rendement van 102.4%

De transportpompen en de zeewaterpompen gebruiken echter teveel energie (420MWh. Per jaar). Als deze tekortkomingen zijn verholpen, dan kan de ZWWC naar verwachting conform het ontwerp functioneren.

De uitgevoerde analyse is niet alleen gebaseerd opgemeten, maar ook op aangenomen en berekende gegevens.

8 Verbeter voorstel / optimaliseren

8.1 Optimalisatie Advies voor verbetering van het rendement

Het huidige rendement van de ZWWC is in de vorige fase berekend op 2,56. Dit is voor de het geheel te laag om de exploitatie rendabel te maken. Als we het rendement (COP) opdelen dan zien we dat de deel componenten wel het gewenste resultaat behalen. Dit met uitzondering van de distributiepompen.

De COP van de warmtewinning uit zeewater, inclusief de pompenergie van de zeewaterpompen is redelijk goed (13,2.) Deze waarde kan worden vergeleken met de COP van een collectief WKO systeem, inclusief regeneratie.

Mede doordat het zeewatercircuit momenteel functioneert als een open systeem, wordt teveel pompenergie gebruikt. Ook kan de inzet van de zomer TSA verder worden vergroot indien de overmatige flow in het distributienet wordt gecorrigeerd. Dit zal leiden tot een verbetering deze COP.

De COP van de centrale warmtepompen en de zomer TSA, exclusief zeewaterpompen, is 18,7 De ontwerpwaarde van de COP is 15. Een opsplitsing van de inzet van de zomer TSA en de centrale warmtepompen is nu nog niet mogelijk. Daarom wordt de prestatie als één geheel gepresenteerd. Ook hier leidt een verhoogde inzet van de zomer TSA door correctie van de overmatige flow in het distributienet tot een hogere jaar COP.

In de afgelopen koude periode is het gedrag van de ZWWC frequent geobserveerd. Het viel op dat de COP van de centrale warmtepompen, zoals eerder geconstateerd, bij een lage belasting (350-500 kW) aan de lage kant is (waarden ruwweg variërend van 6 tot 8). Bij een hogere belasting (800 kW) is echter langdurig een betere prestatie waargenomen: COP=21, terwijl ook het verschil tussen toevoer en retourtemperatuur toenam tot een normale waarde.

Bij de lagere vermogens in combinatie met het kleine temperatuurverschil over toevoer en retour speelt de onnauwkeurigheid van de opnemers een rol: een op zich normale afwijking van een halve graad levert al snel een meetfout van tientallen procenten. Dit verschijnsel neemt af naarmate het temperatuurverschil tussen toevoer en retour groter wordt. Het temperatuur verschil ligt nu vaak op ca. 2,6 °C. (zie foto 1 en 2)



(foto 1, aanvoer distributie)



(foto 2, retour distributie)

8.2 Aanpassingen distributienet

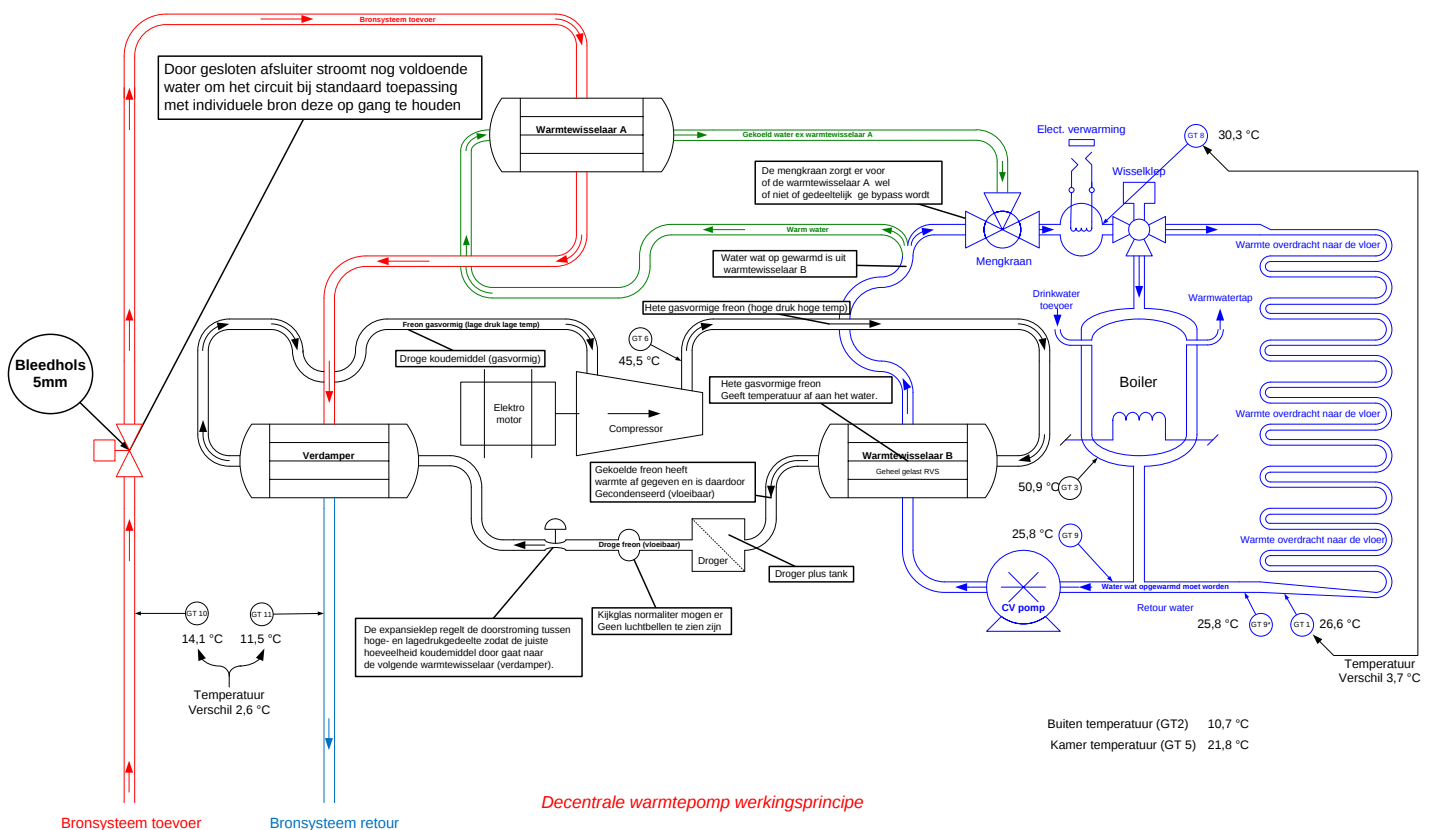
Besparingsmogelijkheden

De conclusie uit het eerste deel van het onderzoek is dat de overall COP van de gehele bronwarmteproductie 5,4 is. Deze te lage waarde wordt veroorzaakt doordat er vooral in het distributienet veel meer water wordt verpompt dan noodzakelijk. Dit wordt veroorzaakt door de zogenaamde bleedholes in de woningwarmtepompen, deze zijn veel groter dan volgens de oorspronkelijke specificatie en daardoor overmatige flow veroorzaken.

De overall COP van de gehele warmte- en warm tapwatervoorziening, is 2,56. Deze waarde is lager dan de ontwerpwaarde van 3,2. Dit wordt vooral veroorzaakt door de hierboven genoemde overmatige pompenergie en door de relatief slechte COP van de warmtapwaterproductie van de woningwarmtepompen.

Om de pompenergie te beïnvloeden moet het de hoeveelheid water over het distributienet verminderd worden. Dit is te realiseren door de bleedholes in de warmtepompen te verkleinen. Met de standaard geleverde bleedholes van 5,0 mm wordt er op dit moment door de distributiepompen gemiddeld 45,2 kW (80% van het maximale pompvermogen) elektrisch vermogen opgenomen. Hierbij word per uur ca. 355 m³ water verpompt bij een drukverschil van 2,8 bar en een ΔT van ca. 2,6 °C. De aanvoer temperatuur van de ZWWC is gemiddeld 14,1 °C en de retour 11,5 °C.

Aan de slechte COP van de warmtapwaterproductie van de decentrale warmtepompen kan niet zo veel aangepast worden. In een later stadium kan bij vervanging van de warmtepompen in de woningen een beter pomp type worden geselecteerd. Mogelijk zal de stand der techniek in de komende jaren ook nog verbeteren.



(Afbeelding 14. Decentrale warmtepomp principe)

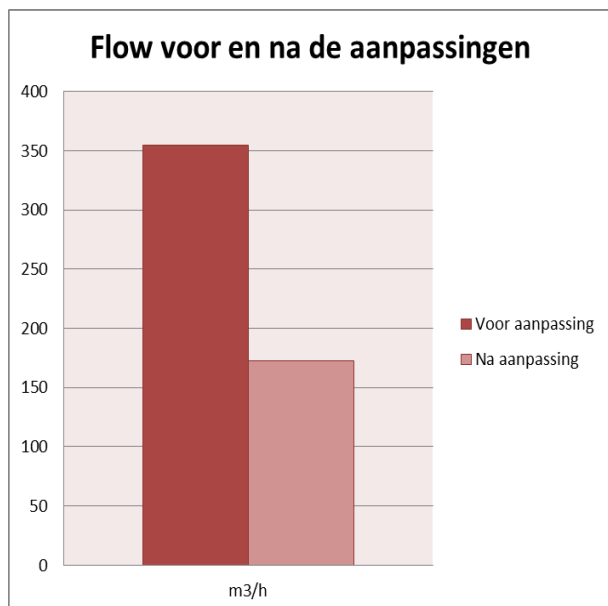
Meerdere opties

Boven zijn meerdere opties gegeven om het energieverbruik van de ZWWC te verbeteren. Omdat we ons eerst op de grootste verbruikers richten in dit onderzoek heb ik mij beperkt tot het aanpassen van de flow over het distributienet.

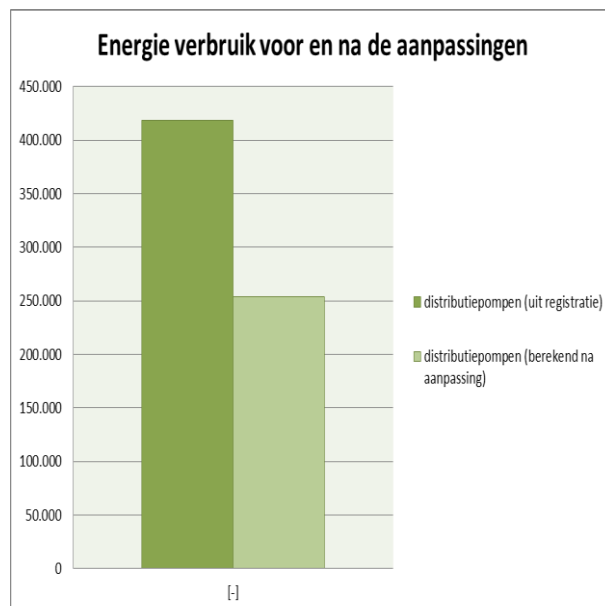
Besparingsmogelijkheid

Om het energieverbruik van de distributiepompen te verminderen moet er minder water worden rondgepompt. Door als eerste de capaciteit van de pomp te bepalen in samenhang met de diameter van de huidige standaard bleedholes kan er een rekenslag gemaakt worden naar het energieverbruik van de distributiepompen na aanpassingen. In bijlage 2 is een berekening gemaakt waaruit blijkt dat als we de bleedholes verkleinen naar 3,9mm het verbruik van de pompen terugloopt naar 28,9kW

Indien we de capaciteit van de distributiepompen weten terug te brengen naar 173 m³/h komt het gemiddelde jaar verbruik op ca. 253. 418 kWh. Dit levert een besparing van 164.944 kWh. per jaar



(Grafiek 1. flow aanpassing van het distributiewater)



(Grafiek 2. Energiewinst door flow aanpassing)

Door het aanpassen van de 3,9 mm bleedholes kan worden berekend dat de overall COP van de gehele bronwarmteproductie 7.1 [-] zal worden. De overall COP van de gehele warmte- en warm tapwatervoorziening, na aanpassingen van de bleedholes zal ca. 2,77 worden.

Deze waarde is nog steeds lager dan de ontwerp COP-waarde van 3,2 maar is al een aanzienlijke verbetering ten opzichte van de huidige situatie.

8.3 Tussentijdse conclusie van het verbetervoorstel.

Na het aanpassen van alle energetische verbeteringen van de ZWWC verbeterd naar verwachting het overall rendement van de ZWWC wel enigszins. Toch wordt er naar verwachting nog steeds meer energie verbruikt dan vooraf berekend en verwacht. De transportpompen en de zeewaterpompen gebruiken echter nog veel energie. Samen met de zeewaterpompen wordt er nog steeds 336.818 kWhe opgenomen dit is 17% van de gehele energie verbruik om de woningen van warmte, koeling en warmwater te voorzien.

Meer informatie is te lezen in de detail berekeningen in de bijlage nr. 2

9 Capaciteit ZWWC na uitbreiding en verplaatsing

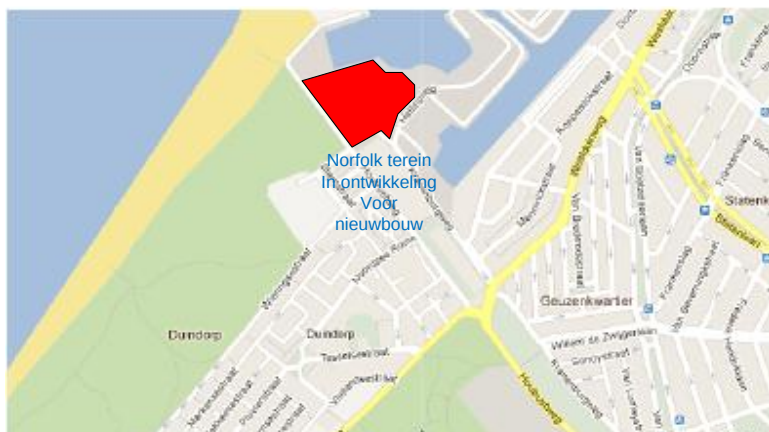
Algemeen

Het tweede deel van de opdracht bestaat uit het verplaatsen en uitbreiden van de ZWWC om deze geschikt te maken voor uitbreiding van woningbouw op de huidige locatie, het Norfolk terrein.

In het vorige hoofdstuk is geconcludeerd dat het rendement van de ZWWC de verwachtingen niet zal gaan halen, zoals die vooraf waren berekend. Hiervoor is het wenselijk dat er ook gekeken wordt naar de mogelijkheden van alternatieven duurzame energie voorzieningen.

In het onderstaande hoofdstuk wordt als eerste een berekening gemaakt van de te verwachte capaciteit van de uitbreiding. Omdat de huidige hoofdwarmtepompen pas 3 jaar in gebruik zijn, en deze volgens de NEN 2767 een te verwachte levensduur van 20-25 jaar hebben zijn deze nog lang niet afgeschreven en zou het kapitaal vernietiging zijn deze niet in het nieuwe plan op te nemen.

Om de totale capaciteit van de bestaande en de nieuw te bouwen 500 woningen te bepalen wordt er eerst gekeken naar de te verwachte capaciteiten per wooneenheid. De hoofdbestanddelen van het warmtesysteem wordt hier onder beschreven, waaraan de capaciteit van de nieuwe te bouwen ZWWC kan worden vastgesteld. In Bijlage 3 is uitvoering omschreven hoe de capaciteiten zijn behaald.



(Afbeelding 15. Nieuw ontwikkelingsgebied Norfolk terrein)

Capaciteitsberekening

Uit de in bijlage 3 gemaakte berekeningen is te filteren dat de capaciteit van de ZWWC moet worden uitgebreid naar 4362 kW. Dit impliceert dat er naast de huidige 2170 kW maximaal een vermogen van 2192 kW moet worden bijgeplaatst. Omdat het rendement van de ZWWC verbeterd moet worden gaan we in de volgende subhoofdstukken het rendement van de ZWWC aanvullen met alternatieve duurzame installaties.

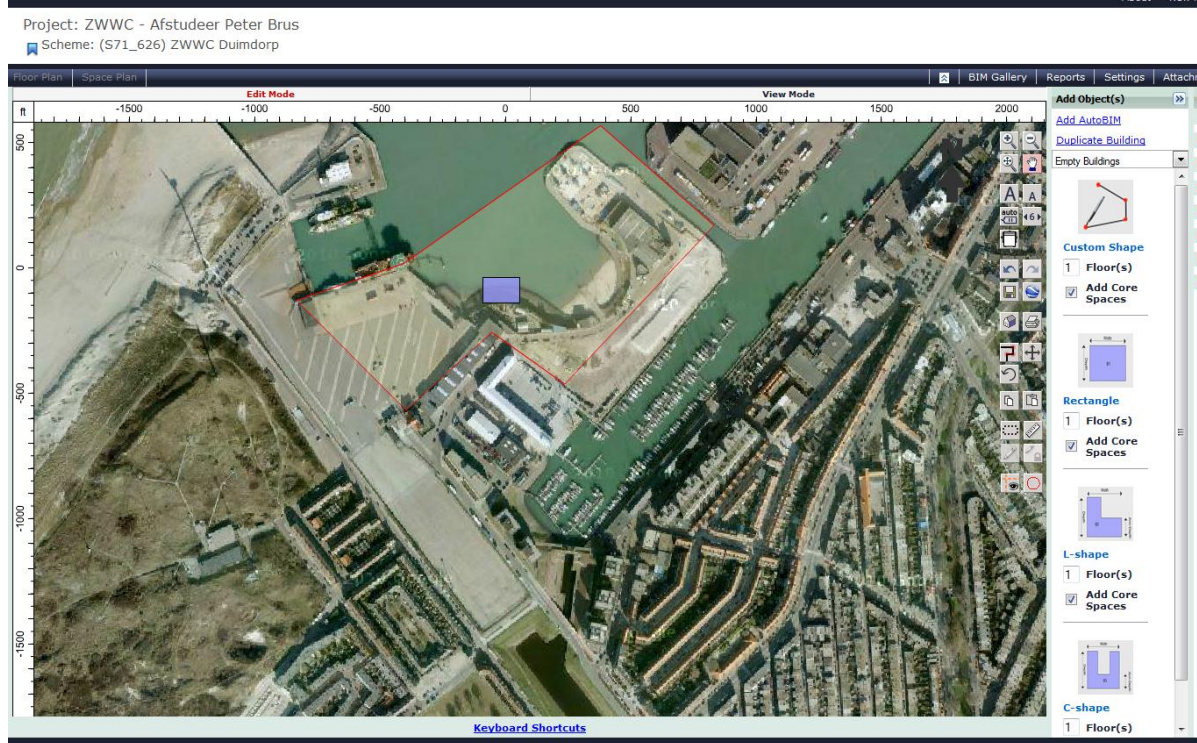
Jaarbelasting berekening, na uitbreiding

Om de berekening voor alternatieven mogelijk te maken zullen we eerst moeten bepalen wat de jaarlijkse energie verbruiken worden na het gereedkomen van de laatste fase van Duindorp aangevuld met de uitbreiding van het Norfolk terrein. Om dit te kunnen bepalen is er een rekenslag gemaakt naar woningen met een CW3(3,3kW) warmtepomp en woningen met een CW4 (4,5kW) warmtepomp. Eerst is een vergelijking opgesteld (zie Excel sheet) waarin de verhouding is vastgesteld wat het energieverbruik per woning en type warmtepomp. Hiermee kan er een rekenslag gemaakt worden naar het te verwacht totaal verbruik per uitbreidingsfase. Met deze gegevens en de reeds eerder berekende COP's van ZWWC is er berekend wat de te verwachte energie leveringen door de bron(en) zullen worden.

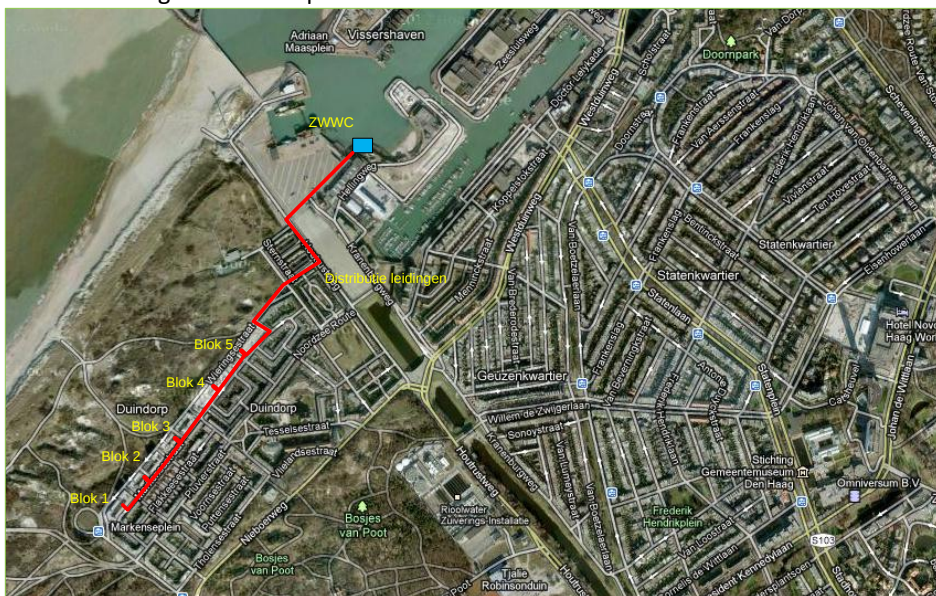
(Zie voor details bijlage 3)

Verplaatsing mogelijkheden

De verplaatsingsmogelijkheden van de ZWWC is beperkt door de ruimte rond de haven en de leidinglengte van de distributieleidingen. Een optie om de ZWWC verder naar kust te verplaatsen is niet echt realistisch omdat de leidingen dan nog veel langer worden en de weerstand navenant toeneemt. Aan de huidige haven is het juist wenselijk om te kiezen om de centrale richting de woningen te verplaatsen.

Locatie (Onuma)

Als nieuwe locatie van de ZWWC niet aan de haven mogelijk is kan er gekozen worden om de centrale op het water te plaatsen op palen. Dit zal enigszins duurder uitvallen maar altijd een betere oplossing zijn dan verder van de gebruikers te plaatsen.



10 Alternatieve combinaties met andere duurzame energie voorzieningen

Algemeen

Voor het gebruik van duurzame alternatieven als aanvulling voor de uitbreiding van de ZWWC is er gekeken naar Biomassa en naar een WKK opstelling. Beide systemen zijn onder de loep genomen. Om tijdens dit onderzoek nog meer energiebronnen zoals, windenergie op te nemen zou te ver gaan en de opdracht te veel vertragen.

10.1 Biomassa (hout pellet) installatie

Algemeen

Onder biomassa worden vele brandstoffen verstaan, dit onderzoek is voornamelijk gericht op Houtpellets. Het bouwen van biomassa (hout pellet) verwarmingssystemen is uitgegroeid tot een praktisch, eenvoudig te onderhouden en goed te regelen verwarmingssysteem. Er bestaat tegenwoordig een grote verscheidenheid aan opslag bunkers (tot 100m³), regelingen en automatische as-uitdraaien geven een oplossing voor diverse situaties.

Wat zijn houtpellets?

Houtpellets zijn duurzame brandstoffen, houtpellets zijn veelal afkomstig uit residustromen van de houtindustrie, de agrarische sector en van bosonderhoud.



(Afbeelding 16. Houtpellets)

Voordelen van houtpellets

- zijn een goedkopere brandstof dan aardgas;
- zijn onbeperkt hernieuwbaar, hierdoor een heldere energielast;
- zijn milieuvriendelijk en CO² neutraal;
- bevatten veel energie (1,7 kg = 1 m³ aardgas);
- hebben soortelijk gewicht van minimaal 650 kg/m³;
- hebben bij verbranding maximaal 0,7% of minder as;
- voor houtpellets zijn geen extra Nuts aansluitingen nodig.

Nadelen van houtpellets.

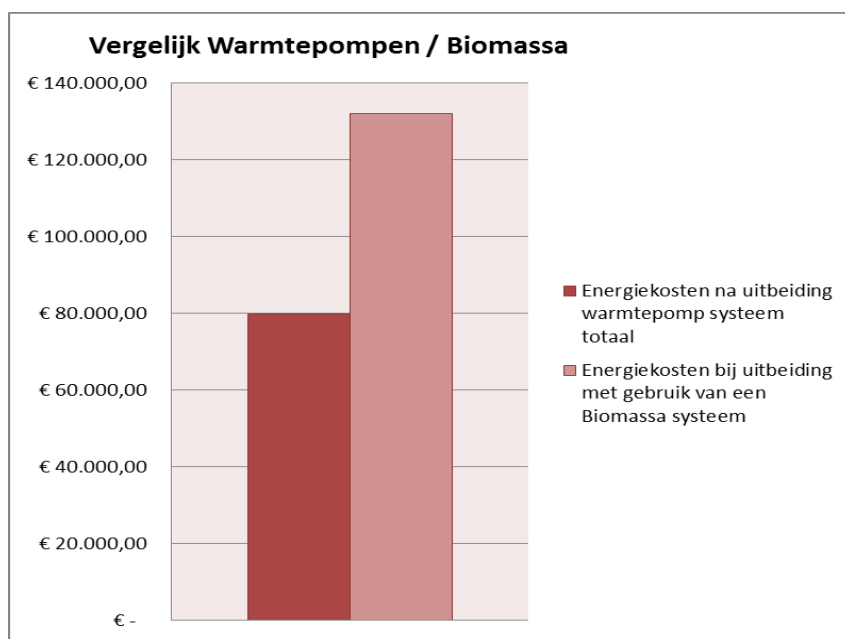
- meer onderhoud dan warmtepompen en gasgestookte installaties.
- vergunning plichtig volgens het activiteitenbesluit 2008.
- kwaliteit van de houtpellets. **

**** Veelal worden houtpellets geproduceerd van vervuilde grondstoffen afkomstig uit laminaat, spaanplaat, triplex, MDF, HDF en andere samengestelde houtresten. Indien er overwogen wordt een houtpelletinstallatie aan te schaffen moet er een goed inkoopbeleid worden opgesteld. Hierbij moeten inkoop protocollen worden opgesteld waarin onafhankelijke testrapporten van deze houtpellets de garantie van de installatie waarborgt.**

Berekening energiekosten met hout pellets.

Indien er voor biomassa wordt gekozen als aanvullende energiebehoefte, dan zien de energiekosten van de opwekkingsinstallatie er volgens de in bijlage 4 gemaakte berekeningen er als volgt uit. Het aanvullende energie gebruik door houtpellets is 39% duurder dan de warmtepomp installatie.

De energiekosten komen dan ook ca. € 52.092,00 duurder uit.



(grafiek 3. Vergelijk Warmtepompen / Biomassa)

Investeringskosten houtpelletinstallatie.

De investeringskosten voor houtpellets liggen in de range van 800 tot 1000 €/kW, inclusief gebouwen en alle infrastructuur die nodig is om de installatie te laten draaien. Deze kosten gelden voor installaties net onder de 50 MW_e, kleinere installaties hebben relatief veel hogere investeringskosten. Het toe te passen vermogen is 2192 kW de investeringskosten worden geschat op 2192 x 900 = € 1.972.800,- (informatie van diverse internetsites en prijzenboekje Engineers)

Subsidie mogelijkheden

In verband met de ontwikkeling van duurzame energie en CO₂ reductie door het gebruik van houtpellets zijn er meerdere subsidie mogelijkheden. Door gebruik te maken van subsidie wordt de terugverdientijd een stuk verkort. In dit onderzoek zijn niet voldoende parameters geproduceerd om de hoogte van de subsidie vast te kunnen stellen. Dit verdient zeker een nader onderzoek.

Onderhoudskosten (biomassa installatie)

Er bestaat nog veel onzekerheid over de hoogte van de onderhoudskosten. Specifiek ervaring met de inzet van houtpellets is nog beperkt, zeker op deze schaalgrootte. Zeker bij de eerste combinatie installatie is het risico van aanloopproblemen het grootst waardoor €40,00 tot €50,00 per kW per jaar een realistische waarde kan blijken te zijn. Inschatting van de onderhoudskosten, inclusief gebouwen en alle infrastructuur zijn € 95.000,- per jaar.

Voor meer informatie en berekeningen zie bijlage 4.

10.2 Warmte krachtkoppeling (WKK)

Algemeen

Een WKK installatie kan energie besparen ten opzichte van gescheiden opwekking in een conventionele elektriciteitscentrale en een verwarmingsketel. Door in de ZWWC gebruik te maken van beide energie gebruikers/bronnen, is het mogelijk dat deze vorm van energie opwekking tot een verbetering van het COP van de ZWWC kan leiden.

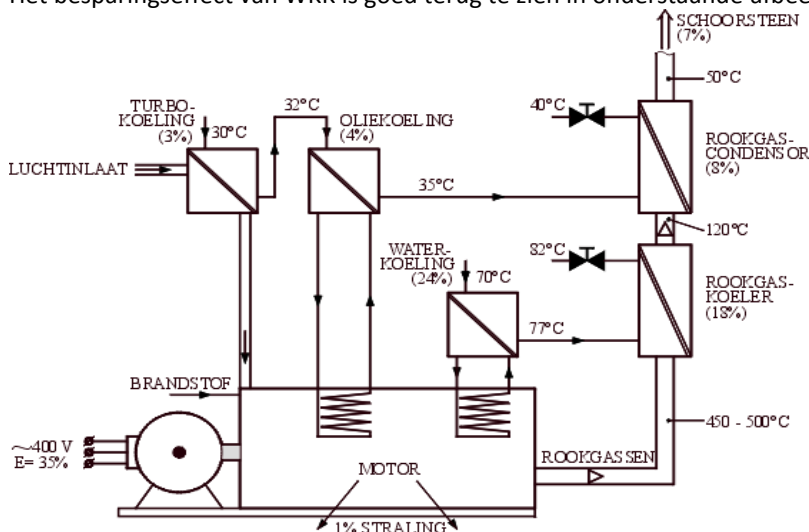


(Afbeelding 17. Bio-WKK)

Veel vormen van duurzame energie kunnen met WKK gecombineerd worden om zo tot een zo hoog mogelijk conversierendement te komen. In het geval van de ZWWC gaat het bijvoorbeeld om de toepassing voor elektriciteitsproductie in combinatie met warmte opwekking. Dit zou ook nog met een 'bio-WKK' kunnen plaatsvinden.

Een WKK bespaart veelal 25% ten opzichte van gescheiden opwekking van warmte en elektriciteit.

Het besparingseffect van WKK is goed terug te zien in onderstaande afbeelding van de emissiefactoren.



(afbeelding 18.) Warmtebronnen in een WKK-installatie

Voordelen WKK installatie

- Economisch, kosten t.o.v. baten
- Energetisch, verbetering van het rendement
- Ecologie, verminderde CO₂ uitstoot

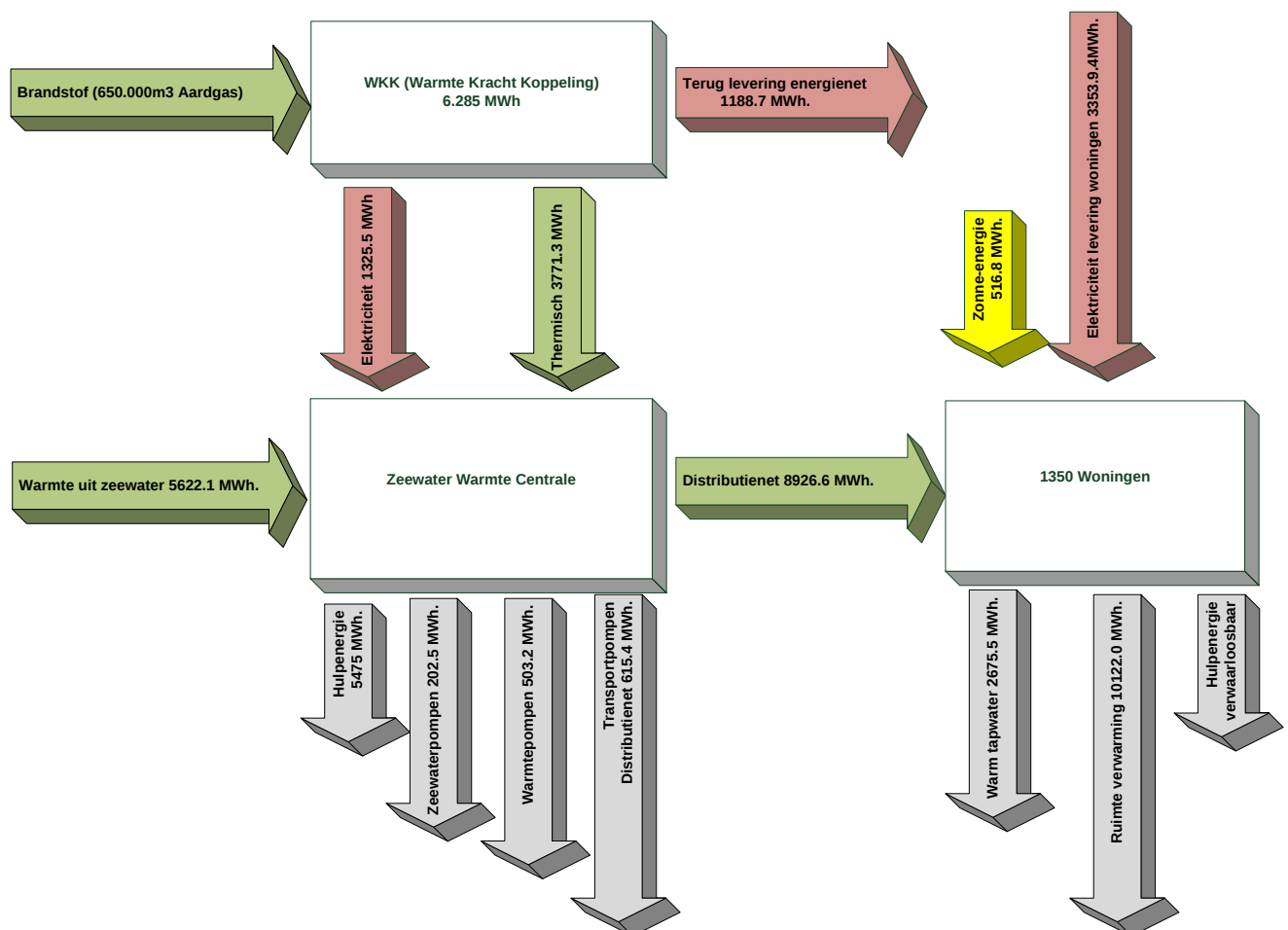
Nadelen WKK installatie

- Meer onderhoud dan warmtepompen en biomassa installaties
- Minder bedrijfszeker.

Vermogen WKK

Eerst moest het vermogen van de WKK worden bepaald, dit is van twee kanten te benaderen, thermische en elektrisch. Voor de ZWWC is in de nieuwe situatie totaal 1325,5 MWh elektrische energie nodig en 9393,5 MW thermische energie. Uit de benadering in de bijlage blijkt dat wanneer er gekozen wordt om de WKK uit te rekenen vanuit het elektrische verbruik er te weinig warmte beschikbaar komt om het thermische vermogen op te vangen.

Zodra de WKK vanuit het thermische vermogen wordt berekend blijkt dat er te veel elektrisch vermogen wordt opgewekt, en wel 1188,7 MWh. Op zich is dat geen bezwaar, de overtollige elektriciteit kan aan het elektriciteitsnet worden terug geleverd. Tevens zal dit enkel tijdens de piek momenten plaats vinden wanneer de warmtepompen en de distributie pompen dan ook op vol vermogen werken. Dus geen belemmering.

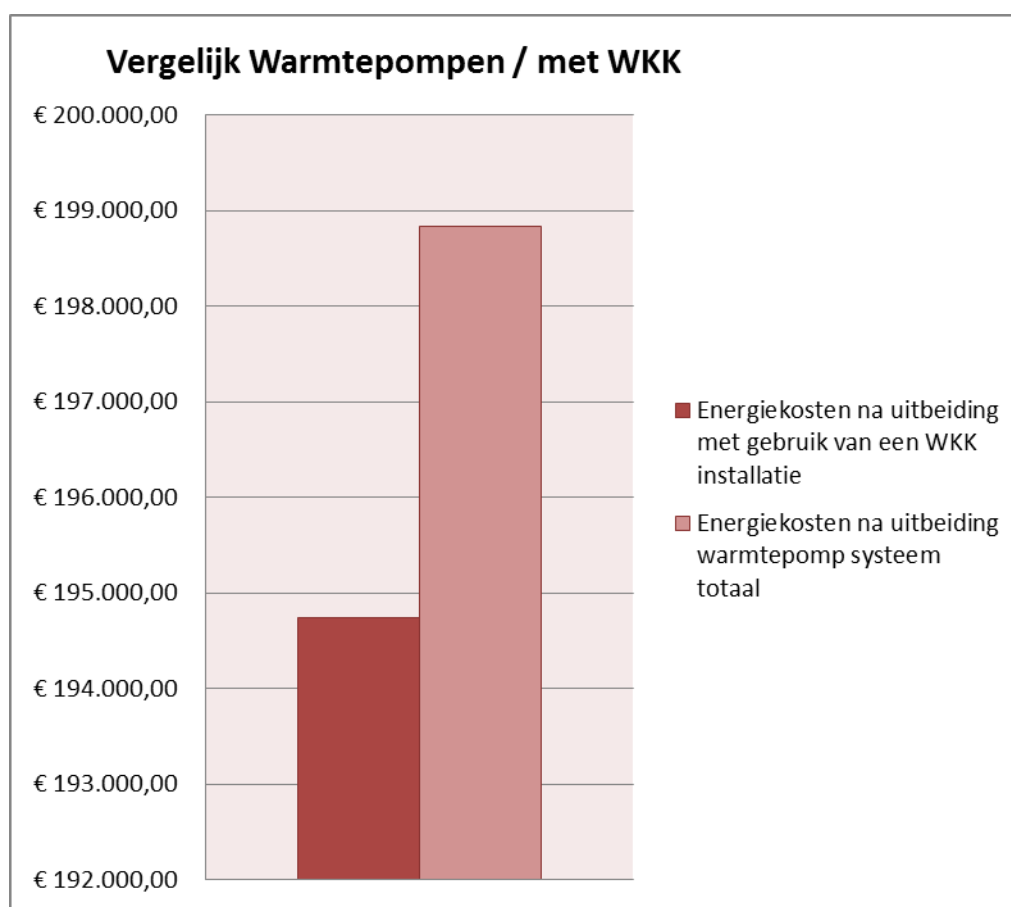


Uitbreiding warmtelevering door ZWWC aan bronwarmtenet	3.771.304	kWh_th		
Thermisch rendement WKK	60	%		
Totaal vermogen van de WKK	6.285.507	kWh_th+e		
Elektrisch vermogen van de WKK	2.514.203	kWh_th		
Totaal energie verbruik ZWWC	1.325.507	kWh_e		
Elektrisch vermogen van de WKK terug te leveren	1.188.696	kWh_e		

(kWh_e betekent elektrisch toegevoerde energie. / kWh_{th} betekent thermisch afgegeven energie.)

Energiekosten vergelijk WKK/ Warmtepompen

Om een juist beeld te verschaffen over de energiekosten van de ZWWC is er een vergelijking opgesteld waarin de kosten van de ZWWC voorzien van enkel warmtepompen met een elektriciteit afname van het elektriciteitsnet, ten opzichte van een combinatie met een WKK.



In bovenstaande grafiek is te zien dat het voorzien van een WKK enkele procenten goedkoper kan zijn dan het gebruik van enkel een warmtepomp installatie.

10.3 Tussentijdse conclusie alternatieven

Met voorgaande berekeningen en vergelijkingen is aangetoond dat tijdens het uitbreiden en optimaliseren van de ZWWC een aanvulling met een biomassa of WKK installatie niet veel energetische en economische verbeteringen oplevert.

11 Conclusie en kosten-baten overzicht

Door de opdrachtgever is de vraag gesteld om te onderzoeken wat het rendement is van de ZWWC, hoe dit eventueel te verbeteren is in samenhang met uitbreiding en verplaatsing. Onderzocht is de werking van de ZWWC, de huidige COP in diverse onderdelen, wat wordt de COP na aanpassing van de flow over distributienet, het vermogen na uitbreiding, waar kan de ZWWC naar toe verplaatst worden en als laatste wat is het resultaat van toepassing van alternatieve energievoorzieningen zoals biomassa of een WKK.

Het resultaat is dat wanneer er enkele aanpassingen gedaan worden aan de ZWWC het rendement (COP) redelijk tot goed te noemen is en aan de verwachtingen kan voldoen. Het onderzoek heeft dan ook geresulteerd in de mogelijkheid voor de opdrachtgever om een keuze kan maken wanneer de ZWWC verplaatst en uitgebreid gaat worden.

Mijn advies is om de centrale te verplaatsen en uit te breiden in een gelijke configuratie als de huidige centrale met als extra verbetering de onderzochte aanpassingen, zoals het verbeteren van de flow over het distributienet.

11.1 Evaluatie

Kijkende naar het eindproduct voldoet het onderzoek aan de wensen om een uitspraak te kunnen doen over de werking en rendement van de ZWWC. Het onderzoek valideert om op de huidige voet verder te gaan en de uitbreiding van de ZWWC indien gewenst zonder risico uit te voeren.

11.2 Conclusie

Met voorgaande berekeningen en vergelijkingen is aangetoond dat tijdens het uitbreiden en optimaliseren van de ZWWC een aanvulling met een biomassa of WKK installatie niet veel energetische en economische verbeteringen oplevert.

Bij het toepassen van een biomassa installatie in de vorm van een houtpellets installatie, zouden de jaarlijkse energiekosten al € 52.000,- duurder uitvallen. De energiekosten van een WKK installatie zijn vergelijkbaar. In de toekomst kunnen de kosten van een WKK nog enigszins duurder uitvallen omdat de geschiedenis leert dat de gasprijzen meer stijgen dan de elektriciteitsprijzen.

In de vergelijking zijn ook de onderhoudskosten met elkaar vergeleken. Voor een ZWWC met warmtepompen zijn de onderhoudskosten jaarlijks ca. € 150.000,-. De onderhoudskosten van een biomassa installaties komen jaarlijks op ca. € 95.000,-. De onderhoudskosten van een WKK installatie komen op ca. € 25,- per draaiuur. Jaarlijks heeft een dergelijke installatie 6000 draaiuren, wat de onderhoudskosten op ca. € 150.000,- brengt.

11.3 Kosten-baten overzicht energie en onderhoudskosten

Installatie	energiekosten	onderhoudskosten	totaal
warmtepompen	€ 98.826,07	€ 150.000,00	€ 348.826,07
Biomassa	€ 50.918,96	€ 95.000,00	€ 345.918,96
Warmte Kracht Koppeling	€ 94.740,39	€ 150.000,00	€ 344.740,39

De totale kosten, onderhoud en energiekosten voor warmtepompen, biomassa of een WKK zijn even duur. Het nadeel van een WKK is dat deze maar een verwachte levensduur heeft van 10 jaar.

Conclusie, de warmtepompen doen het zo slecht nog niet.

11.4 Aanbevelingen

Het is aan te bevelen om op korte termijn de aanpassingen aan de huidige ZWWC door te voeren. Door eerst de onderzochte aanpassingen uit te voeren kunnen er snel grote stappen gemaakt worden en kan hiermee het rendement snel verbeteren. In een later stadium is het aan te bevelen om ook andere aanpassingen door te voeren. Deze aanvullende aanpassingen zijn in dit onderzoek niet meegenomen.

12 Reflectie en evaluatie

12.1.1 Zelfreflectie

Om het project op te starten is begonnen een uittreksel en een planning samen te stellen zodat tijdens het eerste opstartoverleg een duidelijk beeld kon worden gevormd van de omvang van het project.

Als onderzoeker heb ik mijn vaardigheden in het analyseren en berekenen zoveel mogelijk aan het project gewijd en was zo in staat de een terdege onderzoek op te zetten. In Onuma heb ik kozen voor de beheerders een rol en een leermoment voor mijzelf te creëren. Door de vaardigheden die in de afgelopen 3 jaar tijdens de studie zijn opgedaan waren deze momenten beperkt.

Terug kijken op het overall project heeft het inzichten in de werking van de ZWWC opgeleverd.

Reflectie professionele competenties

- Projectmanagement vaardigheden.
- Analytisch denken.
- Diverse berekeningen opzetten
- 3-D vaardigheden in Elitecad en Google SketchUp
- Werkomschrijvingen opstellen.
- Presentatie vaardigheden

12.2 Proces en planning

Algemeen

De beheersing van het proces van het project kan als volgt omschreven worden. Door gebruik te maken van een vooraf vastgestelde planning is de doorloop van het project gecontroleerd en zijn er meetmomenten in gebouwd. De doelstellingen zijn vooraf gekaderd door deze duidelijk vast te stellen in het start document.

12.2.1 Projectaanpak

Door het gekozen onderwerp van het project wijkt de aanpak af van de standaard aanpak zoals omschreven in methodieken als Prince2 of IPMA. Door het ontbreken van een projectteam is het onderzoek geheel zelfstandig geanalyseerd, uitgewerkt en verslaglegging gedaan.

Gebruikte Project aanpak:

1. Projectmethodiek is opgebouwd uit, opnamen, analyseren, berekeningen methodieken vaststellen, ontwerp, verslaglegging.
2. Urenverantwoording. De uren verantwoording is bijgehouden door wekelijks een overzicht bij te houden in een tabel.
3. Als weekplanning is vastgehouden aan de vooraf in het startdocument omschreven momenten.
4. Strokenplanning. Bij gebrek aan MS-projects is een zelf ontworpen Excel document opgezet. In dit document zijn de vooraf vastgesteld de planning, de meetmomenten, en de controle momenten.

12.3 Strokenplanning

De strokenplanning (Gantt-chart) van het project is in bijlage 6 weergegeven.

Toelichting strokenplanning:

Vooraf is een planning opgezet waarin alle werkzaamheden punt voor punt zijn vastgesteld. Omdat vooraf alle werkzaamheden goed in kaart gebracht waren, zijn er nagenoeg geen afwijkingen geweest.

Algemeen:

Vooraf is er een projectteam overleg geweest met een aantal betrokkenen van de ZWWC. Dit heeft geleid tot de beslissing dat de student het onderwerp kon gebruiken maar dat het afstudeerproject verder los staat van de werkzaamheden die de student als zelfstandige bij de opdrachtgever uitvoert is er verder geen gebruik gemaakt van het projectteam.

Project:

Vastgesteld is wat het plan van aanpak moest worden.

Onderzoek:

Het onderzoek heeft volgens de vooraf in de planning opgenomen plaats gevonden. Dit kon niet anders omdat dit de volgorde niet anders was in te vullen.

12.4 Calculatie uren en kosten

Uren registratie Peter Brus

Project : Project ZWWC

Student nr. : 1576874

datum : 1-1-2012

Opgesteld door : Peter Brus

Versie 001		
Omschrijving	Maand	Uren Cumulatief
Algemeen		
Start document opstellen en goedkeuring aanvragen	januari	6,0
Template opzetten eindverslag	januari	3,0
Planning opzetten	januari	3,0
Onderzoek		
Analyse uitwerken ZWWC	januari/maart	20,0
Opnames energiestromen	januari/maart	16,0
Berekeningsmethode vaststellen	april	5,0
Verbeteringsonderzoek	april	10,0
Berekeningen uitvoeren betreffende de COP verbeteringen	april	10,0
Capaciteits onderzoek, uitbreidingen ZWWC		
Onuma massastudie	april	10,0
Onderzoek duurzame alternatieve energie bronnen als aanvulling ZWWC	april	14,0
Eindrapport opstellen		
Lay-out		
Foto's maken	maart	3,0
Samenvatting	maart	3,0
Inleiding	april	3,0
Projectplan	april	3,0
Uitvoering en activiteiten beschrijven	april	16,0
Resultaat en evaluatie weergeven en beschrijven	april	18,0
Conclusie en aanbevelingen opstellen	mei	24,0
Brongegevens vermelden. (ieder tijdens project vastleggen)	mei	3,0
Presentatie	mei	1,0
Motivatie juiste projectering van het gebouw opstellen	juni	6,0
Totaal		177,0

12.5 Projectevaluatie

Om een project als dit goed te kunnen handelen is het van groot belang om de aanpak vooraf goed vast te stellen en in een planning op te nemen. Dit is van groot belang omdat anders er te snel uitgeweid gaat worden naar vele rand aspecten. Het gevaar ligt er in dat er veel mogelijkheden waren om te onderzoeken en zonder een vooraf vast gesteld kader was het niet gelukt om het project tot een eindconclusie te worden.

13 Afkortingen en begrippen

13.1.1 Afkortingen

KWh.e	Elektrisch vermogen in kilowatt uur per jaar
KWh.th	Thermisch vermogen in kilowatt uur per jaar
COP	Coëfficiënt of Performance of wel het energetisch rendement
WKK	Warmte krachtkoppeling, gasmotor met een elektriciteit generator waarvan de warmte wordt gebruikt voor gebouw verwarmingen.
PvE	Programma van Eisen
ΔT	Temperatuurverschil tussen twee mediums.
m ³ /h	volumestroom per uur
TSA	tegenstroom apparaat

13.1.2 Begrippen

ZWWWC	Zeewater warmte centrale, is een centrale warmtepompinstallatie waarmee lage temperatuur warmte uit zeewater wordt gebruikt of omgezet als bronwarmte voor decentrale warmtepompen in een woonwijk.
NMDA	Niet meer dan anders, dit is een begrip wat veel gebruikt wordt bij stadsverwarming. De bewoners mogen niet meer energie verbruiken als in een gelijkwaardige situatie met een HR CV-ketel.
Onuma	web-based programma voor informatie uitwisseling.

14 Bronnen

Hieronder worden de bronnen vermeld waar delen van dit verslag op gebaseerd zijn. In een aantal gevallen zijn het resultaten van onderzoeken waarin de student als onderzoeker zelf aan heeft meegewerkt.

Onderzoeksresultaten:

Rapport : Rapport prestatie analyse ZWWC

Datum : 13 maart 2012

Auteur : Ceres, Deerns en student

Rapport : NMDA onderzoek

Datum : maart 2012

Auteur : DWA installatie- en energieadvies (met advies van student)

Informatie bladen:

Info blad: Vestia bewoners informatieblad: systeembeschrijving

Datum : 2006

Auteur : Vestia

Tijdschriftartikel:

Artikel : Fluid Processing nr.2 april 2007

Internet sites:

<http://www.houtpelletsdirect.nl/ontwikkelingen>

<http://www.houtpellets.info/kostenbesparing.html>

<http://www.aitec.nl/aitec/subsidie>

<http://www.cogen.nl>

15 Bijlagen:

- Bijlage 1, Analyse.
- Bijlage 2, Verbetervoorstel.
- Bijlage 3, Capaciteit ZWWC na uitbreiding.
- Bijlage 4, Alternatief duurzame energie voorziening.
- Bijlage 5, Planning.
- Bijlage 6, Processchema Optimalisatie ZWWC.

