



BILFINGER

Opdrachtgever: **Gemeente Eemsdelta**
Project: **Warmtenet Loppersum**

Basis of Design

Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.

Leonard Springerlaan 31
9727 KB Groningen

Auteur: I. Boot

- Telefoon: +31 6 10 92 07 98

- E-mail: izak.boot@bilfinger.com

8 juli 2022

Ordernummer: T55682

Documentnummer: nIT55682.10-3212001-B

Revisie: B

B	08-07-2022	Tweede uitgave	IBOT/GKRE	EGRG
A	27-08-2021	Eerste uitgave; voor commentaar	IBOT	
Rev.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

© Copyright Bilfinger Tebodin

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

1	Introductie	4
1.1	Energieconcept schetsontwerp	4
1.2	Scope	5
1.3	Afkortingen	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Aantal afnemers, warmtevraag en aansluitvermogen	6
2.2	Temperaturen en input simulatiemodel	6
2.3	Onderzochte varianten en optimalisaties	7
2.4	Warmtepompconfiguratie	8
2.5	Piekvoorziening	9
2.6	Systeemontwerp en PFD	10
2.7	Distributiepompen	10
2.8	Locatie energiecentrale & voorlopige locatie collectoren	11
2.9	Overige uitgangspunten	11
2.10	Functionele omschrijving	12
2.10.1	Warmteopwekking	12
2.10.2	Schakelen	13
2.10.3	Bewaken	13
2.10.4	Optimaliseren	13
2.10.5	Bedienen	13
2.10.6	Beheren	13
3	Layout warmtecentrale	14
4	PFD warmtecentrale	14

Bijlagen	Revisie	Datum
Uitgangspunten (info Greenvis)	G	07-04-2022
nIT55682.10-3232001-B Energiemodel warmtenet Loppersum	B	01-07-2022
nIT55682.10-1599001-A Datasheet equipment	A	06-07-2022

Tekeningen	Revisie	Datum
nIT55682.10-1542001-B Warmtecentrale Loppersum PFD & Mass flow balance	B	01-07-2022
nIT55682.10-1562001-B Warmtecentrale Loppersum Ruimtebeslag	B	01-07-2022

1 Introductie

De gemeente Eemsdelta is voornemens om met Enpuls Warmte Infra een warmtenet te ontwikkelen in het dorp Loppersum. Hiervoor is reeds een schetsontwerp gemaakt van het distributienet en de warmtecentrale.

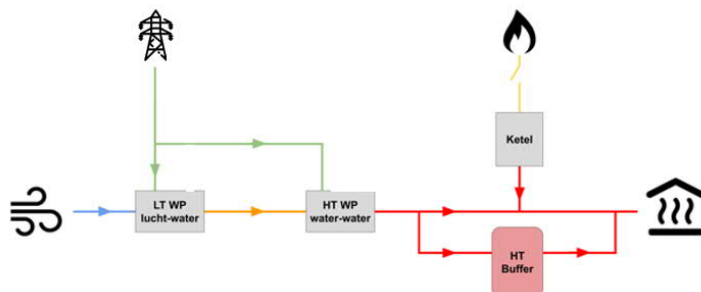
In dit document zijn de uitgangspunten voor het conceptontwerp van de warmtecentrale vastgelegd. Het ontwerp van het distributienet maakt geen deel uit van dit document.



Figuur 1 Warmtenet Loppersum

1.1 Energieconcept schetsontwerp

In de vorige fase (schetsontwerp) is het concept voor de warmteopwekking bepaald, zie onderstaande (sterk vereenvoudigde) schematische weergave, waarbij de zonnethermie in het hoge temperatuurtraject komt na de HT WP water-water.



Figuur 2 Energiestromen

1.2 Scope

Het schetsontwerp van de energiecentrale wordt verder uitgewerkt in een PFD en massa-/energiebalans (zie bijlage). Door simulatie van de warmtevraag is de capaciteit van warmtepomp(en), piekketel en buffergrootte bepaald. Op basis hiervan is ook de jaarlijks geleverde energie en het elektriciteitsverbruik bepaald.

Op basis van het benodigde equipment zal een aardbevingsbestendig gebouw worden ontworpen. Hiervan zal een bouwkundig vergunningspakket worden uitgewerkt.

Bovenstaande resulteert in een conceptontwerp van de energiecentrale wat de basis vormt voor een CAPEX estimate ($\pm 30\%$ nauwkeurigheid).

1.3 Afkortingen

CAPEX	Capital Expendices
OPEX	Operational Expendices
PFD	Process Flow Diagram
COP	Coefficient of Performance
SCOP	Seasonal COP
SWW	Sanitair Warm Water
CV	Centrale verwarming
i.v.m.	In verband met

2 Uitgangspunten

2.1 Aantal afnemers, warmtevraag en aansluitvermogen

Het aantal afnemers alsmede de warmtevraag (ruimteverwarming + sanitair warm water) is opgegeven door Gemeente Eemsdelta als resultaat van de SO fase (Greenvis) en diverse gesprekken met potentiële afnemers. Dit is gedurende de vervolgfase diverse keren gewijzigd. Zo is bijvoorbeeld Wiemersheerd nu geen afnemer van het warmtenet meer.

Het resultaat is vastgelegd in bijlage '3232001 - Uitgangspunt warmtevraag'. Zie tevens onderstaande afbeelding uit de modelberekening.

Warmtevraag	Aantal	Warmtevraag CV	Warmtevraag SWW	Warmtevraag totaal	Aandeel SWW	Toevoer temperatuur CV
	[-]	[GJ/jaar]	[GJ/jaar]	[GJ/jaar]	%	45C/75C
Woningen	61	3.733	933	4.666	20%	70
Gemeentewerf	1	290	-	290	0%	70
Kerk	1	360	40	400	10%	70
Gemeentehuis	1	436	-	436	0%	70
Wiemersheerd (gr.geb. won.)	0	0	0	0	n.v.t.	45
Wiemersheerd, midden, app.	0	0	0	0	n.v.t.	45
Wiemersheerd, I-vorm, app.+studio's	0	0	0	0	n.v.t.	45
Totaal	64	4819	973	5.792		
		83,2%	16,8%			

Figuur 3 Warmtevraag

- De totale warmtevraag bedraagt 5.792 GJ/jaar (excl. warmteverlies en stand-by verliezen).
- Afnemers zijn bestaande woningen (incl. SWW), gemeentewerf en gemeentehuis (beide geen SWW) en kerk (incl. SWW);
- Het aansluitvermogen bedraagt 1024 kW (incl. SWW en gelijktijdigheid), dit aansluitvermogen is gelijk aan de maximale warmtevraag zoals uit het model is af te leiden.
- De warmtevraag van de bestaande woningen is relatief hoog door de grootte van de woning en het energielabel;

2.2 Temperaturen en input simulatiemodel

- Aanvoertemperatuur: 70°C (minimaal 65°C t.h.v. afleverset)
- Retourtemperatuur: 50°C

Warmteverlies (inschatting):

- Distributienet: HT-net: 48,75 kW

Stookgrens: 18°C (t.b.v. simulatie warmtevraag in model).

Het warmtevraagprofiel (zie bijlage: 3232001 Energiemodel warmtenet Loppersum.) is gelijk aan, het warmteprofiel zoals gebruikt door Greenvis, met aanpassingen gemaakt aan de warmtevraag van de afnemers.

Tevens is rekening gehouden met een specifiek tapwaterprofiel, bij het tapwater profiel is onderscheidt gemaakt in week- en weekend dagen. Het tapwater profiel is terug te vinden in de uitgangspunten van 3232001 Energiemodel warmtenet Loppersum

Buffervolume: 50 m³ (2x 25 m³) (effectief netto volume)

Warmteverlies buffer: 35 W/m², = +/- 1,7 kW per buffer. 3.4kW totaal.

Het vermogen van L/W warmtepompen loopt lineair terug tussen de volgende punten:

Capaciteit 7 °C: 100% (nominaal)

Capaciteit -10 °C: 75 %

2.3 Onderzochte varianten en optimalisaties

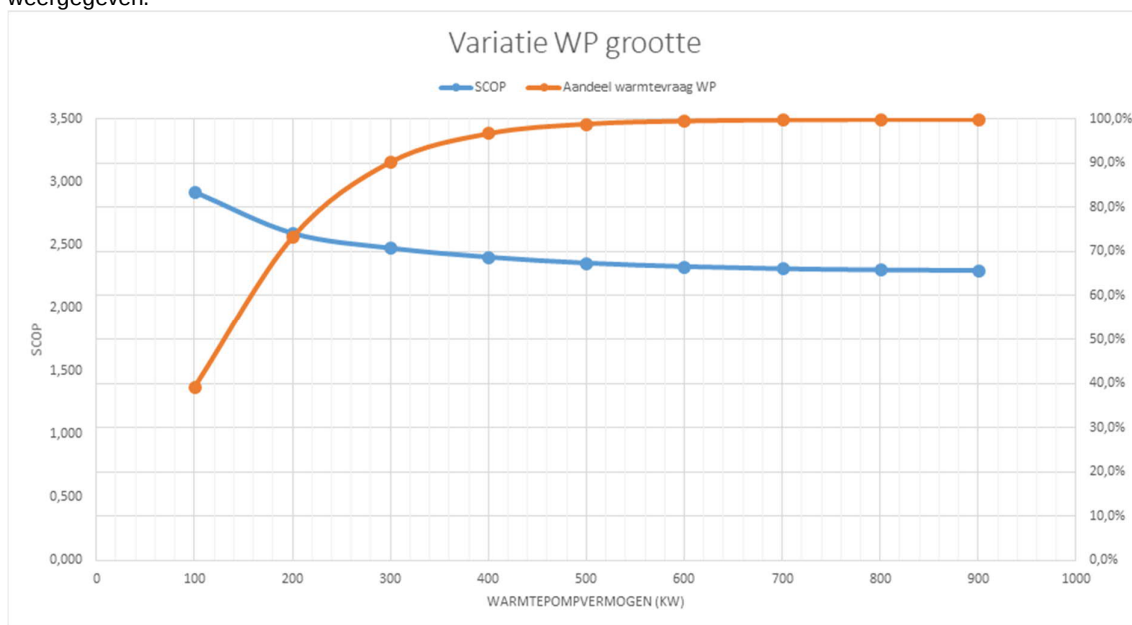
Op verzoek van gemeente Eemsdelta zijn diverse optimalisaties onderzocht, welke hieronder zijn opgesomd:

1. Koppeling met WKO als bron

Onderzocht is of koppeling met een WKO resulteert in een hogere SCOP. Na simulatie van deze variant blijkt dat de SCOP-verbetering marginaal is. Daarnaast is het noodzakelijk de WKO in de zomer te regenereren. Dit resulteert in een hoger energiegebruik en toename van investeringen in equipment (droge koelers of additionele warmtepomp). Een WKO als warmtepompbron is niet verder beschouwd.

2. Variatie vermogen warmtepomp vs. piekkel

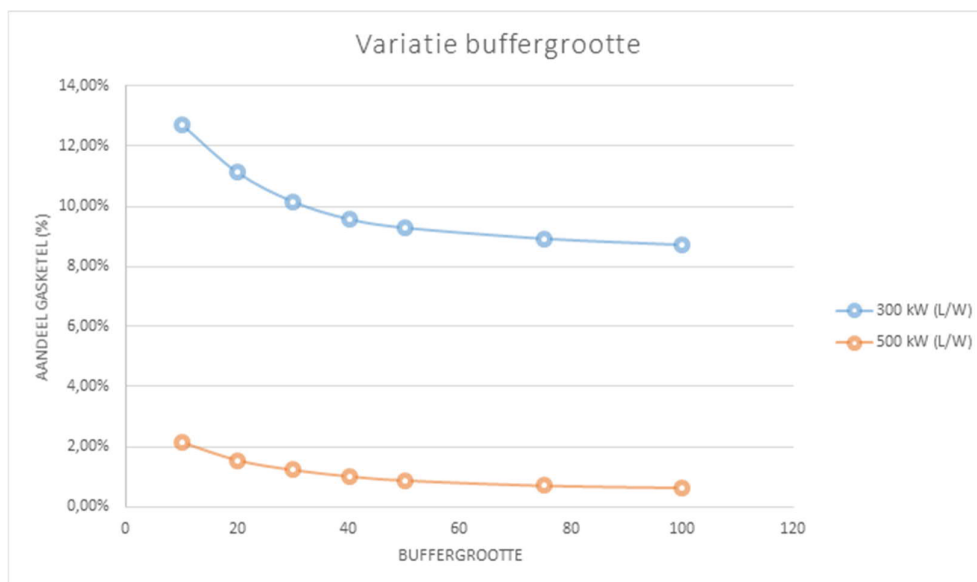
Onderzocht is welke warmtepomp capaciteit resulteert in de optimale inzet van de piekkel. Hierbij was een (zeer) beperkte inzet van de piekkel het uitgangspunt. In onderstaande grafiek zijn de resultaten van de simulaties weergegeven.



Figuur 4 Grafiek variatie WP grootte

Uit bovenstaande grafiek is zichtbaar dat voor een zeer beperkte inzet van de piekkel (<2%) de warmtepomp minimaal een vermogen van ca. 500 kW dient te hebben.

Vervolgens is een optimale buffergrootte bepaald. Hiervoor zijn diverse simulaties, met zowel een 300 kW als 500 kW warmtepomp, uitgevoerd.



Figuur 5 Grafiek variatie buffergrootte

Op basis hiervan is zichtbaar dat een L/W warmtepomp met een capaciteit (condensorzijdig) van 500 kW gecombineerd met een buffergrootte van 50 m³ resulteert in een aandeel van de piekketel van ca. 1% van de jaarlijkse warmtevraag.

3. Toepassingsmogelijkheid CO2 warmtepomp

Op verzoek van gemeente Eemsdelta is de toepasbaarheid van een CO2 warmtepomp (koudemiddel) onderzocht. Geconcludeerd is dat deze wegens de noodzakelijke lage retourtemperatuur niet toepasbaar is.

2.4 Warmtepompconfiguratie

In de SO-fase is het gebruik van 2 serieel gekoppelde warmtepompen als uitgangspunt bepaald. Dit vormt ook het uitgangspunt voor deze fase. De 2x LT warmtepompen (lucht/water) zijn parallel opgesteld (2x50%). Condensorzijdig zijn deze gekoppeld aan 2x50% water/water warmtepompen welke als 2^e trap (booster) fungeren om de benodigde hoge aanvoertemperatuur (70°C) te bereiken.

LT-warmtepomp (2x 50%)

Type: lucht/water (buiten opstelling)

Verwarmingscapaciteit: 2x 200 kW (condensorzijdig) bij T_{buiten} 7°C

Capaciteit bij T_{buiten} -10°C: 2x 150 kW (aannee)

T_{cond. uitrede}: 45°C

T_{cond. intrede}: ca. 35°C

Luchtgekoelde verdamper, frequentiegeregelde ventilatoren.

Koudemiddel: GWP<680, danwel HFO.

SCOP: ca. 3

Vermogen e-motor: 2x 75 kWe

Afmetingen (per unit): ca. 5x2x2,1m (LxBxH)

HT-warmtepomp (2x50%)

Type: water/water

Verwarmingscapaciteit: 2x 250 kW

T_cond. uittrede: 70°C

T_cond. intrede: 50°C

T_verd. uittrede: 35°C

T_verd. intrede: 45°C

Koudemiddel: GWP<680, danwel HFO.

COP: ca. 5.2

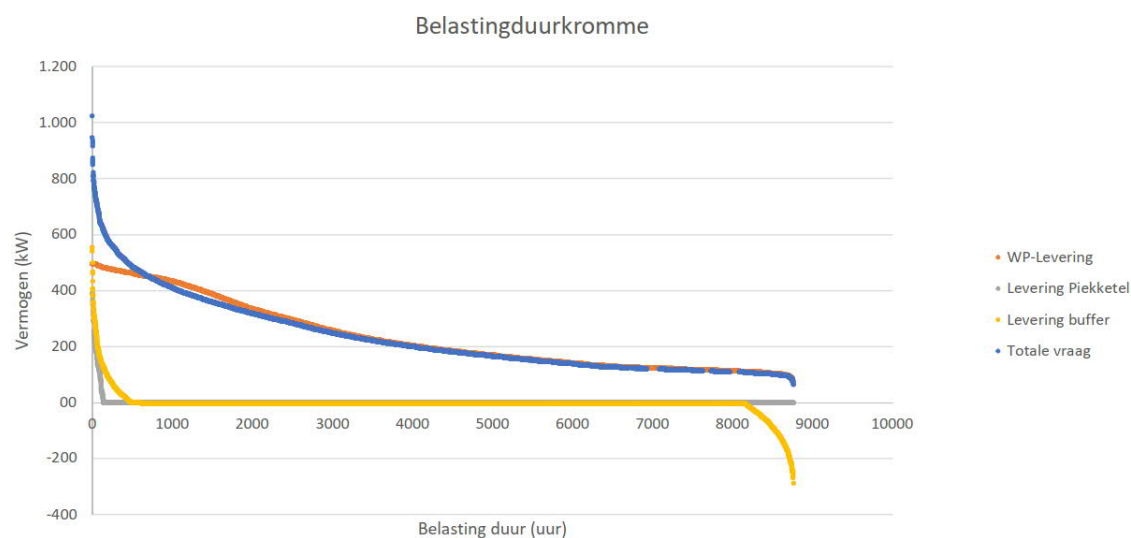
Vermogen e-motor: 2x 60 kWe

Afmetingen (per unit): ca. 2,5x0,8x1,9m (LxBxH)

Gecombineerde (LT+HT) SCOP: 2,4

Opmerking: genoemde afmetingen zijn per unit en afkomstig van ontvangen budget offerte.

Op basis van bovenstaande warmtepomp groottes wordt de volgende jaar belasting duerkromme verkregen:



Figuur 6 Belastingduerkromme

2.5 Piekvoorziening

De maximale warmtevraag en tevens aansluitvermogen van de warmtepompcentrale bedraagt 1024 kW. Hiervan wordt maximaal 500 kW ingevuld door de water/water warmtepomp. De resterende 524 kW wordt geleverd door een combinatie van de groengas gestookte piekkel(s) en buffer. De Zonnethermie wordt niet meegenomen als opwekker in de piekvoorziening, aangezien deze opwekker geen constante inzet betrouwbaarheid heeft.

Om voldoende leveringszekerheid te garanderen worden de volgende piek/back-up voorzieningen opgesteld: 2x 437 kW; indien één HT warmtepomp in storing gaat, kan ruim de warmtelevering worden overgenomen door de back-up ketels.

Het piek/back-up vermogen bedraagt hiermee 874 kW verdeeld over 2 ketels.

2.6 Systeemontwerp en PFD

De LT-warmtepomp levert warmte aan de parallel geschakelde LT-buffer (5 m³). De inhoud van deze buffer bedraagt ca. 5 m³. Aan de secundaire zijde van de LT-buffer wordt warmte geleverd aan de HT-warmtepomp verdamper. De aanvoertemperatuur bedraagt 45°C. Afhankelijk van de verdeling in warmteafname tussen LT-net en warmtepomp bedraagt de retourtemperatuur ca. 35°C.

De HT-warmtepomp levert warmte aan een parallel geschakelde warmtebuffer (inhoud 2x 25m³, totaal 50 m³). Indien de capaciteit van de HT-warmtepomp niet toereikend is, wordt het resterende deel geleverd door de piekketel(s). De aanvoertemperatuur bedraagt 70°C, de retourtemperatuur 50°C.

Elke warmteopwekker (warmtepomp/piekketel) wordt voorzien van een eigen circulatiepomp. De distributiepompen handhaven een constant drukverschil over het distributienet en zorgen voor transport van het warme water naar de afnemers (tweewegregeling).

Het systeemontwerp is vastgelegd in een PFD en bijbehorende massa-/energiebalans (zie bijlage 1542001).

2.7 Distributiepompen

Het benodigde drukverschil over het distributienet bedraagt 3 bar (uitgangspunt).

In onderstaande tabel zijn de kenmerken van de distributiepompen weergegeven.

Distributiepompen	Eenheid	HT-net
Piekvermogen	kW	1024
Taanvoer	°C	70
Tretour	°C	50
Flow	kg/s	12.2 x 50% = 6.1 kg/s
Flow	m ³ /h	45 x 50% = 22.5 m ³ /h
dP_distributienet	bar	3
shaftpower	kW	5,6
E-motor	kW	7,5
Jaarlijks elektriciteitsverbruik distributiepompen (inschatting)	MWh	5,6
Leidingwerk Diameter (DN)		100
Drukklasse		PN10
Inwendige leidingdiameter	mm	107,1
Mediumsnelheid	m/s	1,35

- De distributiepompen worden 3x50% en dus redundant (n+1) uitgevoerd;
- Elke distributiepomp wordt voorzien van een toerengeregelde e-motor.

2.8 Locatie energiecentrale & voorlopige locatie collectoren

De locatie van de energiecentrale is volgens het huidige plan de locatie in de onderstaande afbeelding. De beoogde locatie voor de zonnecollectoren is op het dak van de gemeentewerf te Loppersum. Echter deze locatie is niet nog definitief aangezien er nog berekeningen aan de dakconstructie gedaan moeten worden. Indien de uitslag van de berekening dermate is dat de panelen er niet op geplaatst kunnen worden, zal in de eerste instantie de mogelijkheid van het versterken van het dak van de gemeentewerf moeten worden onderzocht. Dit alvorens een nieuwe locatie te zoeken/bepalen.

Tevens is uit een eerste inschatting van geluid naar de omgeving naar voren gekomen dat enkel de warmtepompen reeds een geluidsdruk op de gevel van het dichtstbijzijnde woonhuis (ten noorden van de centrale) geven welke boven de maximaal toelaatbare waarde van 40 dB(A) ligt. Een eerste inschatting is dat 44 dB(A) op de gevel aanwezig is. Dit is een waarde welke met de voorlopige gegevens van de warmtepompen zijn geschat tevens exclusief het geluid van de schoorsteen van de ketels. Er zal een geluidswal/schermen geplaatst moeten worden i.c.m. de low noise uitvoering van de warmtepompen tevens demper(s) in de rookgasafvoer geplaatst moeten worden (zie datasheet). Bepaling type/grootte in basic & detailed engineering fase. Met de geluidswal dient rekening gehouden te worden met de juiste luchttoevoer en -afvoer van de lucht-water warmtepompen.

Op basis van de definitieve geluidsspectra van de warmtepompen en rookgasafvoer zal een omgevingsgeluidmodel/berekening opgemaakt moeten worden in de basic engineering fase.

Zie voor de locatie van de energiecentrale en de voorlopige locatie van de zonnecollectoren de onderstaande afbeelding:



Figuur 7 Locatie warmtecentrale & voorlopige locatie collectoren

2.9 Overige uitgangspunten

- De installatie wordt onbemand bedreven
- De buffer (2x 25m³, totaal 50 m³) wordt buiten opgesteld
- De pompen voor het warmtenet redundant (n+1) uitgevoerd.
- Als back-up voorziening wordt een aansluiting t.b.v. een noodketel voorzien.
- Als buffer (om het aantal warmtepompschakelingen te beperken) wordt in het LT-circuit een 5 m³ buffer voorzien.

2.10 Functionele omschrijving

2.10.1 Warmteopwekking

Het warmtenet voorziet in de warmwaterbehoefte bij verschillende woningen en gebouwen. De warmte wordt opgewekt door lucht/water warmtepompen in combinatie met water/water warmtepompen. Tevens is een zonnecollector installatie voorzien.

Er zijn in dit warmtenet 3 buffervaten voorzien. Een 5 m³ buffer ten behoeve van het maximum aantal schakelingen van de warmtepompen en twee grote buffers à 25m³ welke dienen voor de opslag van de energie.

Het uitgangspunt is dat de zonnecollectoren in de zomer ervoor zorgen dat de warmtepompen minder vaak hoeven in te schakelen voor de energie die het warmtenet afgeeft voor het tapwatergebruik. Tevens zullen de zonnecollectoren in de tussenseizoenen moeten gaan laden wanneer dit mogelijk is.

Binnen warmtecentrale zijn twee warmtestromen. Het lage temperatuur deel van de installatie bevat de lucht/water warmtepompen, kleine buffer en de verdampers van de 2 water/water warmtepompen. Het hoge temperatuur gedeelte bevat de condensoren van de 2 water/water warmtepompen, de zonnethermie installatie, tie in voor een noodketel, de 2 grote buffers en de piek/back up ketel bestaan uit 2x cv-ketels.

De lucht/water warmtepompen worden in de buitenlucht opgesteld. Dit geldt tevens voor de 2 grote buffers.

Temperaturen

- De volgende temperaturen zullen worden gehandhaafd tijdens verwarmingsbedrijf:
- Temperaturen lucht/water warmtepomp verdamperzijde 45°C - 35°C.
- Temperaturen warmtepomp condensorzijde is 35°C - 45°C.
- Temperaturen warmtepomp verdamperzijde is 70°C - 50°C.
- Temperaturen cv-ketel is 75°C - 55°C (afhankelijk van de retourtemperatuur).
- Zonnecollectoren $\geq 70^{\circ}\text{C}$ (wanneer dit mogelijk is).
- Temperaturen warmtenet aanvoer 70°C - 50°C (maximale aanvoertemperatuur moet vastgesteld en afgestemd worden i.v.m. zonnecollector)

Warmtevraag

De aanvoertemperatuur van het warm water naar het warmtenet wordt op een constante waarde van 70°C geregeld. Indien de waarde daalt (vroeg signalering bij de TT's bij de warmtepompen en in het buffervat), zal het gewenste vermogen van de warmtepompen proportioneel worden opgevoerd. Indien bij volledig bedrijf van de warmtepompen deze aanvoertemperatuur daalt (signalering bij TT nabij aanvoer naar ketels), zullen de piekketels moeten worden ingezet. De uitgaande temperatuur van de ketels zal hoog genoeg moeten zijn om de –te lage- temperatuur vanuit de opwekkers bij te mengen tot 70°C. De regeling t.b.v. de uitgaande temperatuur van de ketels zal tevens geregeld moeten worden middels de flow die wordt gevraagd om de 70°C te kunnen behalen.

Buffervat

De grote buffers dienen bij het laden altijd met 70°C geladen te worden. Dit verhoedt het onnodig inzetten van de ketels. Dit houdt in dat de zonnethermie installatie altijd met $\geq 70^{\circ}\text{C}$ uit de installatie naar de buffers moet gaan laden. Wanneer deze temperatuur niet behaald kan worden, dient het laden overgenomen te worden door de warmtepompen. Er zal sprake zijn van een bepaalde flow van $\geq 70^{\circ}\text{C}$ vanuit de zonnethermie installatie. Deze flow zal gebruikt moeten gaan worden om vast te stellen hoeveel flow de warmtepompen moeten bijleveren om de buffers voor de afname-piek te kunnen laden. Dit zorgt ervoor dat de warmtepompen niet onnodig worden ingeschakeld om de buffers te laden. In de zomer kan deze flow vanuit de warmtepompen vrijwel 0% worden in bepaalde perioden wanneer de zonnethermie in vollast kan werken. Terwijl in de winter deze flow naar 100% moet gaan in bepaalde perioden.

Regeling warm water distributie

Het drukverschil en de flow worden geregeld door pomp(en) en een drukopnemer en flowopnemer in de aanvoerleiding. De druk/flow wordt ingesteld en bepaald door de engineering en bepaling van het inregelen van het warmtenet (terreinleidingen)

en de regeling van de afleversets in de woningen/gebouwen. Er moet samen met de partij, welke de afleversets en regelingen definitief bepaald, worden bepaald op welke waarden de pompen moeten gaan regelen. Daarbij moet worden gewaarborgd dat bij vollast en bij deellast de afnemer(s) welke het hoogste drukverschil bevatten altijd juiste flow kan ontvangen welke nodig is voor deze afnemer(s). Er is vanuit gegaan dat de afleversets zelfregelend zijn met name op het continue warmhouden van de TSA voor tapwater, tevens opschalen van flow en het regelen van de hoeveelheid flow in geval van afname voor de centrale verwarming.

2.10.2 Schakelen

Lucht/water & water/water warmtepompen

De warmtepompen staan altijd in stand-by. De regeling van de warmtepompen wordt vrijgegeven bij warmtevraag van het warmtenet of bij het laden van de buffers. Wanneer er geen zonnethermie vermogen beschikbaar is om de grote buffers te kunnen laden, zullen de warmtepompen in de eerste instantie overdag moeten gaan laden. Indien het laden overdag niet meer bijdraagt, zal het laden tevens naar de nacht verplaatst moeten worden.

De inhoud van de kleine buffer is ingeschat op het maximale aantal schakelingen van de warmtepompen. In de basic engineering fase zal de inhoud van dit vat definitief bepaald moeten worden aan de hand van de definitieve warmtepompen.

Opstarten

- Vrijgave vanuit regeling;
- Pomp komt in bedrijf;
- Vertraagde vrijgave warmtepomp(en);
- Driewegregeling bij warmtepompen zorgt voor juiste T_{uit} deze opwekkers

Afschakelen

- Geen warmtevraag uit regeling;
- Warmtepomp(en) uit;
- Pomp uit bedrijf.

2.10.3 Bewaken

Temperatuur bewaking

Indien de regeling voor 15 minuten is vrijgegeven, maar de gewenste aanvoertemperatuur blijft onder de 70°C dient er een urgent alarm te worden gegeven.

Flow-/ drukbewaking

Indien de flow-/drukopnemer onder de definitief bepaalde flow of druk (vanuit basic engineering fase) komt, dient er een urgent alarm te worden gegeven.

2.10.4 Optimaliseren

De (na)draaitijd, bedrijfsuren per machine, stabiliteit en regeling van de warmtepompen dient na in bedrijf stellen door de warmtepompleverancier en installateur te worden geoptimaliseerd.

Pompen periodiek in schakelen om vastzitten van stilstaande pompen te voorkomen.

2.10.5 Bedienen

Het is middels een interventie schakelaar mogelijk de distributiepompen handmatig tussen de standen AAN – UIT – AUTO te schakelen.

2.10.6 Beheren

In de software dient een overzicht van de groep met opwekking middels een schematische weergave van de hydraulische inpassing worden weergegeven. Hierin dienen minimaal de volgende gegevens af te lezen te zijn: aanvoertemperatuur, actuele percentage regelafsluiters, bedrijfsuren teller pompen, gewenste temperaturen, status regelcomponenten (Uit - Auto - Storing), historische gegevens over alle aanvoer- & retourtemperaturen, drukken & % inzet van alle warmte-opwekkers. Tevens dient het beheren op afstand te kunnen plaatsvinden.

3 Layout warmtecentrale

Zie voor de equipmentdimensies welke als uitgangspunt zijn genomen, de layout van de warmtecentrale exclusief geluidwal. Deze is bijgevoegd als bijlage 1562001.

4 PFD warmtecentrale

Zie voor het process flow diagram bijlage 1542001.