

OPTIMALISATIE ZONNEBOILER



**Marc Burghoorn 1668687, Max Lintjens 1573606, Matthias Francke 1662074,
Florian van Eenennaam 1676317, Roel Janssen 1673866 en Mark Thijssen
1645736.**

2 juni 2023

Versie 2.0

VOORWOORD

Dit verslag beschrijft het verloop van het werktuigbouwkundig semester 4 project. Eerst is onderzocht wat er nodig is om een zonneboiler testopstelling werkend te maken. Daarna is er een ontwerp aan de hand van een P&ID gemaakt voor een verdere uitbreiding van het huidige systeem. Vervolgens is de invulling van het project veranderend. Dit betekent dat er gekeken is naar de theoretische beste oplossing voor het witwatervat en grijswatervat systeem. Vervolgens worden beide systemen met elkaar vergeleken.

Het project bestaat uit twee groepen (a en b) van drie studenten, dit verslag is van beide groepen. Het witwatersysteem is gemaakt door projectgroep A en het grijswatersysteem is gemaakt door projectgroep B. Het team bestaat uit de volgende personen;

Opdrachtgevers;	Nikola Pozderovic Rob ter Steeg
Docentbegeleider;	Jan Verbeek
Projectgroep A;	Marc Burghoorn Max Lintjens Matthias Francke
Projectgroep B;	Florian van Eenennaam Mark Thijssen Roel Janssen

De opdrachtgever en docentbegeleider en derden kunnen dit verslag gebruiken om informatie over het project te verkrijgen, zoals welke taken zijn uitgevoerd en technische details van het systeem.

SAMENVATTING

Aanleiding

Fectum Innovation wil weten wat voor soort zonneboiler systeem beter is. Er is naar twee soorten zonneboiler systemen gekeken. De systemen zijn bedoeld voor een rijtjeshuis tussen de jaren 60-90. Het is de bedoeling dat deze huizen in 2050 totaal van het gas af zijn.

Hoofdvraag

Er is gevraagd naar de verschillen tussen beide systemen en welk systeem het best toepasbaar is in verschillende situaties.

Werkwijze

De projectgroep is opgedeeld in twee groepen. Beide groepen hebben afzonderlijk een zonneboilersysteem bekeken. Om te bepalen hoe een zonneboilersysteem functioneert en welke onderdelen daarvoor nodig zijn, is eerst onderzoek gedaan naar de werking ervan. Vervolgens is er een P&ID van het systeem gemaakt om tot in detail uit te zoeken hoe het systeem functioneert. Daarna zijn er berekeningen gemaakt. Op basis van de berekeningen is er een buffervat ontwerp gemaakt. Aan de hand van de berekeningen zijn de andere componenten van de systemen gespecificeerd. Na het maken van de ontwerpen is er een kostencalculatie gemaakt. Uiteindelijk zijn beide systemen met elkaar vergeleken aan de hand van verschillende scenario's.

Conclusies

Tijdens dit onderzoek/ ontwerp zijn er een aantal conclusies opgedoken. Wat door de projectgroepen verwacht werd is dat het witwatersysteem een stuk duurder zal uitvallen, door de externe platenwisselaar en druksysteem, ten opzichte van het grijswatersysteem. De aanschafkosten voor het witwatersysteem worden dus ook geschat op € 12612,36,- en die van het andere systeem € 5805,76,- euro, dit zijn enorme verschillen. Op jaarbasis komt het witwatersysteem goedkoper uit namelijk; €360,- en het grijswatersysteem op € 735,-. Hierdoor kan het witwatersysteem zich binnen 18 jaar goedkoper noemen, omdat het dan het verschil in aanschafkosten is terugverdient en vanaf nu goedkoper gaat zijn.

Het is dus aan de consument wat hij of zij willen uitgeven aan aanschafkosten of uiteindelijk wil gaan besparen in de toekomst. Elk systeem komt dus beter tot zijn recht in verschillende situaties, net wat gewenst is.

Aanbevelingen

Om op dit project voort te kunnen bouwen, zijn er aanbevelingen om tot een beter en concreter resultaat te komen. Zo wordt er aanbevolen om verder te gaan met de testopstelling en testplan. Met behulp van het testplan kunnen er metingen gedaan worden aan het systeem. Door deze verder uit te werken kan er gekeken worden naar de daadwerkelijk opbrengst van het systeem. Met behulp van de metingen die gedaan zijn kan er gecontroleerd worden of de theoretische berekeningen die in dit verslag gedaan zijn kloppen.

Een andere aanbeveling die er wordt gedaan is om verder te gaan in het detailontwerp. Door het detailontwerp verder uit te werken wordt het duidelijker hoe een systeem gerealiseerd zou moeten worden. Ook kan er dan een nauwkeurigere schatting gedaan worden naar het totale kostenplaatje per systeem.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	2
SAMENVATTING	3
1 INLEIDING	6
2 TESTOPSTELLING	7
2.1 Deskresearch	7
2.2 Field research	8
1.3 Testplan	11
3 WITWATER SYSTEEM	12
3.1 Pakket van eisen	12
3.2 P&ID Concepten	14
3.3 Conceptkeuze	19
4 DETAIL ONTWERP WITWATER SYSTEEM.....	20
4.1 Dimensionering	20
4.1.1 Inhoud buffervat	20
4.1.2 Opbrengst zonnecollector	20
4.1.3 Warmtepomp	20
4.1.4 Isolatie	21
4.2 Ontwerpkeuzes	22
4.3 P&ID	41
4.4 HAZOP	43
4.5 Detailontwerp vat	44
4.6 Onderdelenlijst	45
5 GRIJSWATER SYSTEEM	46
5.1 Pakket van eisen	46
5.2 Morfologisch overzicht	49
5.3 P&ID en HAZOP	50
5.3.1 P&ID	50
5.3.2 HAZOP	51
5.4 Ontwerpkeuze	52
5.4.1 Zonnecollector	52
5.4.2 Vat.....	52

5.4.3	Leidingen en aansluitingen	53
5.4.4	Isolatie	54
6	DETAIL ONTWERP GRIJSWATER SYSTEEM.....	56
6.1	Berekeningen	56
6.2	Materiaalkeuze	57
6.3	Tekeningen en onderdelenlijst	58
6.4	Kostencalculatie	59
7	VERGELIJKING SYSTEMEN.....	60
8	CONCLUSIE	63
9	DISCUSSIE	65
10	BRONVERMELDING	67
11	BIJLAGE	69
11.1	Plan van aanpak	69
11.2	Desk research	71
11.3	Testplan	73
11.4	HAZOP (Witwatersysteem)	77
11.5	Bestellijst testopstelling	78
11.6	Berekeningen (witwatersysteem)	79
11.6.1	Inhoud buffervat	79
11.6.2	Opbrengst zonnecollector	79
11.6.3	Warmtepomp.....	80
11.6.4	Isolatie	82
11.6.5	Doorstroomverwarmer	84
11.7	Morfologisch overzicht (grijswater systeem)	85
11.8	Berekeningen (grijswater systeem).....	86
11.9	HAZOP (grijswater systeem)	87
11.10	Tekeningen (grijswater systeem)	88
11.11	DZO.....	95

1 INLEIDING

In 2015 vond de klimaattop in Parijs plaats. Bij dit overleg is er een akkoord gesloten door de EU-lidstaten. In dit akkoord staat dat de uitstoot van alle EU-lidstaten, in 2030 minimaal veertig procent gereduceerd moet worden.

Om dit akkoord te kunnen behalen, moet er flink wat veranderen binnen de EU-lidstaten. Een van de belangrijke punten waarop de uitstoot geminderd kan worden, is de overgang naar duurzame, groene energie. Een mogelijke oplossing, die hier een bijdrage aan kan leveren is het zonneboilersysteem. Een zonneboilersysteem vangt zonlicht op een verwarmd hiermee een medium. De warmte in dit medium, wordt vervolgens gebruikt om water te verwarmen, dit kan zowel tapwater zijn als grijswater voor het verwarmingscircuit.

Binnen dit project wordt er gekeken naar twee zonneboilersystemen, een systeem met een grijswatervat en een systeem met een witwatervat. Bij beide systemen zullen er onder andere gekeken worden naar gemaakte ontwerpkeuzes, veiligheid en berekeningen. Vervolgens worden de twee systemen vergeleken worden en zal er advies gegeven worden over de twee systemen. Dit advies slaat onder andere op de efficiëntie en de kosten, maar ook op de situatie waarin het systeem het best geplaatst kan worden.

Gedurende de eerste zeven weken is er met name gekeken naar het realiseren van een testopstelling en welke testen er uitgevoerd moeten worden en daarop is het plan van aanpak ("PvA") ook geschreven. Daarna veranderde de opdracht, waardoor het roer volledig omgegooid werd. Het testen is dan ook volledig achterwegen gelaten en er is overgestapt op een ontwerp, volledig gebaseerd op de theorie.

Aan de hand van dit rapport valt te zien hoe er gewerkt is aan het project en welke stappen er zijn ondernomen, om zo tot een conclusie en aanbeveling voor een volgende projectgroep te komen en tot een eindontwerp.

2 TESTOPSTELLING

Op de HAN in het Solar demo lab staat een zonneboiler testopstelling. Deze is voorzien van een vacuümbuis zonnecollector, buffervat (met interne wisselaar) en een pomp. Deze is in lange tijd niet in bedrijf geweest en dient in eerste instantie werkend gemaakt te worden, om achtergrondinformatie via metingen te verzamelen, die gebruikt kunnen worden voor ontwerpdoeleinden. Als het systeem werkt, moet hij uitgebreid worden met een extra vat, waarbij de wisselaar extern geplaatst is. Het systeem moet op dezelfde collector aangesloten staan, het is dus een de projectgroepen om hun eigen systeem werkend te maken.



Figuur 1; Solesta 2.0 smart zonneboiler.

2.1 Deskresearch

Voordat er een begin gemaakt kan worden aan een eindontwerp is er gekeken naar de werking van verschillende al bestaande systemen. Er is voor elk systeem gekeken naar wat er benodigd is om een systeem compleet werkende te krijgen en hoe het systeem werkt. (*"Onderzoek zonneboiler"*) Door de verschillende systemen zijn er ook verschillende onderzoeken gedaan. Zo is er per component gekeken naar de werking ervan. Door te kijken naar elke component is het makkelijker om een systeem te realiseren en optimaliseren. Zo is er bij het grijswatervat systeem gekeken naar typen collectoren (*"Onderzoek zonnecollector"*) en een opslagvat (*"Grijswatervat"* en *"opslagvat"*). Bij het opslagvat is er ook gekeken naar de warmtewisselaar in het vat. Bij het witwatervat systeem is er apart gekeken de werking van de zonnecollectoren en het vat. (*"De zonnecollector deskresearch-buffervat"*) Bij dit systeem zitten meer normen vast aan het systeem waardoor er door deze groep ook extra gekeken is naar de normen. Omdat er in dit systeem een externe warmtewisselaar is, is er ook apart gekeken naar de werking hiervan. (*"De zonnecollector deskresearch-warmtewisselaar"*)

2.2 Field research

Op locatie is door beide groepen de installatie bekeken, hoe die werkt en welke componenten aanwezig zijn. Op basis van het leidingwerk volgen is voor ieder project lid duidelijk geworden met wat voor installatie gewerkt moet worden.

Het systeem bestaat uit het volgende:

- Silverline V20 Vacuümbuis collector, 20 buizen.
- Druk loos terugloop systeem.
- Leidingwerk PA 10 x 2 mm.
- Leidingwerk koper ½"
- RVS-slang ½"
- Solesta vat Silverline heat, met inwendige wisselaar.
- Platenwisselaar (niet aangesloten), geen informatie over bekend.
- SIRAI D218V03 circulatiepompje.
- Inlaatcombinatie ½".
- Aangesloten op een CV naverwarmer.

Het systeem mist het volgende:

- Leidingwerk PA 10 x 2 mm, stukken tussen uit geknipt.



Figuur 3; Leidingwerk testopstelling.



Figuur 2; Pompbehuizing testopstelling HAN.



Figuur 5; Pompbehuizing.



Figuur 4; Solesta buffervat.



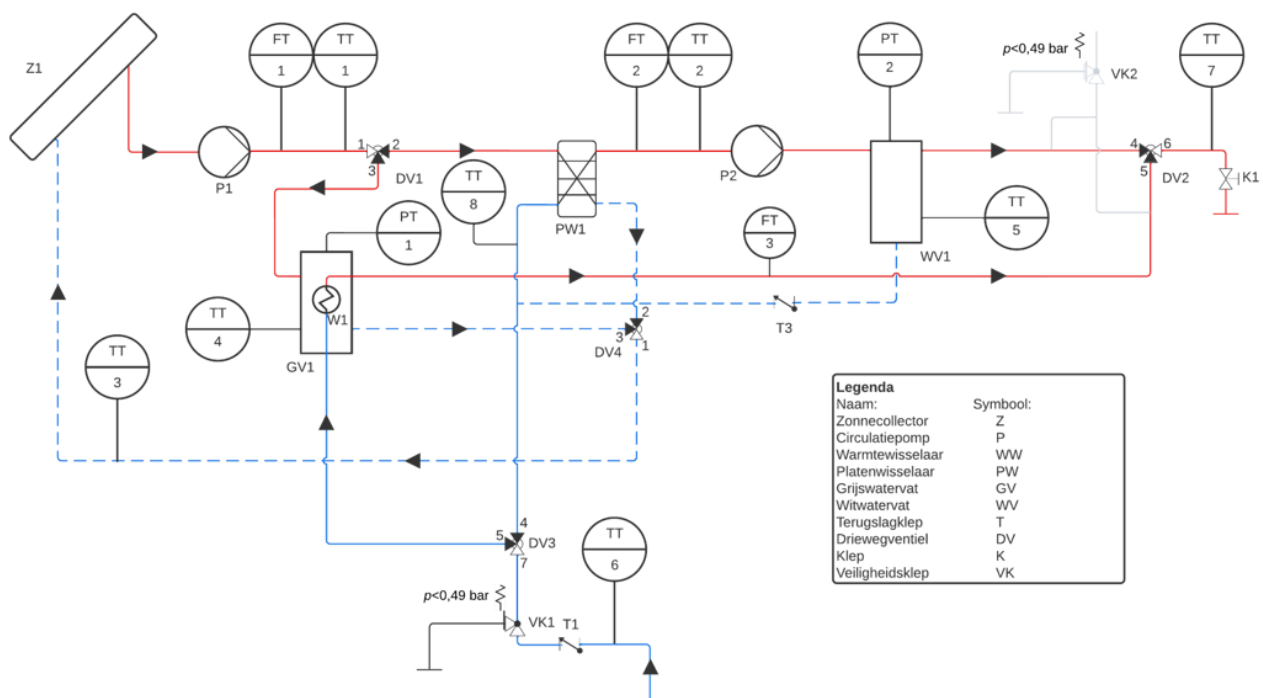
Figuur 6; Externe platenwisselaar HAN demo solar lab.

Van dit systeem is ook een datasheet/ handleiding beschikbaar, namelijk; Solesta silverheat installatie handleiding. Hierin staan de gegevens van de vacuümbuis collector, maar ook gegevens van het vat. Op locatie zijn geen gegevens beschikbaar, ook niet op het vat zelf.

Projectgroep A moest de installatie uitbreiden met een drinkwatervat, doordat er geen gegevens beschikbaar zijn op de locatie zelf, is de groep het vat gaan opmeten. Hierbij is het vat telkens met een 10 liter emmer gevuld, totdat het water er niet meer in liep. De conclusie, het vat is 90 liter, net zoals in de bovenstaande datasheet. Het is nu duidelijk dat het systeem in het demo solar lab overeenkomt met die van de datasheet.

P&ID

Nu alles duidelijk is, kan de P&ID opgesteld worden, in deze P&ID zijn beide systemen getekend; Grijswatersysteem en Witwatersysteem. De rode lijnen stellen het warme water voor en de blauwe koud. Driewegklep (DV1) kan schakelen tussen stand 2 en 3, hiermee schakel je van het ene systeem naar de ander. Dit moet echter wel in combinatie met DV2, DV3 en DV4, anders gaat het water in de verkeerde leidingen stromen. Er is op bepaalde plekken gekozen om temperatuur/flow- en druksensoren te plaatsen, met behulp van deze sensoren kunnen de juiste metingen gedaan worden. De manier waarop deze kleppen horen te schakelen en hoe de metingen uitgevoerd kunnen worden staat beschreven in bijlage "Testplan".



Figuur 7; P&ID toekomstige testopstelling.

Bestellijst

Voordat het systeem aangepast moet worden is het altijd handig om eerst de originele staat werkend te krijgen, zo kun je zien of de componenten wel of niet kapot zijn. Om dit te realiseren is er een bestellijst opgesteld, hiermee kan de installatie dus weer op originele staat gemaakt worden. De benodigde componenten staan hieronder weergegeven:

- Kogelkraan drieweg DN15 (2x)
- Driewegklep DN15 (2x)
- Kogelkraan ½" (1x)
- Dop ½" binnendraad (1x)
- Bonifix EPDM-slang (1x)
- PA 12 slang 10x8mm zwart 10m (1x)
- PA 12 slang 10x8mm blauw 10m (1x)

1.3 Testplan

Waarom is er een meetplan opgesteld? Om de juiste data te vergaren om de vragen die spelen te kunnen beantwoorden. Hiervoor was er op de HAN in het solar demo lab, een opstelling beschikbaar gesteld. Deze opstelling moet eerst werkende gemaakt worden voordat er metingen aan gedaan kunnen worden. Door metingen aan dit systeem te doen zou de werking duidelijker zijn. De meetwaardes zouden meegenomen kunnen worden in de ontwerpfase. Voor het kunnen meten aan dit systeem is er een meetplan opgesteld. ("Meetplan") Hierin is beschreven wat benodigd is om het systeem werkende te krijgen en welke metingen er gedaan worden. Ook is er beschreven hoe de metingen gedaan worden, wat er nodig is voor de metingen en een plan om deze metingen uit te werken tot een overzichtelijk document. Verder is er een P&ID gemaakt van het complete systeem, hierin is duidelijk gemaakt welke sensoren er nodig zijn en waar ze geplaatst zijn. Ook is er gekeken naar welke kranen er opengedraaid moeten worden water in het systeem te krijgen en rond te laten circuleren.

Door middel van een meetplan is het makkelijker en meer gestructureerd om aan de opstelling metingen te doen. Ook is het dan duidelijk wat er gemeten wordt en waarom deze metingen nodig zijn.

3 WITWATER SYSTEEM

Het witwater systeem zal moeten bestaan uit een warmtewisseling van het collector circuit naar het tapwater circuit, buiten het buffervat, hiervoor moet gebruik gemaakt worden van een platenwisselaar. In het buffervat zit dus tapwater (drinkwater) opgeslagen en moet wanneer gevraagd gelijk warm water kunnen geven.

3.1 Pakket van eisen

Voordat het witwater systeem ontworpen kan worden, is het noodzakelijk om duidelijk te hebben aan welke eisen het systeem moet voldoen. De eisen die gesteld worden aan het systeem zijn verkregen in overleg met de opdrachtgever en inzichten van de projectgroep. Dit zijn voornamelijk de variabele eisen. Tevens zijn eisen opgenomen uit de normen die van toepassing zijn op het systeem. Deze vormen het grootste deel van de vaste eisen. De eisen vormen de ruggengraat voor het ontwerp van het systeem.

Pakket van Eisen				
Vaste Eisen				
Nr.	Eis	Verificatiemethode	Stakeholder	Bron
1.	Het systeem is geschikt voor een huishouden van 4 personen.	Het is mogelijk dat 3 mensen achter elkaar kunnen douchen.	Gebruiker	Maarten van den Berg
2.	De buffertank wordt gebruikt voor drinkwater.	Drinkwater stroomt uit uitgaande pijp.	Opdrachtgevers, Wet- en regelgeving	Maarten van den Berg
3.	De warmtewisselaar zit buiten de tank.	Observatie	Opdrachtgevers	Maarten van den Berg
4.	Gebruiksdruk op de tappunten is tussen 100 kPa en 500 kPa	Druk meten aan het tappunt	Wet- en regelgeving	NEN 1006 2.1.1
5.	Volumestroom warmtapwater bij gebruiksdruk van 100 kPa is 0,042 l/s	Met een timer water aftappen. Getapt volume per tijd berekenen.	Wet- en regelgeving	NEN 1006 2.1.1
6.	Het warmtapwatertoestel moet tegen te hoge temperatuur (85 graden) en zo nodig tegen te hoge druk (5 bar) zijn beveiligd.	Er wordt een overdrukventiel toegepast.	Wet- en regelgeving	NEN 1006 4.4.1
7.	In de drinkwaterleiding naar het warmtapwatertoestel mag geen warmtapwater kunnen terugstromen.	Er zit een terugslagklep tussen het systeem en de leiding.	Wet- en regelgeving	NEN 1006 4.4.1
8.	Voorraad warmtapwater-toestellen moeten volledig kunnen worden geledigd.	Er is een manier om de tank leeg te laten lopen.	Wet- en regelgeving	NEN 1006 4.4.1
9.	De temperatuur van het geleverde water moet gemeten kunnen worden.	Er is een thermometer voor de tap.	Wet- en regelgeving	NEN 1006 4.4.1
10.	De temperatuur aan het tappunt moet bij gebruik conform de ontwerpcondities ten minste 55 °C zijn.	Er is een thermometer voor de tap.	Wet- en regelgeving	NEN 1006 4.4.2.1

11.	De tank wordt minimaal wekelijks thermisch gedesinfecteerd ter voorkoming van bacteriologische na groei.	Het water in de tank wordt minstens een keer per week 60 °C gedurende 20 min, 65 °C gedurende 10 min of 70 °C gedurende 5 min.	Wet- en regelgeving	NEN 1006 4.4.2.4
12.	De thermometer heeft minimaal een bereik van 10 °C – 75 °C, afleesbaarheid van 1 °C en een nauwkeurigheid van 2 °C.	Correcte onderdeel toepassen.	Wet- en regelgeving	NEN 1006 5.2.1
13.	Bij optimale omstandigheden zorgt de warmtewisselaar voor een maximaal efficiëntieverlies van 10%	Correcte onderdeel toepassen, isoleren.	Wet- en regelgeving	EN129977-1:2018 6.4.6
14.	De warmtewisselaar heeft een warmtewissel capaciteit van ten minste 40 W/(K × m²) per oppervlakte zonnecollector.	Capaciteit van de warmtewisselaar delen door het collector oppervlak.	Wet- en regelgeving	EN129977-1:2018 6.4.6
15.	Het warmteverlies van de tank mag niet meer zijn dan $(UA)_{sb,sa} = 0,16\sqrt{V_n}$ [W/K]	Berekenen	Wet- en regelgeving	EN129977-1:2018 6.4.7
16.	Als het water warmer kan worden dan 60 °C, moet er in het systeem automatisch koud water gemengd worden om de maximale tap temperatuur 60 °C te houden.	Automatische mengkraan installeren in het systeem.	Wet- en regelgeving	EN129977-1:2018 6.2.4.1
17.	De leidingen die gebruikt worden zijn conform de normen	Leidingen aanschaffen a.d.h.v. de voorschriften.	Wet- en regelgeving	EN 806

Variabele Eisen

Nr.	Eis	Verificatiemethode	Stakeholder	Bron
1.	De Total Cost of Ownership is zo laag mogelijk.	Kosten in overzicht zijn 'laag'.	Opdrachtgever	Projectuitvoerders
2.	De installatietijd is zo kort mogelijk.	Installateur geeft aan of de installatie tijd lang of kort is.	Installateur	Maarten van den Berg
3.	Het systeem is zo compact mogelijk om het te kunnen toepassen in rijtjeshuizen uit de jaren 1960-1990.	Past gemakkelijk op zolder van een rijtjeshuis.	Gebruiker	Maarten van den Berg
4.	De efficiëntie van het systeem is zo hoog mogelijk.	Rendement van geheel systeem is hoog.	Gebruiker en opdrachtgever	Maarten van den Berg

3.2 P&ID Concepten

In deze paragraaf komen alle concepten naar voren van het witwater systeem. Aan de hand van een P&ID zijn verschillende concepten uitgewerkt. Hierin is te zien welke verbeteringen er zijn doorgevoerd en de reden daarvoor.

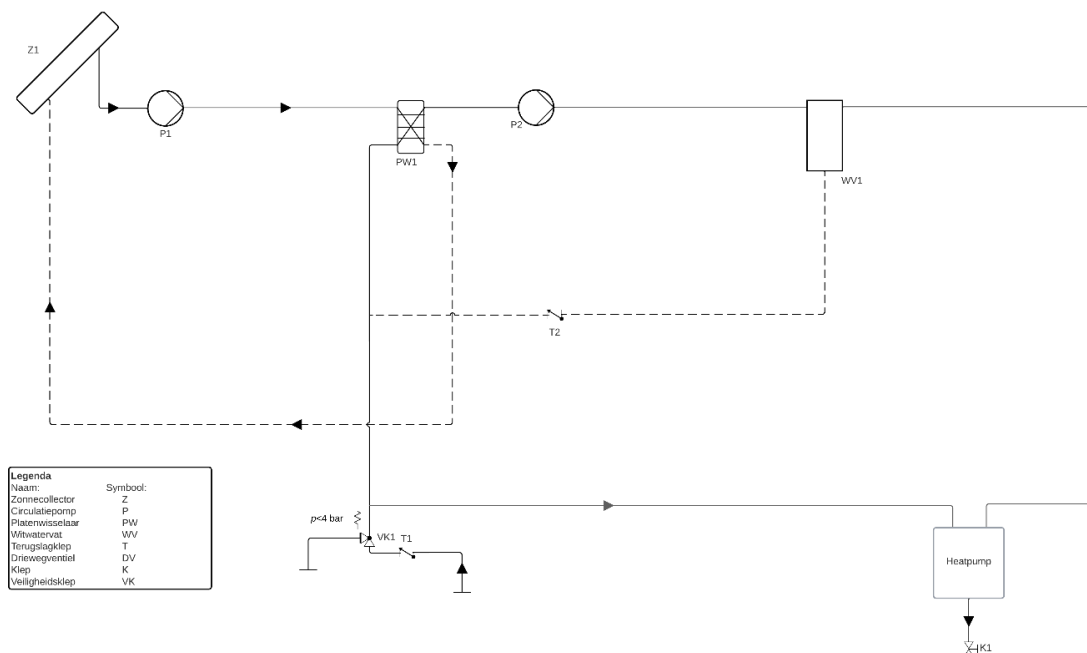
Concept 1

Het systeem bestaat uit twee aparte circuits, bestaande uit het zonnecollector circuit en het witwater circuit. Om te beginnen starten we met het zonnecollectorcircuit. Vanuit de zonnecollector (Z1) komt de opgewarmde vloeistof (waarschijnlijk glycol) als eerst de circulatiepomp (P1) tegen. Deze zorgt ervoor dat de vloeistof door het circuit gepompt wordt. Na de pomp komen we de platenwarmtewisselaar (PW1) tegen. Hier geeft de glycol zijn warmte af aan het witte water wat door het andere circuit circuleert. Vervolgens wordt de afgekoelde glycol teruggeleid via de retourleiding naar de zonnecollector.

Het witwater circuit begint bij het schone water wat via de leiding het systeem binnen komt. Om ervoor te zorgen dat het water niet terug de leiding in kan lopen wordt er gebruikt van een inlaatcombinatie. Deze bestaat uit een terugslagklep (T1) en een veiligheidsklep (VK1). Deze veiligheidsklep zorgt ervoor dat op het moment dat de druk vanuit de leiding te hoog is dat deze afgelaten wordt.

Na de inlaatcombinatie kan het water twee kanten opstromen, de ene kant is richting de platenwarmtewisselaar (PW1) en de andere richting de warmtepomp. Allereerst kijken we naar het koude water dat bij de platenwarmtewisselaar aankomt. Hier neemt het water de warmte van de glycol over. Na deze warmtewisselaar komen we wederom een circulatiepomp (P2) tegen. Deze zorgt ervoor dat het water gecirculeerd wordt zodat koud water wat zich onder in het witwatervat (WV1) bevindt weer opgewarmd wordt.

Na de pomp komt het water bij het witwatervat (WV1). Om ervoor te zorgen dat het water gecirculeerd kan worden zit er een retourleiding aan de onderkant van het vat. In deze leiding bevindt zich een terugslagklep (T2) zodat koud water direct uit de leiding niet zomaar het vat in kan lopen. Vanuit de bovenkant van het vat loopt er een leiding richting de warmtepomp. Hier wordt water eventueel verwarmt met externe warmte of afgekoeld door het koude water wat net uit de inlaatcombinatie komt. Na de warmtepomp komen we een klep (K1) tegen, wanneer deze wordt opengezet loopt het warme water richting de benodigde bron.



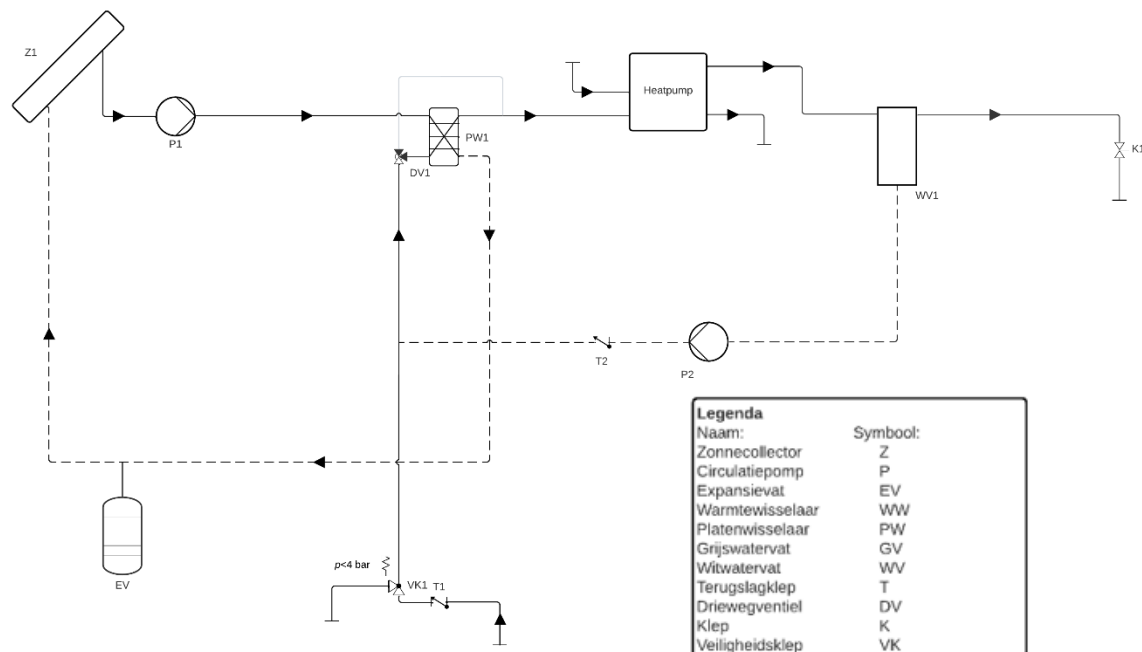
Figuur 8; P&ID witwatersysteem concept 1.

Concept 2

In vergelijking met het eerste concept zijn er een aantal componenten toegevoegd en verplaatst van plek. Zo is in het zonnecollector circuit een expansievat (EV) toegevoegd. Deze zorgt ervoor dat als de glycol opwarmt en daardoor zichzelf uitzet en dus druk opbouwt dat deze druk ergens naartoe kan. Hierdoor wordt de levensduur van het leidingwerk verlengt.

Ook is er een driewegklep (DV1) toegevoegd, deze is toegevoegd dat water eventueel om de warmtewisselaar (PW1) heen kan. De gedachten hierachter is dat op het moment dat het water wat zich onder in het vat bevindt warmer is dan de temperatuur van de warme glycol dat het warmere water de warmtewisselaar kan passeren. Hierdoor zou het water niet afgekoeld kunnen worden door de warmtewisselaar.

De warmtepomp is verplaatst naar na de platenwarmtewisselaar, zodat het water extra opgewarmd kan worden naar de gewenste temperatuur. De pomp (P2) is verplaatst naar de retourleiding met de gedachte dat als de kraan geopend wordt dat er dan water aan het vat toegevoegd moet worden. Als het debiet daarbij groter wordt dan dat van de pomp dan houdt de pomp het water als het ware tegen. Dit kan de levensduur van de pomp verkorten, daarom is de plaatsing van de pomp veranderd.

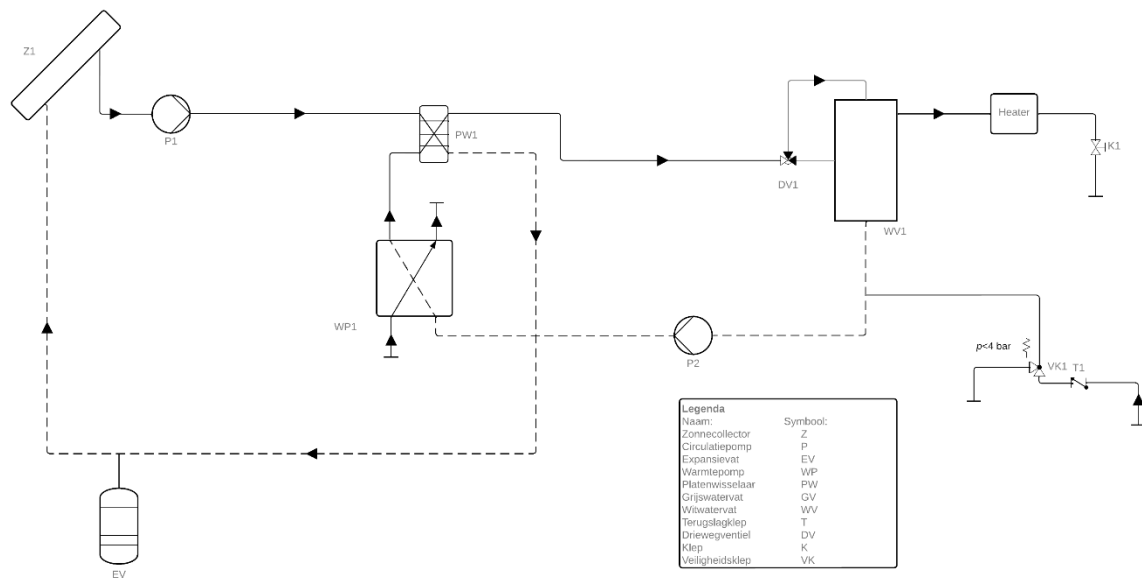


Figuur 9; P&ID witwatersysteem concept 2

Concept 3

In het derde concept is de warmtepomp voor de platenwarmtewisselaar geplaatst. De reden hiervoor is dat de warmtepomp beter is in het verwarmen op lage temperaturen. Daarnaast zat er in concept 2 een driewegklep voor de warmtewisselaar, deze is weg want het nut hiervan zou nihil zijn. Bij het vat is er een driewegklep toegevoegd, deze zorgt ervoor dat het water op meerdere plekken het vat binnen kan. Hierdoor kan met behulp van de temperatuur, het water op de juiste hoogte in het vat gelaten worden. Dit is goed voor de gelaagdheid van het vat.

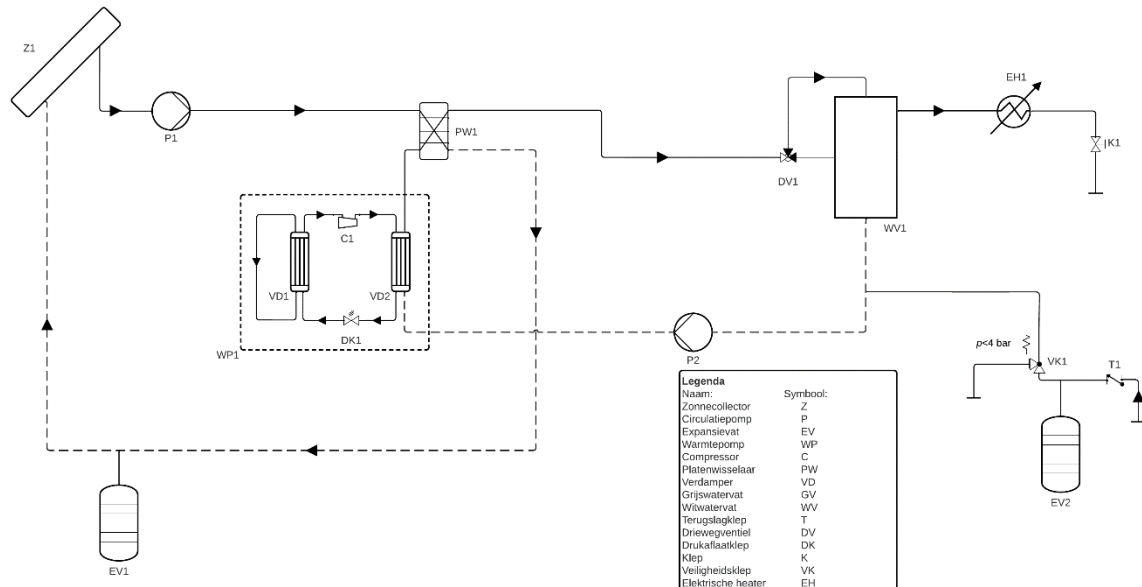
De terugslagklep in de retourleiding van het witwatervat is weggehaald aangezien het water in deze leiding de juiste kant al op wordt gepompt. Na het vat is er een heater toegevoegd zodat het water naar de gewenste temperatuur na verwarmd kan worden.



Figuur 10; P&ID witwatersysteem concept 3.

Concept 4

Het verschil in dit concept vergeleken met concept 3 is dat de warmtepomp (WP1) en de heater (EH1) verder uitgewerkt zijn. Daarnaast is er na de terugslagklep (T1) van de inlaatcombinatie een expansievat (EV2) toegevoegd. Deze is toegevoegd zodat de opgebouwde druk in het systeem eerst in het expansievat opbouwt. Als de druk dan alsnog boven de 4 bar komt dan wordt de druk afgelaten door de inlaatcombinatie.

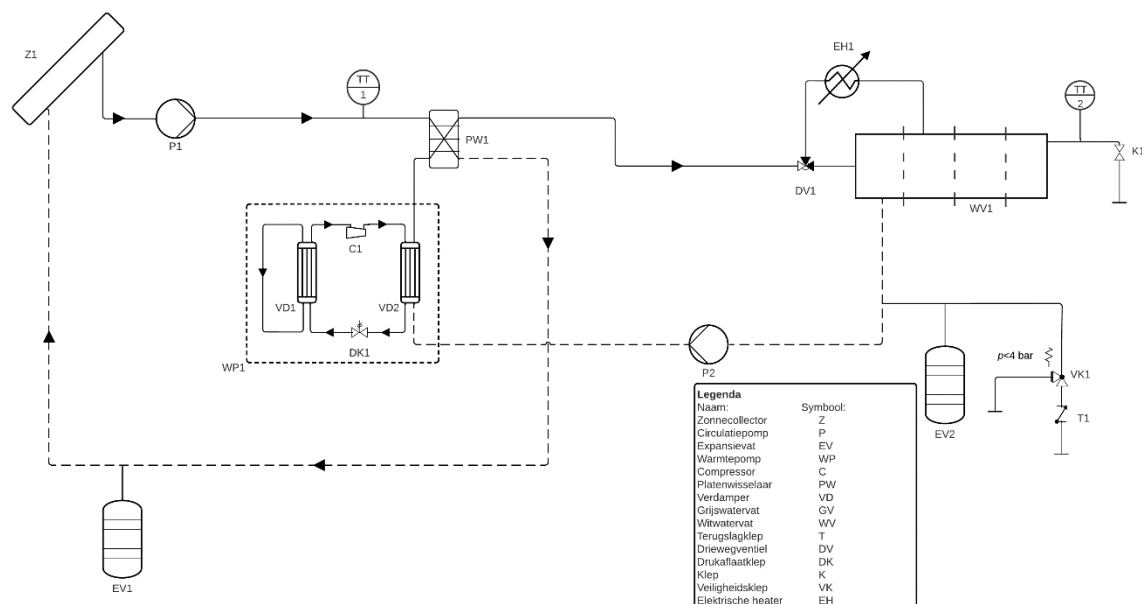


Figuur 11; P&ID witwatersysteem concept 4.

Concept 5

Vergeleken met concept 4 is het expansievat (EV2) na de veiligheidsklep (VK1) geplaatst. Aangezien de veiligheidsklep (VK1) samen met de terugslagklep (T1) te koop is als inlaatcombinatie, kan het expansievat hier niet tussen en wordt dus hierna geplaatst.

Het witwatervat (WV1) is horizontaal geplaatst en bestaat uit vier kleinere modulaire vaten. De elektrische heater (EH1) is verplaatst van plaats, zodat mocht de warmtepomp en wisselaar het water niet minstens één keer per week voor een bepaalde tijd op 60 graden houden dan kan de heater altijd het water bij warmen. Deze eis is gesteld zodat legionella geen kans heeft om te overleven. Verder zijn er nog verschillende temperatuursensoren (TT) in het systeem geplaatst zodat de temperatuur geregeld kan worden met de verschillende elementen.



Figuur 12; P&ID witwatersysteem concept 5.

3.3 Conceptkeuze

Tijdens en na het maken van de P&ID zijn er keuzes gemaakt om het systeem optimaal te laten werken, denk hierbij aan de bepaalde plaats van een component in het systeem. Hieronder zal beschreven worden welke 'grote' keuzes gemaakt zijn om tot de uiteindelijke conceptkeuze te komen. Figuur 12 in hoofdstuk 3.2 werkt ondersteunend om de onderstaande tekst te kunnen begrijpen.

Zonnecollector circuit

In dit gedeelte is ervoor gekozen om glycol-water (40/60%) mengsel te gebruiken, door de glycol kan het medium niet bevriezen in temperaturen onder nul. De glycol die gebruikt moet worden is propyleen glycol, ethyleen glycol is daarentegen giftig en mag niet worden gebruikt in zonneboilersystemen (Zonneboiler voor warm tapwater, sd), (Zonneboiler vloeistof, sd). Ook is er gekozen om een expansievat erbij te voegen, deze zal de drukschommelingen in dit circuit opvangen. De drukschommelingen worden veroorzaakt door uitzetten van medium bij hogere temperaturen.

Buffervat circuit

Een druksysteem moet altijd mechanisch beveiligd zijn tegen systeem overdruk, vandaar dat de inlaatcombinatie toegevoegd is. Het is echter wel waterverspilling want een inlaatcombinatie lekt altijd door bij drukverschillen. Daarom is er een drinkwater expansievat na de inlaatcombinatie geplaatst, zoals in figuur 5 te zien is. Dit expansievat is speciaal ontworpen voor drinkwatersystemen, water zal niet stil blijven staan in dit component, hierdoor is legionella vorming niet mogelijk.

Pomp (P2) is geplaatst om te zorgen voor een circulatie in het tapwater systeem. Dit zal legionella vorming in leidingwerk voorkomen. Ook is circulatie van belang om het water meer en meer te verwarmen, het komt dus vaker door de warmtepomp en wisselaar.

Er is gekozen om de warmtepomp voor de platenwisselaar te plaatsen, dit i.v.m. efficiëntie van warmtepomp. Wanneer er een kleinere delta T (temperatuur) is, is de COP-waarde lager en werkt de warmtepomp beter, zie hoofdstuk 4.1.3 berekeningen.

De elektrische doorstroomverwarmer is met een aftakking voor het buffervat geplaatst, zoals eerder benoemd is zorgt dit component dat de juiste temperatuur behaald wordt wanneer de rest van het systeem het niet aan kan. Ook wanneer het systeem nog geen 60 °C (20 min) is geweest in de week.

4 DETAIL ONTWERP WITWATER SYSTEEM

4.1 Dimensionering

In dit hoofdstuk worden de bevindingen uit de berekeningen besproken. De uitgewerkte berekeningen zijn terug te vinden in 11.6.

4.1.1 Inhoud buffervat

Uit de eisen volgt dat het systeem voldoende water moet leveren zodat drie personen aaneensluitend kunnen douchen. De gemiddelde douchebeurt is 8 minuten met een debiet van 5,5 liter heet water per minuut (Waterwerkblad, 2023). Om ruimte te geven voor het gebruik van andere tapwaterpunten of een langere douchebeurt verhogen wij het debiet voor het piekverbruik naar 7,5 liter heet water per minuut. Hieruit volgt dat er in 24 minuten 180 liter heet water beschikbaar moet zijn. Om gangbare maten aan te houden, wordt er daarom gekozen voor een buffervat van 200 liter.

4.1.2 Opbrengst zonnecollector

Voor de berekeningen van de opbrengst van de zonnecollector is uitgegaan van een collector met een oppervlakte van 4,5 m² en een efficiëntie van 70%. Er is gebruik gemaakt van zoninstralingsmetingen uit Arnhem van de jaren 2011 tot en met 2020.

De hoeveelheid water, V_w , dat per dag opgewarmd kan worden door de zonnecollector, kan worden berekend met *vergelijking 1*:

Vergelijking 1

$$V_w \left[\frac{dm^3}{dag} \right] = Q_{coll,dag} \left[\frac{J}{dag} \right] \cdot c_{water} \cdot \rho_{water} \cdot \Delta T \cdot \eta_{ww}$$

Hierin is $Q_{coll,dag}$ de hoeveelheid warmte die de zonnecollector per dag levert. Dit is te berekenen met *vergelijking 2*:

Vergelijking 2

$$Q_{coll,dag} \left[\frac{J}{dag} \right] = Q_{zon} \left[\frac{J}{m^2 \cdot dag} \right] \cdot A_{coll} [m^2] \cdot \eta_{coll}$$

In de middelste kolom van tabel 1 staat de gemiddelde straling per vierkante meter verdeeld over 24 uur voor iedere maand. In de rechtse kolom staat het gemiddelde volume water dat opgewarmd kan worden van 10°C tot 60°C per 24 uur.

4.1.3 Warmtepomp

In het slechtste geval wordt er geen warmte gehaald uit de zonnecollector. Op dat moment moet de warmtepomp alle energie leveren om het water op te warmen. Om het volledige vat op te warmen van 10°C tot 60°C is er 41,8 MJ aan energie nodig. Zoals berekend met *vergelijking 3*:

Maand	Gemiddelde straling over 24 uur $\left[\frac{W}{m^2} \right]$	Liter warm water per 24 uur $[dm^3]$
Januari	25,7	30,1
Februari	116,8	137,0
Maart	115,6	135,6
April	211,6	248,1
Mei	268,4	314,7
Juni	227	266,2
Juli	238,5	279,7
Augustus	165,4	194,0
Oktober	117,7	138,0
November	43,6	51,1
December	21,5	25,2
Gemiddeld	129,3	151,6

Tabel 1: Opbrengst zonnecollector

Vergelijking 3

$$Q_w[J] = V_w[dm^3] \cdot \rho_w \left[\frac{kg}{dm^3} \right] \cdot c_w \left[\frac{J}{kgK} \right] \cdot \Delta T[K]$$

Als de warmtepomp het temperatuurverschil van 50°C in een keer verwarmt bij een buitentemperatuur van 10°C, heeft de warmtepomp een COP_w van 2,66, zoals berekend met *vergelijking 4* en *vergelijking 5*:

Vergelijking 4

$$COP_{w,c} = \frac{T_{w,uit}}{T_{w,uit} - T_l}$$

Vergelijking 5

$$COP_w = COP_{w,c} \cdot \eta_{wp}$$

Als het water in stappen van 10°C verwarmd wordt, heeft de warmtepomp een COP_w van gemiddeld 4,26. Zoals berekend met *vergelijking 6*:

Vergelijking 6

$$COP_{w,gem} = \frac{\sum COP_{w,n} \cdot t_n[s]}{\sum t_n[s]}$$

Het water in stappen verwarmen geeft een 88% hogere efficiëntie. Zelfs bij een buitentemperatuur van -10°C zorgt het stapsgewijs opwarmen voor een 33% hogere efficiëntie.

4.1.4 Isolatie

Om de efficiëntie van het systeem zo hoog mogelijk te houden is het van belang dat de boiler goed geïsoleerd is. Om een energielabel A te halen, mag een boiler met een inhoud van 200 liter maximaal 43,9 W aan stilstand verlies hebben. Zoals berekend met *vergelijking 7* (Zonnecollector-info, 2023):

Vergelijking 7

$$\phi_w < 8,5 + 4,5 \cdot V^{0,4}$$

Voor de berekeningen ervan uitgegaan dat de omgevingstemperatuur van de boiler niet lager wordt dan 10°C.

De modulaire boiler bestaat uit vier vaten. Ieder vat heeft een diameter van 40 cm, waardoor ook de lengte afgerond 40 cm is. Om ervoor te zorgen dat de boiler een stilstand verlies heeft van 40 W, moet de isolatie om het cilindervormige deel van het vat minstens 5,5 cm dik zijn. Zoals berekend met *vergelijking 8*:

Vergelijking 8

$$R_2[m] = R_1[m] \cdot e^{\frac{2 \cdot \pi \cdot L[m] \cdot \lambda \left[\frac{W}{mK} \right]}{\phi_w[W]} (T_1[K] - T_2[K])}$$

Op de uiteindes moet de isolatie, naar benadering, minstens 8,3 cm dik zijn.

4.2 Ontwerpkeuzes

In deze paragraaf worden de besluiten per component/ onderdeel bepaald, dit is gebeurd door het één met het ander af te wegen aan de hand van voor- en nadelen. Hieronder is het besluit te lezen van de zonnecollector, buffervat, circulatiepompen, warmtepomp, warmtewisselaar, buffervat, expansievat (zowel in het gesloten als open systeem) en het leidingwerk.

Zonnecollector

Fectum innovations maakt gebruik van het merk Solesta voor hun zonnecollector, Solesta levert verschillende varianten in zonnecollectoren. Per situatie kunnen verschillende type zonnecollectoren gekozen worden. Er zit namelijk onder anderen verschil in opbrengst, vermogen en het collector oppervlak.

Specificaties

Vacuümbuis collector


SOLESTA^{2.0}
 zonneboilers

Algemeen

	Smartline 20 buis	Smartline 25 buis	Smartline 30 buis
Vermogen	1165 W	1457 W	1748 W
Opbrengst	3,7GJ	4,2GJ	4,7GJ
Collector oppervlak	3,03m ²	3,77m ²	4,50 m ²
Minimale hellingshoek	20°	20°	20°
Maximale hellingshoek	80°	80°	80°
Gewicht	65 kg	82 kg	108 kg
Minimale temperatuur	-20°C	-20°C	-20°C
Stagnatie temperatuur	221 °C	221 °C	221 °C

Collector

Inhoud	0,59 l	0,73 l	0,87 l
Debiet	20 l /h	25 l /h	30 l /h
Materiaal	koper/hard glas	koper/hard glas	koper/hard glas

Frame

	Schuin of vlak dak	Schuin of vlak dak	Schuin of vlak dak
Materiaal frame	Aluminium zwart	Aluminium zwart	Aluminium zwart
Aantal dakhaken / schuin dak	4x	4x	6x
Materiaal dakhaken	Aluminium	Aluminium	Aluminium

Aansluitingen

Aanvoer (warm)	10 mm opsteek	10 mm opsteek	10 mm opsteek
Retour (koud)	10 mm opsteek	10 mm opsteek	10 mm opsteek

Afmetingen

Lengte	1,96 m	1,96 m	1,96 m
Breedte	1,55 m	1,93 m	2,30 m
Hoogte (afstand pan>collector)	0,15 m	0,15 m	0,15 m

Meegeleverd

- 2x 2 meter RVS ribbelslang
- Koppelingen collector en dakdoorvoer
- Dakdoorvoer
- Slangisolatie vogel-en knaagdier bestendig
- Geïntegreerde temperatuursensor met kabel

Figuur 13; Solesta specificaties zonnecollector.

Er is gekozen om de 'Smartline 30 buis' variant te gebruiken voor beide systemen, zo heeft elk groepje dezelfde beginwaardes. In het PvE zijn eisen gesteld met hoeveel personen rekening gehouden moet worden, dat zijn vier personen. Dus uitgaand van een gemiddeld gezin (4 personen) dat 3000 kWh per jaar verbruikt aan opwarming van water, zou ongeveer 4 m² aan collector oppervlak genoeg zijn (Alle info over zonneboilers, sd). De Smartline 30 buis heeft een oppervlak van 4,5 m², hierbij is het optimale vermogen en opbrengst nu bekend, respectief 1748 W en 4,7 GJ. Figuur 1 is gehaald uit de volgende bron: (4851-059-design-aanpassing-lr, 2022)

Circulatiepompen

De circulatiepompen zijn een essentieel onderdeel van het systeem. Deze zorgen ervoor in beide cyclussen dat het water opgewarmd worden. In het witwater circuit zorgt het daarnaast ook ervoor dat legionella minder snel kan ontstaan. Voor het systeem zijn er twee circulatiepompen nodig. Bij het kiezen van de circulatiepomp is het belangrijk dat er gekozen wordt voor een pomp met hoog rendement. De reden hiervoor is dat deze soort pomp bekend staat om z'n hoge energieverbruik. Algemeen geldt dat de circulatiepomp 10% van het totale energieverbruik van een huishouden inneemt. Daarom is het belangrijk om te kiezen voor een pomp met een zo hoog mogelijk rendement.

Voor het kiezen van een circulatiepomp zijn nog twee zaken belangrijk, namelijk het debiet en de opvoerhoogte. Het debiet kan uitgerekend worden door het totaal geïnstalleerd vermogen (in kW) te vermenigvuldigen met 0,86. Vervolgens dit getal te delen door het verschil in- en uitgaande temperatuur.

Daarnaast is de opvoerhoogte belangrijk, over het algemeen geldt dat 2-3% van de complete buisafstand heen en terug, de benodigde opvoerhoogte.

Voor ons geldt voor het open systeem dat een debiet van 0,46 m³/uur nodig is en een opvoerhoogte van 3 meter genoeg zou moeten zijn. Hierdoor hebben wij gekozen voor een circulatiepomp van het merk Grundfos, namelijk de Grundfos Alpha 1 L 25-40/180.

Link naar product: [Alpha 1 L 25-40/180](#)

Voor het gesloten systeem hebben we gekozen voor een circulatiepomp die temperaturen tot 95 graden aan kan. Daarnaast heeft het een opvoerhoogte van 1,5 meter en een debiet van 0,8 m³/uur.

Link naar product: [OEG drinkwater circulatiepomp](#)



Figuur 15; Grundfos Alpha 1 L 25-40/180



Figuur 14; OEG drinkwater circulatiepomp

Warmtepomp

Er zijn vele verschillende warmtepompen maar allemaal werken ze via het hetzelfde principe. Dit is te zien in figuur 16 onderaan de pagina. Om te beginnen wordt er warmte gehaald uit de lucht, grondwater of bodem. Deze wordt afgegeven aan het koudemiddel wat in het gesloten systeem zit. Er wordt gekozen voor een koudemiddel omdat deze een lage verdampingstemperatuur heeft. In de verdamper (1) verdampt het koudemiddel. Vervolgens stroomt het koudemiddel in gasvorming naar de compressor (2). Hier wordt het gas samengeperst, hierdoor stijgt de druk en ontstaat er warmte. Daarna komt het gas aan bij de condensor (3), hier geeft het koudemiddel zijn warmte af aan het watersysteem. Nadat het koudemiddel zijn warmte heeft afgegeven is het zover afgekoeld dat het zich onder zijn verdampingstemperatuur bevindt. Dit betekent dat het koudemiddel dus weer vloeibaar is geworden. Dit vloeibare koudemiddel stroomt vervolgens door naar het expansieventiel (5) waar de druk wordt afgelaten. Hierna begint de cyclus weer opnieuw.

Om volledig van het gas af te gaan in 2050 zijn er drie verschillende soorten warmtepompen voor onze toepassing:

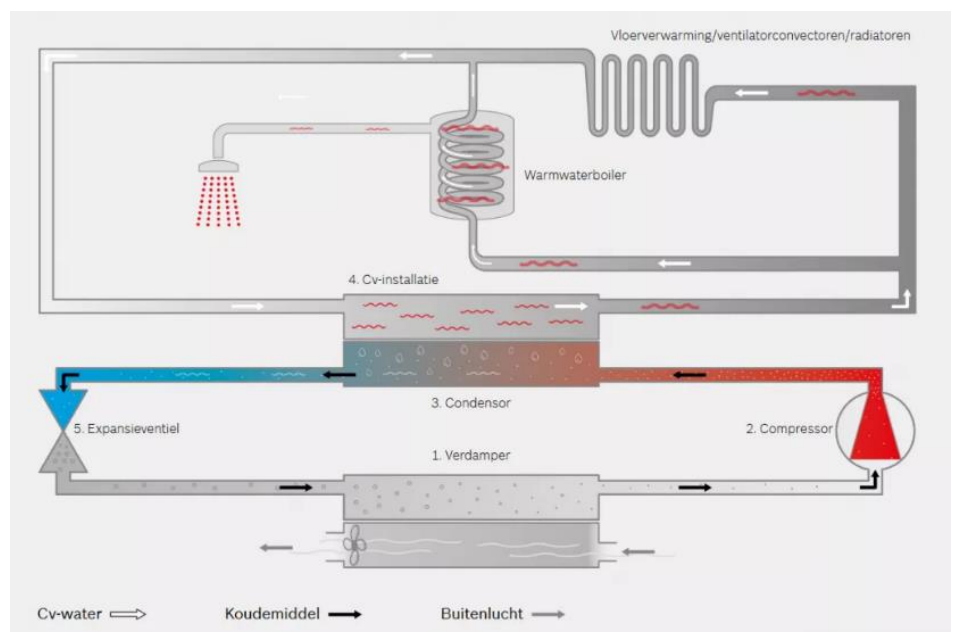
- Lucht/water
- Water/water
- Aardwarmtepomp

Algemene voordelen

- Energie besparen
- Milieuvriendelijk, er wordt in het proces geen gas meer verbrandt
- Constante verwarming
- Gasloos verwarmen
- Veilig alternatief voor gas
- Waardevermeerdering van het huis
- De terugverdientijd bevindt zich tussen de 7 en 15 jaar
- Subsidie tot 2500,- euro

Algemene nadelen

- Investerings
- Niet ieder huis is geschikt voor een warmtepomp
- Benodigde ruimte
- Geluidsoverlast
- Vergunning



Figuur 16; Werking warmtepomp

1. Lucht/water systeem

Het lucht/water systeem haalt zijn warmte uit de buitenlucht. De buitenlucht wordt door een ventilator door de warmtewisselaar getrokken. Doordat buitenlucht door het systeem getrokken kan worden kan het systeem zowel verwarmen als koelen.

Voordelen

- Airco-functie in de zomer
- Geen vergunning nodig
- Installatie kan binnen een dag
- Goedkoper dan water/water en aardwarmte systeem

Nadelen

- Actief koelen in de zomer kost elektriciteit
- Lager rendement dan water/water en aardwarmte systeem
- Woning moet goed geïsoleerd zijn

2. Aardwarmtepomp systeem

Dit systeem werkt met buizen die zowel verticaal als horizontaal gelegd worden. De horizontale lussen liggen op 1 tot 3 meter diepte. De verticale lussen liggen tot maximaal 100 meter diepte. Dit systeem is een gesloten systeem en omtrekt dus warmte uit de bodem of geeft warmte af. Het water transporteert de warmte van of naar de warmtepomp.

Voordelen

- Koelfunctie
- Hoogste rendement
- Weinig grondoppervlak
- Opgepompte water kan gebruikt worden als grijswater

Nadelen

- De boringen zijn duur
- Diepte van grondwater verschilt wat extra kosten mee kan nemen
- Grondwaterheffing

3. Water/water systeem

Het water/water systeem kan niet particulier gebruikt worden, het systeem wordt meestal toegepast voor een gehele wijk. Hierdoor moet rekening gehouden worden met samenwerkingen met externe partijen. De warmte wordt opgepompt van tussen de 50 tot 150 meter diepte. Op deze diepte is het grondwater stabiel rond de 12 graden. Het water wat op deze diepte zich in de grond bevindt wordt door de warmtepomp opgepompt (open systeem).

Voordelen

- Hernieuwbaar
- Betrouwbaar
- Stabiele kosten
- Duurzaam
- Circulair
- Nauwelijks belasting voor omgeving en milieu
- Beperkte overlast (alleen tijdens het aanleggen)
- Weinig grondoppervlak
- Kortere terugverdientijd dan andere warmtepompen

Nadelen

- Er moet voldoende warmte aanwezig zijn in de aarde
- Sommige locaties zijn uitgesloten
- Warmte komt diep uit de ondergrond
- Collectieve warmtevoorziening
 - o Individuele warmtevragers kan niet kiezen voor aardwarmte
 - o Samenwerking noodzakelijk
 - o Warmte-infrastructuur noodzakelijk

Conclusie lucht/water

Er is gekozen om door te gaan met het lucht/water systeem. Dit is gedaan aangezien deze makkelijk te installeren is en er geen vergunning nodig is. Daarnaast heeft dit systeem het laagste rendement van de drie maar daarentegen is de prijs wel een stuk interessanter. Voor de toepassing in een jaren 60-90 rijtjeshuis. De prijs is relatief laag aangezien er geen boringen gedaan hoeven te worden. Het systeem kan daardoor geplaatst worden binnen een dag. Dit zorgt ervoor dat de installatiekosten beperkt kunnen blijven. Om de kosten te drukken is dit systeem de beste optie, hiervoor wordt wel een beetje rendement ingeleverd.

De keuze voor de warmtepomp is gevallen op de Vaillant aroTHERM plus VWL 75/6 A S2. Deze warmtepomp heeft namelijk een vermogen van 5,9 kW en een temperatuurbereik van 12 tot 75 graden. Daarnaast is deze relatief goedkoop vergeleken met soortgelijke warmtepompen.

Link naar product: [Vaillant warmtepomp](#)



Figuur 17; Vaillant aroTHERM plus VWL 75/6 A S2

Warmtewisselaar

Als er van de meest optimale situatie uitgegaan wordt, is er een platenwisselaar nodig die minimaal vermogen heeft van 3150 watt. Dit is berekend aan de hand van het volgende:

- 1000 watt zoninstraling
- 4,5 m² zonnecollector oppervlak
- 70 % rendement gehele zonnecollector

$$1000 \text{ [watt]} \times 4,5 \text{ [m}^2\text{]} \times 0,7 = 3150 \text{ watt}$$

De meeste warmtewisselaars worden op de markt aangeboden met een minimaal vermogen van 22 KW, en zijn dus ruim voldoende voor deze installatie.



Figuur 18; Rvs-warmtewisselaar 10 platen.

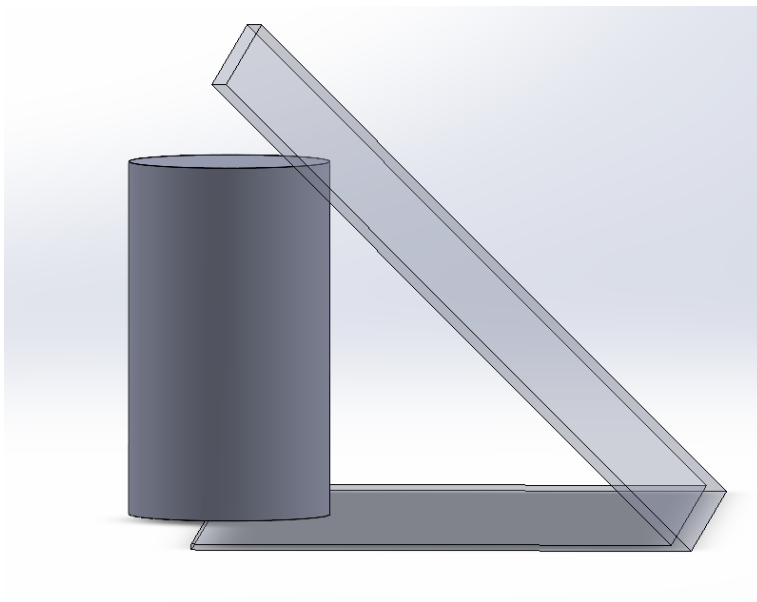
Link naar product: [RVS10-22KW](#)

Buffervat

Een opslagvat kan op veel verschillende manieren gemaakt worden, denk aan de inhoud, vorm en ligging. Aangezien in deze situatie gebruik gemaakt moet worden van een externe platenwisselaar, is de ontwerpvrijheid een stukje groter dan met een interne wisselaar. In dit hoofdstuk worden de ontwerpkeuzes; vorm, positie/plaatsing, materiaal afgewogen, in hoofdstuk 4.6 wordt het detailontwerp uitgewerkt. Aangezien een voorgaand projectgroep zich heeft verdiept in een optimaal buffervat. Zal naar die opties worden gekeken en bepaald worden welk ontwerp voor deze situatie het best is.

1. Eén gehele tank (rond)

De meeste huidige buffervaten bestaan uit een cilindervormig ontwerp, deze worden vaak rechtop geplaatst om de gelaagdheid te behouden. In figuur Figuur 19 is te zien hoe het er dan uit ziet op een zolder. Doordat deze niet effectief gebruik maakt van de ruimte worden ze ook wel beneden geplaatst in de bijkeuken. In dit systeem is gevraagd om het op zolder te plaatsten en daarom dus niet effectief voor dit ontwerp.



Figuur 19; Tekening opstaand vat op zolder.

Voordelen:

- Weinig materiaal benodigdheden, omdat het buffervat uit één vat bestaat.
- Relatief eenvoudig aan te sluiten, omdat er weinig uit- en ingangen aanwezig zijn.

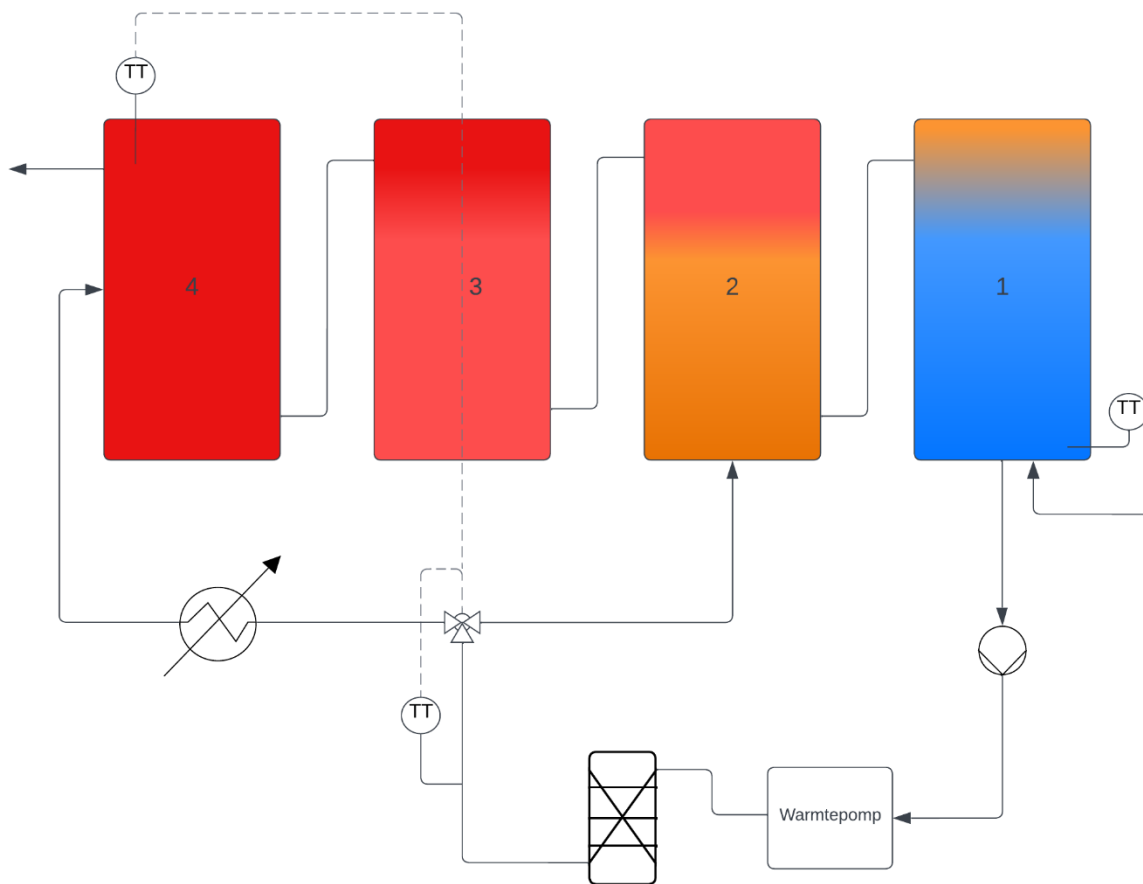
Nadelen:

- Er wordt niet effectief gebruik gemaakt van de ruimte onder het schuine dak.
- Een grootvat wat veel ruimte verbruikt, maar ook lastig naar boven te krijgen i.v.m. trapgat.

2. Modulair buffervat (losse tanks)

Een buffervat kan ook bestaan uit meerdere 50 L vaten (4 X 50 L = 200 L), die aan elkaar gekoppeld moeten worden. Met dit idee kan de gewenste inhoud per klant makkelijk bepaald worden, wanneer er dus een groter vat benodigd is worden er één of meerdere modules aangesloten.

Dit concept is door een vorig projectgroep uitgedacht en ontworpen, het zal hieronder worden beschreven om duidelijk te maken hoe het werkt. De info is afkomstig uit het rapport 'Vrije vorm duurzame warmte opslag in de bouw', met als project eigenaar Rob ter Steeg, wanneer nodig kan hij benaderd worden voor info uit dat verslag.



Figuur 20: Schematische tekening modulair buffervat

Zoals in figuur Figuur 20 te zien is bestaat het modulair systeem uit vier vaten, die onderling verbonden zijn met leidingen. Door uitgangspunten van de vaten bovenin te houden en de ingangen onderin, wordt er een goede gelaagdheid gecreëerd.

Voordelen:

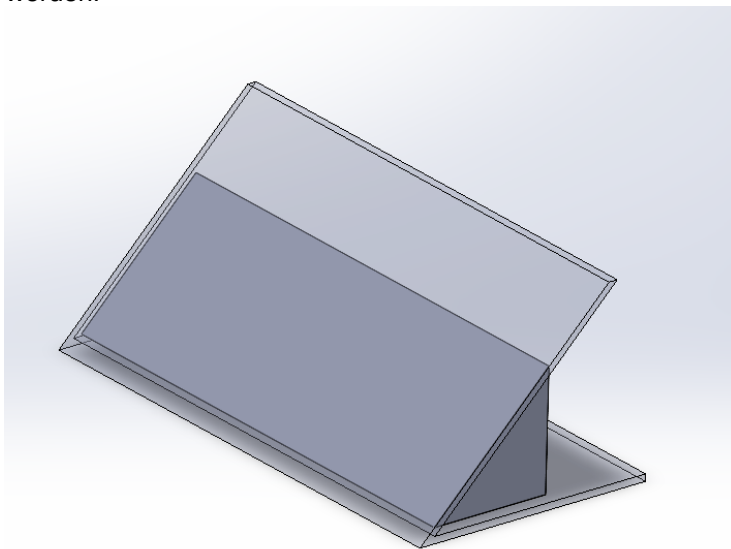
- Bij liggende positie van de vaten blijft de gelaagdheid goed in tact omdat de vaten apart van elkaar liggen, hierdoor moet kan alleen het warme water wat zich boven bevindt doorstromen.
- Door het vat op te delen in segmenten is het voor de monteur makkelijk te tillen naar zolder.
- Als een huishouden extra boiler capaciteit wil, is het gemakkelijk om het buffervat uit te breiden, door simpel extra modules aan te sluiten.
- De installatie is op verschillende manieren te oriënteren, bij elk huis kan het dus op de efficiënte manier geplaatst worden.

Nadelen:

- Door de modulaire methode is er meer materiaal nodig in plaats van één vat, wat het een stuk duurder maakt in kosten.
- Extra leidingwerk en appendages zorgen voor extra risico op lekkages.

3. Eén gehele tank (vorm van het dak)

Bij een gemiddeld rijtjeshuis loopt het dak meestal schuin omhoog wat samen komt in een punt. Het is dus aannemelijk om deze vorm te volgen zodat de ruimte het best benut kan worden. Om deze vorm te realiseren kan het vat bestaan uit een flexibele zak of kunststofdelen die in elkaar gezet moeten worden.



Figuur 21; Tekening opvulling zak in schuin dak

Voordelen:

- Ruimte wordt optimaal gebruikt, omdat de vorm van het dak wordt gevolgd.
- Het vat is één geheel, verminderd dus kleppen en aansluitingen.

Nadelen:

- Het buffervat moet op leidingdruk werken, dat is met flexibel materiaal of losse delen lastig te realiseren.
- Er treden verschillende temperaturen op, wat zorgt voor uitzetten van het medium. Het buffervat kan dan gaan functioneren als expansievat, wat niet de bedoeling is.
- Sneller kans op lekkages dan een buffervat dat bestaat uit één hard geheel.

Conclusie

Aan de hand van de bovenstaande voor- en nadelen per vat ontwerp, is de keuze gemaakt om in dit systeem verder te gaan met het modulaire vat. De ontwerpvrijheid is met dit ontwerp stuk groter ten opzichte van de staande cilindervormig vat en het vat dat de wig vorm heeft van het dak. Dit omdat het niet uitmaakt of de buffervaten op elkaar of naast elkaar liggen, de gelaagdheid zal altijd behouden blijven, door de onderlinge aansluitmethode. Ook is het tillen van de vaten gemakkelijk, door de relatief kleine inhoud.

Dit concept heeft ook wat nadelen namelijk, het productieproces is relatief duur omdat er meerdere vaten nodig zijn, dus ook meer materiaal. Om de modules met elkaar te verbinden wordt gebruik gemaakt van leidingen en appendages, dit vergroot de kans op lekkages wel. Maar door de voor- en nadelen te vergelijken, is de keuze voor het modulaire vat duidelijk het best. In hoofdstuk 4.5 wordt het detailontwerp van het vat bepaald en toegelicht.

Elektrische verwarmers

Wanneer de vraag naar warm water groter is dan dat in het buffervat zit, of de warmtepomp en warmtewisselaar kunnen leveren, zal een doorstroomverwarmer aanspringen. Door dit component toe te voegen kan er toch snel warm water geleverd worden, waarschijnlijk zal dit niet een douchebeurt van 5,5 L/min aankunnen. Maar zal een overig aftappunt van 2,5 L/min voldoende zijn. Volgens de berekeningen in bijlage 11.6.5, is een vermogen van 500 watt voldoende om het vat (200 L) in 24 uur op te warmen.



Figuur 22; Voorbeeld doorstroomverwarmer.

Expansievat (open systeem)

Drinkexpansievaten

Om ervoor te zorgen dat in het open systeem de druk niet te hoog kan worden, is er de mogelijkheid om een witwater expansievat te installeren. Dit expansievat helpt mee om de druk in het systeem te reguleren. Het vat werkt door het opvangen van de toename van druk die wordt veroorzaakt door de verwarming van het water in het systeem. Wanneer het water in het systeem wordt verwarmd, neemt de druk toe en kan het expansievat de extra druk opvangen door het water op te nemen. Op deze manier voorkomt het expansievat dat de druk te hoog wordt en het systeem beschadigt. Wanneer het water in het systeem afkoelt, neemt de druk af en laat het expansievat het water weer vrij zodat het de druk in het systeem kan regelen. In ons ontwerp wordt het expansievat gecombineerd met een inlaatcombinatie, deze zorgt ervoor dat wanneer de druk in het systeem en expansievat te hoog wordt deze wordt afgelaten. De inlaatcombinatie zorgt als het ware voor een extra veiligheidsoptie.

Onder de drinkwater expansievaten bestaan verschillende varianten, voor ons is het belangrijk dat het vat continu doorstroomt zodat de kans op legionella in het systeem zo laag mogelijk blijft.

De voordelen van het gebruiken van een expansievat zijn:

- Verhoogt de efficiëntie van het systeem door het reguleren van een constante druk in het systeem.
- Verlengt de levensduur van het systeem doormiddel van het voorkomen van schade door druk aan leidingen, kleppen en andere onderdelen.
- Verbetert de veiligheid, te hoge druk in het systeem kan worden opgevangen.

De nadelen van het gebruiken van een expansievat:

- Kosten, een expansievat kan een duur onderdeel zijn om toe te voegen aan het systeem rekening houdend dat het bedoeld is voor witwater.
- Onderhoud, een expansievat vereist onderhoud om ervoor te zorgen dat het goed blijft werken en geen onnodige problemen veroorzaakt in het systeem.
- Ruimte, het vat neemt extra ruimte in beslag.

Conclusie

Aangezien het toevoegen van een expansievat in het witwatersysteem een extra veiligheidsfunctie toevoegt. Hebben wij gekozen om deze toe te voegen in ons systeem. Daarnaast wordt de druk constanter gehouden wat zorgt voor een verhoogde efficiëntie. Ook zorgt de constante druk voor een verlengde levensduur. Daarentegen kan een expansievat toegepast op witwater aardig prijzig worden. Maar voor ons systeem is het vrij noodzakelijk op het moment dat de inlaatcombinatie niet naar behoren zou functioneren.

Voor het witwater systeem hebben we gekozen voor een expansievat met een voordruk van 4 bar en een maximale druk van 10 bar.

Link naar product: [Flamco witwater expansievat](#)

Expansievat (gesloten systeem)

Naast het expansievat voor het open systeem is er ook een expansievat nodig voor het gesloten systeem. Door dit gesloten systeem loopt een mengsel van glycol. Om ervoor te zorgen dat het systeem in de winter niet bevriest en in de zomer niet oververhit raakt moet gebruik worden gemaakt van een expansievat. Het expansievat functioneert naast dat het de druk reguleert in dit geval ook als terugloopvat. Dit betekent dat op het moment dat het buiten vriest en de pomp stopgezet wordt, de vloeistof terug kan stromen waardoor de leidingen en zonnecollectoren niet kapot kunnen vriezen.

De voordelen van het gebruiken van een expansievat in een gesloten systeem:

- Verhoogt de efficiëntie van het systeem door het reguleren van een constante druk in het systeem.
- Verlengt de levensduur van het systeem doormiddel van het voorkomen van schade door druk aan leidingen, kleppen en andere onderdelen.
- De leidingen en zonnecollectoren kunnen niet kapotvriezen.
- Verbeterd de veiligheid, te hoge druk in het systeem kan worden opgevangen.

De nadelen van het gebruiken van een expansievat:

- Kosten, een expansievat kan een duur onderdeel zijn om toe te voegen aan het systeem.
- Onderhoud, een expansievat vereist onderhoud om ervoor te zorgen dat het goed blijft werken en geen onnodige problemen veroorzaakt in het systeem.
- Ruimte, het vat neemt extra ruimte in beslag.

Conclusie

Aangezien een expansievat voor deze toepassing relatief goedkoop is passen we deze toe in het gesloten systeem van de zonnecollector. Het expansievat verhoogt namelijk de efficiëntie en levensduur van het systeem. Daarnaast zorgt het ervoor dat op het moment dat de pomp uitgezet wordt de vloeistof kan terugstromen naar het expansievat. Hierdoor kunnen leidingen en zonnecollectoren niet kapotvriezen. Ook verbetert het de veiligheid van het systeem want als de vloeistof uit zet door warmte dan verhoogt dat de druk in het systeem. Als het expansievat niet toegepast wordt in het systeem dan zal de druk op de leidingen komen. Deze zullen daardoor een minder lange levensduur hebben. Om dit te voorkomen wordt er een expansievat toegevoegd in dit systeem.

Het expansievat wat wij gekozen hebben voor deze toepassing:

Uitgaande van een systeem van 9 liter glycol met een druk van 1,5 bar en een maximaal systeem druk van 1,5 bar, zijn we uitgekomen op een inhoud van 7 liter. Daarvoor hebben we gekozen voor een expansievat van het merk Zilmet. Namelijk de Zilflex H 12 liter, dit expansievat is geschikt tot een maximale druk van 4 bar en heeft een standaard voordruk van 1,5 bar. Met behulp van een berekening tool hebben we het product gekozen (figuur 23).

Link naar product: [Zilflex H 12 liter](#)

Berekening expansievat zonneboiler

Naam	Eenheid	Waarde
Solar vloeistof inhoud koude vulttoestand (20 °C)	Liter (L)	9
Solar systeem druk koude toestand	Bar (B)	1,5
Maximum systeem druk	Bar (B)	2
Solar vloeistof inhoud collectoren	Liter (L)	0,87
Voordruk losgekoppeld expansievat	Bar (B)	1,2
Volume toename bij stagnatie	Liter (L)	1,55
Inhoud	Liter (L)	7,27

Figuur 23; Referentie expansievat zonneboiler

Leidingwerk

In het witwater systeem zijn er meerdere leidingen van toepassing namelijk;

- Leidingwerk tussen de modulaire vaten.
- Leidingwerk gesloten systeem (zonnecollector water/glycol).
- Leidingwerk open systeem (drinkwater).

Leidingwerk tussen modulaire vaten

Om de modulaire vaten onderling met elkaar te verbinden, zijn er leidingen nodig. Als er van vier modulaire vaten wordt uitgegaan, zijn er dus drie leidingen nodig. Isolatie is niet nodig omdat met het ontwerp alle vaten worden ingepakt met isolatiemateriaal. In dit gedeelte kunnen hoge temperaturen optreden, deze zullen niet hoger gaan dan 85 °C. Ook is er in dit systeem leidingdruk aanwezig, dat zoals eerder genoemd is tussen de 2 – 6 bar gemiddeld ligt in Nederland. Omdat de vaten worden vervaardigd van het materiaal RVS en dus de aansluitingspunten RVS zijn, is het gemakkelijk om te kiezen voor flexibele EPDM-slangen. Deze zijn omvlochten met RVS en hebben aansluitstukken van RVS, er zal daarom dan geen galvanische corrosie ontstaan.



Figuur 24; Diaqua rvs-slang.

Link product: [Diaqua rvs-slang 1/2"](#)

Dit product is bestand tegen een werkdruk van 10 bar en maximale werktemperatuur van 90 °C, voldoende voor dit systeem.

Leidingwerk gesloten systeem (zonnecollector water/glycol)

In dit circuit zal een mix van water en glycol lopen zoals eerder benoemd is. De glycol is een propyleen soort, dit is niet giftig en mag dus gebruikt worden in zonneboiler systemen. Ethyleen glycol (wat in auto's zit) is giftig en mag niet in zonneboiler systemen gebruikt worden, er bestaat natuurlijk altijd een kans dat het in contact kan komen met het tapwater.

Om de componenten in het zonnecollector circuit te verbinden, worden op de markt veel flexibele leidingen met isolatie aangeboden. Deze leidingen zijn veelal vervaardigd uit rvs-ribbelbuis, waardoor bochten maken geen probleem is. Ze worden in verschillende lengtes aangeboden en zijn gemakkelijk in te korten. Er wordt geen gebruik gemaakt van de verbindingstechniek solderen, omdat de werkingstemperatuur daarvoor te hoog is en het tin zal smelten.



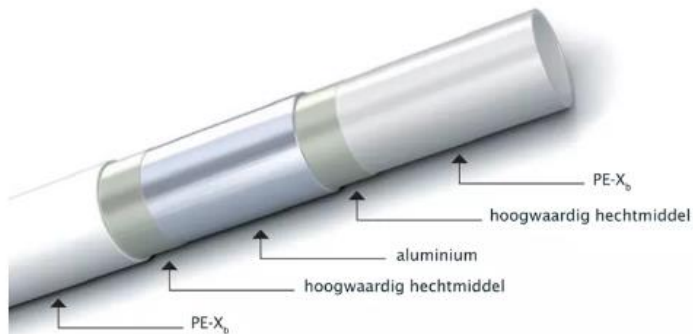
Figuur 25; Armaflexx rvs-ribbelbuis.

Link product: [Armacell rvs-ribbelbuis](#)

Leidingwerk open systeem (tapwater)

De diameter van de hoofdwatleiding wanneer deze bestaat uit koper is in de meeste woningen 22 mm. Deze kan ook bestaan uit een meerlagenbuis, dan zal de afmeting 20 mm zijn. Omdat er in dit systeem van uitgegaan wordt dat een douchebeurt i.c.m. andere tappunt tegelijk opgezet moeten kunnen worden, word voor het leidingwerk in het open systeem tussen de hoofdleiding en buffervat een diameter van 22 mm of 20 mm gebruikt. Welke diameters na het buffervat aangesloten moeten worden hangt af van de apparaten die in het huis gebruikt gaan worden.

Er is gekozen om gebruik te maken van een meerlagenbuis, dit is een flexibele buis dat gebruikt kan worden voor drinkwatersystemen. Je kan een kleinere diameter nemen ten opzichte van een koperleiding, dit heeft te maken met een kleinere wandruwheid aan de binnenkant. Ook is het product zonder isolatiemateriaal maar 71,20 euro, met een diameter van 20 mm en een lengte van 25 meter. De meerlagenbuis is ook makkelijk te buigen, hierdoor voorkom je extra koppelingen of bochten die je bij koperleidingwerk wel vaak moet gebruiken.



Figuur 26; Bonfix meerlagenbuis.

Link naar product: [Bonfix meerlagenbuis 20 x 2.0 mm](#)

Zoals in de specificaties te zien is, is het product bestand tegen een constante watertemperatuur van 70 °C. De maximale temperatuur is 95 °C gedurende 100 uur. De maximale werkdruk is 10 bar. Deze gegevens zouden in het zonneboiler systeem nooit overschreden kunnen worden en is dus uitermate geschikt voor de installatie, dankzij het KIWA-keurmerk (wettelijke norm waar drinkwatervoorzieningen aan moeten voldoen).

Bij de leidingen waar warmteverlies kan optreden is het mogelijk om de buis te verkrijgen met isolatiemateriaal. De kosten op een lengte van 25 meter is met de isolatie maar 10 euro duurder en zal daarom een goede optie zijn om toe te passen.



Figuur 27; Bonfix meerlagenbuis met isolatie.

Appendages

Appendages zijn onder anderen; Kleppen, fittingen, componenten in een systeem. In dit systeem zijn ze dus ook benodigd om het systeem werkend te krijgen.

Fittingen

Om leidingwerk te kunnen koppelen aan andere componenten of aan elkaar, zijn er fittingen nodig. Aangezien er in het open systeem gebruikt gemaakt gaat worden van een meerlagenbuis, moet deze gekoppeld worden aan de hoofdwaterleiding (vaak van koper vervaardigd). Zoals benoemd wordt in 'Leidingwerk open systeem' is de hoofdwaterleiding vaak een diameter van 22 mm, en wij een meerlagenbuis gebruiken van 20 mm. Hiervoor kan de volgende koppeling gebruikt worden:



Figuur 28; Bonfix overgangskoppeling.

Link naar product: [Bonfix overgangskoppeling](#)

Met deze fitting kan de overgang van koper naar meerlagenbuis worden gerealiseerd. Ook heeft dit merk alle fittingen die nodig zijn om de leidingen te koppelen aan alle andere componenten in het systeem, deze zijn te vinden op dezelfde site in de bovenstaande link.

Kleppen

Zoals in de Figuur 32 te zien is wordt er gebruik gemaakt van een driewegklep, deze staat in verbinding met twee temperatuur meters. Dit geeft als extra eis mee dat het een elektrisch gestuurde driewegklep moet zijn, ook is het leidingwerk ½". De volgende driewegklep kan daarvoor worden gebruikt:

Link naar driewegklep: [Gemotoriseerde driewegklep](#)

Verder zijn er geen kleppen aanwezig in het zonneboiler systeem en hebben daarom alleen de bovenstaande klep nodig.

Inlaatcombinatie

Er is vanuit gegaan dat de inlaatcombinatie standaard aanwezig is in een woning. En daarom niet nog een keer geplaatst hoeft te worden in dit systeem, want dat is zeer overbodig.

Isolatie

Om de warmte in het witwatervaten te behouden is er isolatie nodig. Wij hebben gekozen om EPP te gebruiken als materiaal hiervoor. EPP staat voor Expanded PolyProyleen en heeft een aantal aspecten die erg handig zijn als het gaat om het isoleren van een vat.

Als eerste is het temperatuurbestendig van -40 tot 110 graden Celsius, dit is een belangrijk aspect aangezien de vaten zich in een grote range van temperaturen zich kan bevinden. Daarnaast is EPP gemakkelijk vorm te geven, dit betekent dat het materiaal een grote vrijheid heeft qua vorm. Ook heeft het de eigenschap dat het na productie vormvast blijft. Zelfs als het materiaal meerdere keren aanzienlijk belasting ondergaat blijft het heel.

Het materiaal heeft als eigenschap dat het zowel licht is en dus een lage densiteit heeft maar daarentegen heeft het wel een goede isolerende eigenschap. De warmtegeleidingscoëfficiënt zit bij dit materiaal tussen de 0,035 en 0,041 W/mK. Als we dit vergelijken met piepschuim dan zien we dat de waarden ongeveer gelijk zijn. Alleen is het nadeel van piepschuim dat je het relatief makkelijk kan breken. EPP is hiermee vergeleken een stuk lastiger te breken.

Doordat het materiaal gemaakt is van geëxpandeerd polypropyleen heeft het als voordeel dat het gemakkelijk te recyclen is. Polypropyleen is gemaakt uit één materiaalsoort waardoor het gemakkelijk te recyclen is, dit helpt mee in het duurzame aspect van het systeem.

De isolatie wordt doordat het vat modulair is ook modulair toegepast. Zo bestaat het de isolatie nu uit 3 onderdelen. Namelijk een zijkant, een zijkant met gaten voor de tuiten en de deksels. De zijkant is gemakkelijk te verlengen doordat deze bestaat uit telkens één stuk isolatie die ongeveer de breedte heeft van één vat. Daarnaast schuiven de delen in elkaar doordat deze in elkaar grijpen. De dikte van de isolatie om het vat heen is 5,5 cm. Dit zorgt ervoor dat er genoeg warmte in het vat blijft en het warmteverlies klein is. Aan de uiteindes van de cilinders zitten deksels die deze grijpen op een soortgelijke manier in de zijkanten. Daarnaast houden deze deksels de zijkanten bij elkaar. De dikte van de deksel bevindt zich tussen de 8 en 10 cm. Doordat de zijkanten van de vaten relatief vlak zijn bouwt hier veel warmte in op. Dit zorgt ervoor dat de deksels dikker moeten zijn dan om de cilinder heen.

Uiteindelijk bestaat het installeren van de isolatie uit 3 stappen. Als eerst het bepalen van hoeveel stukken zijkant in elkaar geschoven moeten worden (figuur 29). Dit geldt ook voor de zijkant met de gaten. Het resultaat hiervan is te zien in figuur 30. Vervolgens worden de zijkanten tegen elkaar aangeschoven waardoor er een cilindrische vorm ontstaat. Als laatste worden de deksels geplaatst om het geheel bij elkaar te houden. In figuur 31 is te zien hoe het geheel er uit ziet.



Figuur 29; In elkaar grijpende zijkanten



Figuur 30; De zijkanten isolatie aan elkaar verbonden



Figuur 31; Vaten met isolatie eromheen

Hieronder is schematisch weergegeven welke componenten gekozen zijn per onderwerp, zodat het makkelijk en snel terug te vinden wat waar gekozen is.

Onderwerp:	Component:
Zonnecollector	Smartline 30 buis
Circulatiepomp gesloten syteem	OEG drinkwater circulatiepomp
Circulatiepomp open syteem	Grundfos Alpha 1 L 25-40/180
Warmtepomp	Vaillant aroTHERM plus VWL 75/6 A S2
Warmtewisselaar	RVS10-22KW
Buffervat	Modulair buffervat
Expansievat tapwater systeem	Flamco Expansion vessels sanitary
Expansievat glycol systeem	Zilmet expansievat: Zilflex H 12 liter
Leidingwerk modulairvat	Flexibele aansluitslang 1/2" binnendraad x 1/2" buitendraad 50 cm DN13
Leidingwerk zonnecollector	Armacell Armaflex DuoSolar VA
Leidingwerk tapwater systeem	Bonfix meerlagenbuis 20 x 2.0 mm
Fittingen	Bonfix alu-pers rechte verloop koppeling, pers x knel
Kleppen	Gemotoriseerde elektrische messing 3-weg kogelkraan
Isolatie	EPP (Erytropoëtische protoporfyrie)

Tabel 2; Overzicht gekozen componenten.

4.3 P&ID

In het P&ID (Piping & Instrumentation Diagram) worden alle onderdelen en processtromen van het systeem weergegeven. Het huidige systeem bestaat uit twee separate circuits, namelijk het zonnecollector circuit en het witwatervat circuit. Ten eerste starten we bij het zonnecollector circuit, hier beginnen we bij de zonnecollector (Z1). De zonnecollector zorgt ervoor dat de glycol die in dit circuit opgewarmd wordt. Vervolgens stroomt de opgewarmde glycol richting de circulatiepomp (P1). Deze is geplaatst zodat de glycol rond gecirculeerd wordt in het circuit. Na de pomp komen we uit bij de platenwarmtewisselaar (PW1). In deze warmtewisselaar wordt de warmte van de glycol overgegeven op het water. De afgekoelde glycol wordt vervolgens via de retourleiding teruggevoerd richting de zonnecollector. In de retourleiding zit een expansievat, als de glycol warm wordt dan zet de vloeistof uit waardoor er meer druk op het circuit komt te staan. Het expansievat zorgt ervoor dat deze drukverschillen worden opgevangen.

Het tweede circuit is het witwater circuit, hierbij beginnen we linksonder in de P&ID bij de inlaatcombinatie. De inlaatcombinatie bestaat uit de terugslagklep (T1) en de veiligheidsklep (VK1). Deze combinatie zorgt ervoor dat water uit de leiding niet terug het net in kan stromen en dat eventuele overdruk hoger dan 4 bar te niet wordt gedaan.

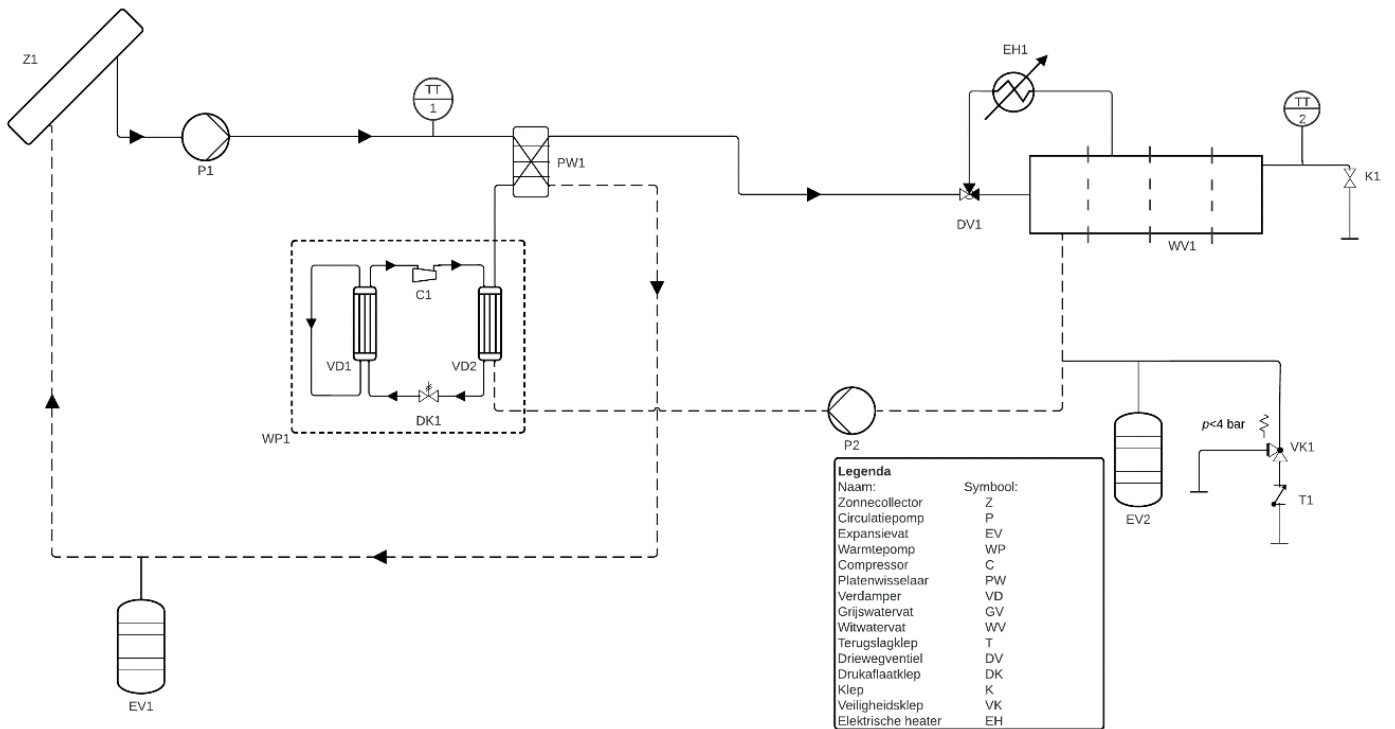
Als tweede veiligheidsoptie is er een expansievat (EV2) voor witwater toegevoegd, deze vangt alle druk op tot 4 bar. Vervolgens stroomt het water het circuit binnen via de retourleiding. In deze leiding komen als eerste de tweede circulatiepomp (P2) tegen.

De reden dat deze pomp hier geplaatst is, is zodat het koude water uit het vat (WV1) en net, direct gecirculeerd wordt. Na de pomp komen we de warmtepomp (WP1) tegen, hier wordt het koude water opgewarmd. Uit de warmtepomp komt water met een temperatuur tussen de 35 en 55 graden.

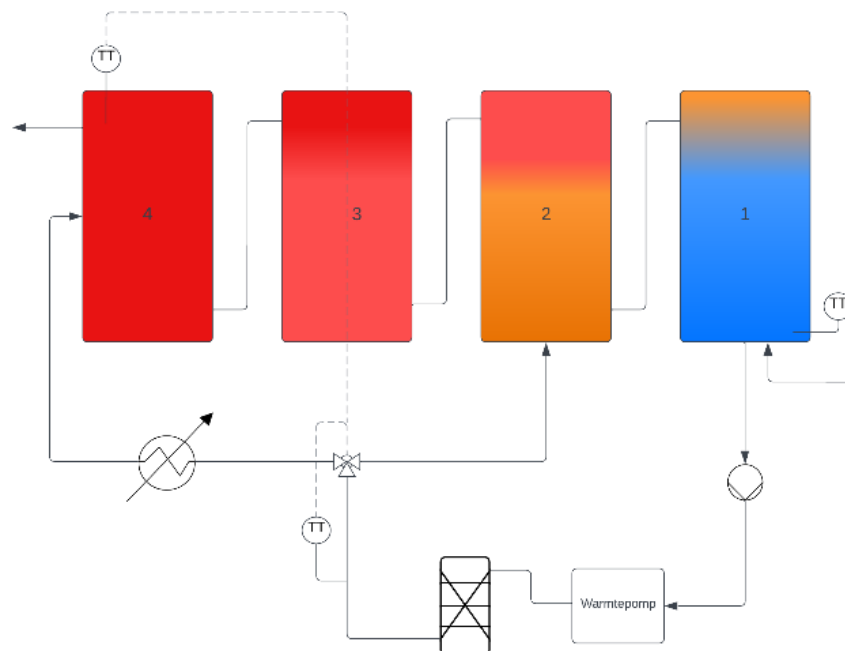
Vervolgens stroomt dit water de platenwarmtewisselaar (PW1) binnen waar het door de glycol wordt opgewarmd tot een hogere temperatuur. Vervolgens stroomt het door richting de driewegklep (DV1), hier wordt het water verdeeld in twee leidingen. Hiermee kan geregeld worden in welk deel van het modulaire vat het water geplaatst wordt. Wanneer de installatie na de nacht aan wordt gezet dan zal er waarschijnlijk eerst koud water door de leidingen stromen. Op dat moment zal ervoor gekozen worden om het water naar vat 2 te laten stromen. Zoals in de rechter figuur te zien is stroomt het koude leidingwater, het eerste vat binnen. Dit koude water kan vervolgens richting de warmtepomp stromen net als te zien is in de retourleiding van de P&ID.

Er is een temperatuursensor geplaatst na de warmtepomp en warmtewisselaar. Deze bepaald of de temperatuur van het water hoog genoeg is om door te stromen naar vat 4 of niet, dit wordt geregeld door een driewegklep. Daarnaast is er een temperatuursensor in het eerste vat geplaatst om te meten of dat de vaten warm genoeg worden. Eens per week moeten namelijk alle vaten 60 graden worden om legionella te voorkomen.

Ook zit er in vat 4 een temperatuursensor om te meten wat de uitgaande temperatuur is. Wanneer er in de nacht warm water is dan wordt het water via de driewegklep langs een elektrische heater naar vat 4 gestuurd. Dit is dus een soort short cut om ervoor te zorgen dat er toch warm water kan worden geleverd.



Figuur 32; Definitieve P&ID.



Figuur 33; Modulaire vaten.

4.4 HAZOP

Om de risico's te minimaliseren in het systeem is er een HAZOP (Hazard and operability study) uitgevoerd. In de HAZOP is vooral gefocust op het werktuigbouwkundige gedeelte. In dit document worden bepaalde gebeurtenissen en de gevolgen daarvan behandeld. Zoals in de bijlage 11.4 te zien is bestaat het document uit twee bladen, de HAZOP en een legenda met parameters en risico/waarschijnlijkheidstabel. Wanneer de druk in het open systeem bijvoorbeeld te hoog zal gaan worden dan is het drinkwater expansievat ervoor om de drukschommelingen op te vangen. Wanneer deze niet meer werkt, zal de inlaatcombinatie opengaan. De kleuren van het risico/waarschijnlijkheidstabel geven aan hoe erg de invloed of waarschijnlijkheid is op het systeem, er wordt dus een soort weegfactor aangekoppeld. Door dit allemaal zo te formuleren worden de risico's van het systeem geminimaliseerd, waardoor er een veilig systeem ontworpen kan worden.

4.5 Detailontwerp vat

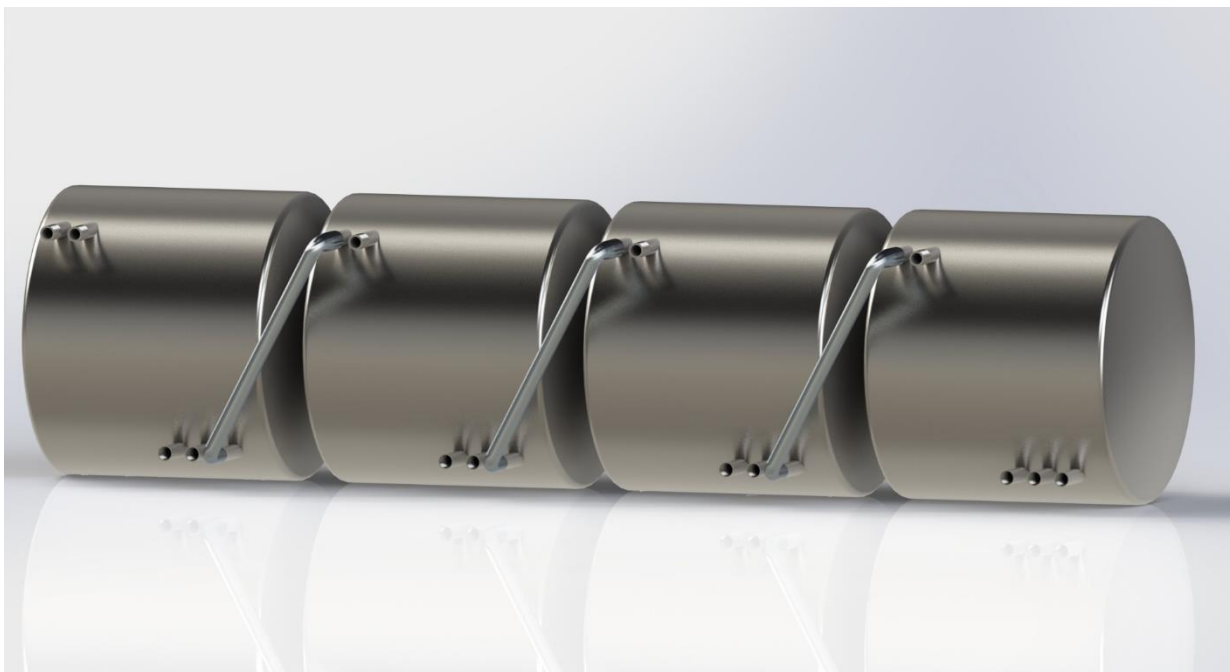
Voor het buffervat hebben is er gekozen voor 4 modulaire vaten van 50 liter, dit om de gelaagdheid te bevorderen. Deze vaten maken gebruik van een bolle bodem, dit is zodat het vat de druk aan kan. Aangezien het vat gemaakt is voor drinkwater moet het materiaal daar geschikt voor zijn, er is daardoor gekozen voor RVS 444. De vaten zijn met behulp van leidingen aan elkaar gekoppeld, om de gelaagdheid te bevorderen sluiten we de leidingen van boven naar beneden aan. Zodat relatief warm water wordt verplaatst naar een vat met een nog hogere temperatuur, dit relatief warme water zou je dan onder in het vat kunnen zien als koud water. Zo wordt per vat het water steeds warmer. Voor de vaten hebben we gekozen om alle tuiten aan één kant te plaatsen. Zodat er geld bespaard kan worden op de productie kosten van de isolatie.

Boven in het vat (te zien in figuur 34 onderaan de pagina) zitten twee tuiten, de ene wordt gebruikt voor het doorkoppelen van de vaten met behulp van de leiding. De andere tuit wordt gebruikt voor een temperatuurmeter, daardoor kan de temperatuur in de vaten nauw in de gaten gehouden worden.

Onderaan het vat zitten drie tuiten. Hier wordt wederom weer één tuit gebruikt voor de leiding. De tweede tuit wordt ook voor een temperatuursensor gebruikt, deze is belangrijk en wordt alleen in het eerste vat gebruikt, zodat de temperatuur gemeten kan worden op het moment dat de vaten verhit worden tot 60 graden om legionella te voorkomen. De laatste tuit wordt gebruikt om leidingwater aan te voeren. Voor de andere vaten worden de ongebruikte tuiten afgedopt. In de P&ID in Figuur 32 is te zien welke tuiten gebruikt worden.

Om de vaten zit een laag isolatie, deze is op de meeste plekken 5.5 cm dik. Het ontwerp van de vaten en isolatie is gebaseerd op een vorig project genaamd 'Vrije vorm duurzame warmte opslag in de bestaande bouw'.

Na internet research is er een rvs-buffervat (50L) gevonden, van de leverancier "Michielsen". Dit drukvat wordt verkocht voor de prijs van 115 euro. Gegevens van het vat: Max. druk 5,4 bar, rvs 304. Link van het vat: [Drukvat rvs 50 liter](#). Als projectgroep zijnde wordt geschat dat het modulaire buffervat (Max. druk 8 bar, rvs 444) met extra aansluitingen rond de 300 euro gaat kosten, mits er grote productie aantallen gefabriceerd worden.



Figuur 34; Render Modulair gekoppelde vaten.

4.6 Onderdelenlijst

Het kostenoverzicht is ook meteen de onderdelenlijst, hieruit kan dus bepaald worden waar de grote en kleine kosten van het systeem zitten. Het kostenoverzicht is opgesteld aan de hand van hoofdstuk 4.2 ontwerpkeuzes. In het de totaalprijs zitten de installatiekosten verwerkt.

Kostenoverzicht witwatervat									
Onderwerp	Product	Afmetingen	Leverancier	Artikelnummer	Link	Aantal	Stukprijs	Prijs	
Zonnecollector circuit									
Zonnecollector ¹	Solar Heatpipes	200 x 240 cm	Remon Groothandel	35200079	Link	1	€ 890,01	€ 890,01	
Circulatiepomp	OEG drinkwater circulatiepomp	2 x 1/2"	Bol.com	4055668008772	Link	1	€ 182,99	€ 182,99	
Expansievat	Ziflex H12	12 liter	Dimeco	01-51223100	Link	1	€ 61,00	€ 61,00	
Leidingwerk	Armaflex DuoSolar VA	DN20, L= 10 m	Wildkamp		Link	1	€ 745,20	€ 745,20	
Platenwisselaar	RVS10-22KW	191 x73 x 30 mm	Vdbservices	VDB MA0001	Link	1	€ 57,88	€ 57,88	
								€ 0,00	
Buffervat circuit									
Buffervat ²	Modulair buffervat	50 liter, 40 x 40 cm	Handels onderneming		Link	4	€ 300,00	€ 1.200,00	
Slangen buffervat	Flexibele aansluitslang 1/2" binnendraad x 1/2"	L = 50 cm	Hornbach	10392681	Link	3	€ 10,25	€ 30,75	
Driewegklep	Gemotoriseerde elektrische drieweg klep	1/2"	Dennisdeal	DDNLPOA334689	Link	1	€ 48,99	€ 48,99	
Warmtepomp	Vaillant aroTHERM plus VWL 75/6 A S2	Vermogen = 5,9 kW	Warmtepompshop		Link	1	€ 4.660,00	€ 4.660,00	
Doostroomverwarmer	Clage E-mini doorstroomboiler MBH 3 16003	13,5 x 18,6 x 8,7 cm	Boilermarkt	16003	Link	1	€ 269,00	€ 269,00	
Expansievat drinkwater	amco Expansion vessels sanita	Inhoud: 8L	Techniekwebshop	SGX5Y2	Link	1	€ 78,34	€ 78,34	
Circulatiepomp	Grundfos Alpha1 L 25-40/180	1 1/2" aansluitingen	warmtepompshop	5712607862633	Link	1	€ 209,00	€ 209,00	
Leidingwerk	onfix meerlagenbuis met isolat	20 x 2.0 mm, L= 25m	Leidingshop	20032101	Link	1	€ 79,20	€ 79,20	
Overige spullen						1	€ 500,00	€ 500,00	
								€ 0,00	
								€ 0,00	
								€ 0,00	
								€ 0,00	
								€ 0,00	
								€ 0,00	
									€ 0,00
Installatie kosten		Man uren	Uurtarief	Kosten					
Gehele installatie monteren		48	€ 75,00	€ 3.600,00					
						Totaalprijs:		€ 12.612,36	
Jaarlijkse kosten		Kosten per 5 jaar	Kosten per jaar						
Onderhoudskosten									
Warmtepomp		€ 750,00	€ 150,00						
Zonneboiler		€ 150,00	€ 30,00						
Energiekosten			€ 180,00						
Totale kosten			€ 360,00						

Figuur 35; Kostenoverzicht witwater systeem.

¹; Zoals eerder benoemd is zijn beide projectgroepen uitgegaan van dezelfde zonnecollector; Solesta Smartline 30. Helaas kan er bij dit component niet los een prijs worden weergegeven, het wordt alleen als geheel zonneboiler systeem verkocht. Vandaar dat beide projectgroepen voor Solar Heatpipes (Remon) hebben gekozen, de specificaties zijn hetzelfde aan en er wordt aangenomen dat de prijs in dezelfde richting ligt als die van Solesta.

²; Dit is dus zoals eerder benoemd in hoofdstuk 4.5 'detail buffervat', een inschatting van de prijs.

In de onderste tabel; "Jaarlijkse kosten" zijn de onderhoudskosten van de warmtepomp, 150 euro per jaar gebaseerd op de informatie uit de volgende bron; (Veelgestelde vragen, sd). De kosten van het zonneboiler druksysteem zijn afkomstig van; (Onderhoudskosten, sd). Dit zijn over het algemeen ten opzichte van andere bronnen de gemiddelde prijzen in Nederland.

De installatie manuren zijn een schatting/ aanneme die is genomen aan de hand van het aantal uren dat leveranciers opgeven voor de installatie duur.

5 GRIJSWATER SYSTEEM

In dit hoofdstuk wordt verteld welke keuzes er gemaakt zijn voor het maken van een grijswater systeem. Er is stap voor stap een documentatie gemaakt over de gemaakte keuzes. Hoe zijn die keuzes gemaakt en tot stand gekomen.

5.1 Pakket van eisen

Om te kunnen starten met het ontwerpen van een systeem, dient een van de belangrijkste ontwerpstappen opgesteld te worden, namelijk het pakket van eisen. De eisen zijn opgesteld op basis van de opdracht, door gesprekken met de opdrachtgever en door eigen ingevingen. De eisen zijn onderverdeeld in twee pakketten, eentje voor het gehele systeem en eentje voor het grijswatervat. Deze beide pakketten zijn vervolgens opgedeeld in de vaste en in de variabele eisen. Deze eisen worden later gebruikt om de onderdelen van het systeem te kiezen en om het PI&D op te kunnen stellen.

Nr.	Eis (in woorden)	Eis (specifiek en meetbaar)	Verificatiemethode	Stakeholder
Vaste eisen systeem				
1	De warmtewisselaar moet in het vat zitten	Uitgaande temperatuur is hoger dan ingaande temperatuur	Uitgaande temperatuur is hoger dan ingaande temperatuur	Producent
2	Temperatuurmeter na het vat	Er bevindt zich een temperatuur sensor aan het einde van de warmtewisselaar.	Bekende Tapwater temperatuur	Producent
3	Systeem is toepasbaar op een standaard vier-persoons-rijtjeswoning	Systeem kan een vier persoonsgezin wonend in een rijtjeshuis voorzien in de water behoefte	Vier persoon gezin heeft genoeg warmwater.	Consument
4	Vloeistof mag niet in de zonnecollector en leidingen kunnen bevriezen	's Nachts en bij lage temperaturen mag het systeem niet dicht vriezen	Er mag geen ijsvorming ontstaan in het systeem	Producent
5	Systeem mag niet afhankelijk zijn van de zonnecollector	Systeem bevat, behalve de zonnecollector, nog een warmtebron	Extra warmtebron	Producent
6	Materialen zijn niet schadelijk voor gezondheid en milieu	Vrijkomende schadelijke stoffen	Mens en milieu wordt niet beschadigt	Wet- en regelgeving
7	Het systeem moet geen gebruik maken van gas.	Systeem mag geen warmtebron bevatten die op gas werkt	Het tapwater mag niet verwarmd worden door warmte verkregen uit gas.	Wet- en regelgeving
8	Systeem moet tot minimaal 60 graden verwarmen	Temperatuur meter	Het uitgaande tapwater moet 60 graden zijn, bij het verlaten van de warmtewisselaar.	Producent
9	Systeem moet op schaalbaar zijn	Aanpasbaar op situatie	Systeem is via formule op schaalbaar	Producent
10	Het systeem moet 25 jaar mee kunnen	Systeem moet minimaal 25 jaar functioneren	Na 25 jaar controleren of het systeem nog werkt.	Consument
11	Extra warmtebron mag maximaal twee uur per dag aan staan.	Element mag niet langer dan twee uur draaien per dag.	Element gebruikt niet langer dan twee uur stroom.	Consument

Variabele eisen systeem				
1	Materialen zijn zoveel mogelijk recyclebaar	De gebruikte materialen zijn op een manier te hergebruiken	Beperkte hoeveelheid afvalmateriaal na recycling	Wet- en regelgeving
2	Systeem moet makkelijk te installeren zijn	Hoeveelheid tijd voor installatie	De installatiekosten zijn laag.	Installateur
3	De aanschafkosten van het systeem moeten relatief laag zijn	Kosten van het systeem zijn niet heel hoog	De onderdelen zijn relatief goedkoop.	Consument

Nr.	Eis (in woorden)	Eis (specifiek en meetbaar)	Verificatiemethode	Stakeholder
Vaste eisen vat				
1	In het vat moet ruimte zijn voor een warmtewisselaar	Het vat moet de dimensies van de wisselaar ondersteunen	De wisselaar past in het vat	Producent
2	Vat corrodeert niet	Vat mag niet corroderen binnen 25 jaar	Het vat slijt niet aan corrosie	Producent
3	Boiler inhoud is voor vier personen en bevat 75 liter per persoon	Boiler is groot genoeg	Het vat moet 300 liter bevatten	Producent
4	Instromende water mag de warmtegeïsoleerdheid niet verstoren	Er mag geen turbulentie ontstaan in het vat	De geïsoleerdheid in het vat blijft behouden	Producent
5	Temperatuurmeter in het vat	Temperatuurmetering	Bekende temperatuur van het vat	Producent
6	Het vat mag niet op druk komen	Overdruk mag niet hoger zijn dan 0.5bar	Absolute druk moet tussen 1.0 en 1.5 bar zitten	Producent
7	Materialen vat zijn niet schadelijk voor gezondheid en milieu	Er komen geen schadelijke stoffen vrij	Mens en milieu wordt niet beschadigt	Wet- en regelgeving
8	Opslagvat moet geïsoleerd zijn	Warmteverlies is minimaal	Vat mag maximaal 40W warmteverlies hebben	Wet- en regelgeving/ Producent
Variabele eisen vat				
1	Wisselaar moet een hoog rendement behalen	Warmteoverdracht bij lage temperaturen	Wisselaar moet een hoog rendement behalen	Producent
2	Vat past in een rijtjeshuis	Afmetingen van boiler	Past makkelijk op de zolder van een standaardrijtjes huiswoning	Consument
3	Materialen zijn zoveel mogelijk recyclebaar	Beperkte hoeveelheid afvalmateriaal na recycling	Materialen zijn zoveel mogelijk recyclebaar	Wet- en regelgeving
4	Vat moet makkelijk te installeren zijn	Hoeveelheid tijd voor installatie	De installateur mag maximaal 1 dag nodig hebben voor de installatie	Installateur
5	Vat is goed aansluitbaar	Aansluitpunten zijn volgens de norm	Aansluitpunten zijn goed aansluitbaar op bestaande leidingen	Installateur

Toelichting kolommen in PvE tabel:

- Eis in woorden à beschrijft in woorden de eis.
- Eis (specifiek en meetbaar) à drukt de eis in getal en eenheid uit.
- Verificatiemethode à beschrijft hoe (tijdens/aan het einde van het ontwerpproces) zal worden vastgesteld of aan de eis is voldaan.
- Stakeholder à de belanghebbende die deze eis heeft ingebracht in het project. Bijv. Consument, Producent en Wet- en regelgeving.

5.2 Morfologisch overzicht

Om een goed systeem te kunnen ontwerpen en om overzicht te hebben uit welke componenten het systeem bestaat, is er besloten om gebruik te maken van een morfologische kaart. Er zijn 2 mogelijke systemen binnen deze morfologische kaart uitgewerkt. Eenmaal volgens de blauwe lijn en een keer via de oranje lijn. Door deze lijnen/concepten vervolgens aan het pakket van eisen te testen, is de blauwe lijn er als beste uitgekomen.

Het systeem maakt volgens de blauwe lijn gebruik van een vacuüm zonnecollector in plaats van de vlakke plaat collector. Het voordeel van een vacuüm collector is dat deze minder gevoelig is voor de hoek ten opzichte van de zon en doordat de buizen vacuüm zijn, zijn ze daardoor direct geïsoleerd waardoor ze beter warmte vasthouden dan vlakke plaat collectoren.

Ook maakt Fectum innovation die betrokken zijn bij dit project gebruik van vacuüm zonnecollectoren. Om ervoor te zorgen dat het medium in de winter niet bevriest is er gekozen om gebruik te maken van een vrije val van het medium. Er wordt zo gepompt dat het medium tot boven in de collector komt maar niet helemaal rondt. Als het vat eenmaal op temperatuur is kan de pomp uit. Het water zal dan door de zwaartekracht terug het vat in lopen waardoor er niks meer in leidingen zit. Dit is de goedkoopste oplossing en ook de makkelijkste hierdoor heb je geen extra componenten in het systeem die eventueel kapot zouden kunnen gaan.

Doordat de zonnecollector alleen niet genoeg energie oplevert zal er ook een extra component energie bij moeten leveren om aan de energiebehoefte van een vier-gezins-huishouden te voldoen. Om dit te kunnen realiseren is er gekozen voor een elektrisch verwarmingselement. Hieraan zitten voor- en nadelen ten opzichte van een warmtepomp, zo ontstaat er bijvoorbeeld een hogere energierekening. Maar de aanschaf van het systeem zal naar verwachting enkele duizenden euro's goedkoper zijn. Een cv-ketel valt af doordat in het PVE beschreven staat dat er geen gebruik mag worden gemaakt van gas.

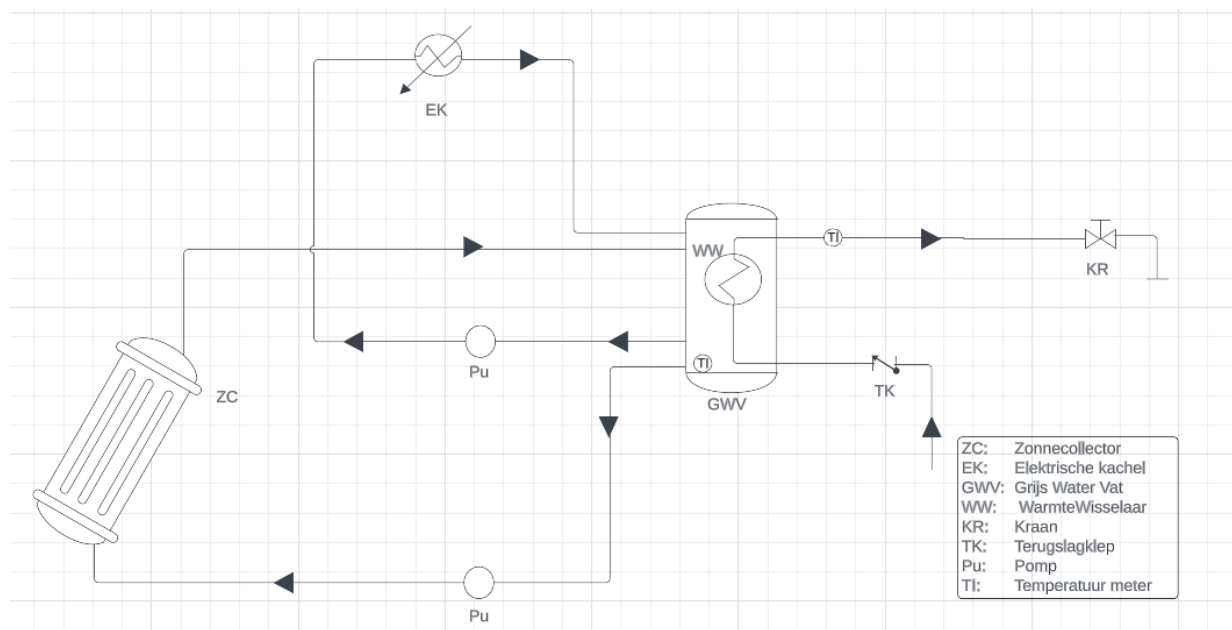
Voor het buffervat is gekozen voor een cilindervormig vat dat staat, een alternatief hiervoor was een cilindervormig vat liggend. Er voor een staand cilindervormig vat gekozen, omdat dit voor de gelaagdheid positief uitkomt. Als het vat staat zal het warme water namelijk naar boven stijgen, boven in het vat zal dan ook de aansluiting zitten van het tapwater waardoor er gelijk warm water getapt kan worden. Doordat een eis aan ons systeem is dat de warmtewisseling in het vat plaats moet vinden is er gekozen voor een warmtewisselaar met spiraal. Er mag geen druk opgebouwd worden in het systeem omdat er dan een duurder vat zou moeten worden gebruikt. Om ervoor te zorgen dat er geen druk opgebouwd wordt, zal er gebruik gemaakt worden van een expansieventiel om de druk te regelen. Voor morfologisch overzicht zie bijlage 11.7

5.3 P&ID en HAZOP

In het Piping & Instrumentation Diagram zijn alle onderdelen en processtromen van het systeem weergegeven. Het P&ID geeft ook weer hoe het systeem werkt. Dit laat de verschillende appendages zien en waar deze in het systeem zijn aangesloten. Het grijswatervat systeem is niet erg moeilijk waardoor het P&ID systeem niet erg uitgebreid is.

In de Hazard and Operability Study toont de gevaren en risico's binnen een systeem aan. Er wordt aangetoond welke problemen er kunnen optreden en hoe deze verholpen kunnen worden. In de HAZOP wordt aangetoond hoe groot de risico is en op wat voor manier deze verholpen kan worden. Er wordt in dit schema ook aangetoond welke componenten van het systeem de risico's kunnen verhelpen en hoe deze dat doen.

5.3.1 P&ID



Figuur 37; P&ID grijs systeem

In het P&ID is te zien dat het zonnecollector systeem los staat van de elektrische verwarmers. In de P&ID is te zien dat de elektrische verwarmers buiten het systeem getekend is. Dit is puur voor duidelijkheid om te laten zien het collectorsysteem een apart systeem is. In het collectorsysteem is te zien dat er een pomp aan de onderkant van de leidingen zit. De pomp is hier aanwezig om het water door de collector heen te pompen waar het kan verwarmen. Na het door de collector is geweest gaat het direct naar het vat. Als het temperatuurverschil tussen het ingaande en uitgaande water van de collector te klein is zal de pomp uitschakelen en in het vat bewaard worden. Als de pomp uitstaat en er nog niet de gewenste temperatuur in het vat aanwezig is zal het elektrische verwarmingselement bijverwarmen. Dit element is gekozen met gedachtegang dat het al het water in het vat zou kunnen verwarmen tot gewenste temperatuur.

Het tapwater loopt via rechtsonder de tekening binnen en zal van beneden naar boven door het vat heen gaan. In deze leiding zit een terugslagklep voor als het water in de leiding niet gebruikt wordt. Er zal dan minder of geen warmtewisseling plaatsvinden tussen het tapwater in het vat en het tapwater voor de terugslag klep. Dit houdt in dat er gelijk warm water beschikbaar zou zijn.

In het systeem zitten meerdere temperatuur sensoren. De belangrijkste sensor in het systeem is de sensor die in het vat aanwezig is. Deze sensor zal halverwege het vat aanwezig zijn. Er wordt door de sensor gemeten hoe warm het water op dat punt is. Als de temperatuur bij deze sensor niet gewild is zal het systeem aanspringen. De tweede sensor is een temperatuur sensor in de collector. Met deze sensor wordt gemeten hoe warm de collector is. Aan de hand van deze temperatuur kan er gekeken

worden of het water nog verwarmt kan worden met behulp van de collector. De laatste sensor in het systeem is een temperatuur sensor net na het vat. Deze sensor laat zien of de gewenste temperatuur in het water behaald is. Als deze temperatuur niet behaald kan worden zal het systeem in werking schieten. Mocht het water nog steeds niet de gewenste temperatuur krijgen na verloop van tijd zal er een error melding komen.

5.3.2 HAZOP

Een HAZOP-analyse (Hazard and Operability Study) is een gestructureerde methode die wordt gebruikt om potentiële gevaren en operationele problemen te identificeren die zich kunnen voordoen in een procesinstallatie, een systeem of een operatie. Het is een systematische benadering die wordt toegepast tijdens de ontwerpfase of de exploitatiefase van een proces om risico's te verminderen en de veiligheid, betrouwbaarheid en efficiëntie te verbeteren. Er is vooral gekeken naar de werktuigbouwkundige risico's van de installatie. Het bestand bestaat uit twee bladen, de HAZOP en de legenda met parameters voor risico/waarschijnlijkheidstabel, zie daarvoor [bijlage 11.9](#). Zo staat er bijvoorbeeld dat als de overdruk nergens heen kan het vat kapot kan gaan en het risico daarvan. De kleuren uit de risico/waarschijnlijkheidstabel geven aan hoe erg of waarschijnlijk de impact daarvan is op het systeem.

5.4 Ontwerpkeuze

5.4.1 Zonnecollector

Er is gekozen om de vacuümbuis zonnecollector van Solesta te gebruiken. Deze keuze is gemaakt, omdat Fectum Innovation gebruik maakt van een verbeterde zonnecollector van Solesta. Solesta levert verschillende grootte collectoren met verschillende vermogens. Er is voor gekozen om de grootste collector te pakken voor een rijtjeshuis met vier personen.

Specificaties

Vacuümbuis collector

Algemeen

Vermogen
Opbrengst
Collector oppervlak
Minimale hellingshoek
Maximale hellingshoek
Gewicht
Minimale temperatuur
Stagnatie temperatuur

Smartline 20 buis

1165 W
3,76J
3,03m ²
20°
80°
65 kg
-20°C
221 °C

Smartline 25 buis

1457 W
4,26J
3,77m ²
20°
80°
82 kg
-20°C
221 °C

Smartline 30 buis

1748 W
4,76J
4,50 m ²
20°
80°
108 kg
-20°C
221 °C

Collector

Inhoud
Debiet
Materiaal

0,59 l
20 l /h
koper/hard glas

0,75 l
25 l /h
koper/hard glas

0,87 l
30 l /h
koper/hard glas

Frame

Materiaal frame
Aantal dakhaken / schuin dak
Materiaal dakhaken

Schuin of vlak dak
Aluminium zwart
4x
Aluminium

Schuin of vlak dak
Aluminium zwart
4x
Aluminium

Schuin of vlak dak
Aluminium zwart
6x
Aluminium

Aansluitingen

Aanvoer (warm)
Retour (koud)

10 mm opsteek
10 mm opsteek

10 mm opsteek
10 mm opsteek

10 mm opsteek
10 mm opsteek

Afmetingen

Lengte
Breedte
Hoogte (afstand pan>collector)

1,96 m
1,55 m
0,15 m

1,96 m
1,93 m
0,15 m

1,96 m
2,30 m
0,15 m

Meegeleverd

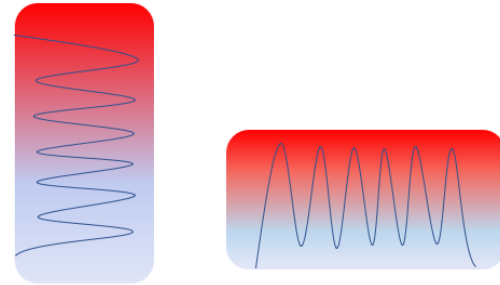
- 2x 2 meter RVS ribbelslang
- Koppelingen collector en dakdoorvoer
- Dakdoorvoer
- Slangisolatie vogel- en knaagdier bestendig
- Geïntegreerde temperatuursensor met kabel

Figuur 38; Solesta specificatie sheet

5.4.2 Vat

In het grijswatervat systeem wordt er geen drinkwater opgeslagen in de tank maar wordt er “grijs” water in het vat opgeslagen. Grijs water is licht verontreinigd afvalwater dat afkomt van huishoudelijke handelingen. Omdat het water grijs is zitten er geen gezondheidsnormen aan vast. Dit grijs water loopt ook door de collector heen waar het verwarmd wordt om in het vat opgeslagen te worden. Om warmte uit het vat te halen zit er een spiraal in het vat. Door deze spiraal loopt leidingwater dat opgewarmd kan worden door het grijze water in het vat. Het leidingwater loopt van beneden naar boven door de spiraal, door dit te doen is het opwarmen van het tapwater efficiënter.

Nadat de eisen voor het grijswatervat zijn opgesteld, kan er gekeken gaan worden naar het ontwerp van het vat. Allereerst is er gekeken naar de vorm van het vat. Voor de keuze van de vorm van het vat spelen twee dingen een belangrijke rol, namelijk de gelaagdheid in het vat en de productie eenvoudigheid van het vat. Er is daarom voor een staande cilinder gekozen. Zo kan er namelijk een goede gelaagdheid ontstaan door de hoogte en deze vorm is makkelijk te produceren. Als er gekozen zou worden voor een liggend vat zou de efficiëntie een stuk omlaaggaan. Het warme water zal boven in het vat gaan zitten en het “koude” water zal onder in het vat blijven zitten. Dit zorgt ervoor dat het water door de spiraal zal opwarmen boven in de spiraal maar vervolgens weer door “koud” water zal lopen. Hierdoor zal het water minder goed opwarmen en dus de efficiëntie verlagen.



Figuur 39; Gelaagdheid verschillende posities.

Er is voor gekozen om het vat van PP en cilindervormig te maken. Dit zou productie kosten omlaag brengen door de simpele vorm. Om het vat te produceren is ervoor gekozen om het vat te rotatiegieten. Rotatiegieten is relatief goedkoop en goed toepasbaar voor zowel een kleine als grote hoeveelheid. Doordat het vat cilindervormig is, is het makkelijk om deze te rotatiegieten. Er zitten zo ook geen zwakke punten of naden in het vat. Dit verkleint de kans van een lekkend vat. Doordat de onder- en bovenkant vlak zijn, is het makkelijker om het vat te plaatsen, er hoeft zo geen rekening gehouden worden met complexe vormen tijdens de installatie.



Figuur 40; Ontwerp grijswatervat.

Vervolgens zijn de afmetingen van het vat bepaald. Het vat moet op zolder geplaatst kunnen worden en moet dus door het trappengat heen kunnen. Een trapgat is gemiddeld 85 centimeter breed, dus de buitendiameter van het vat mag maximaal 75 centimeter breed zijn, zodat er een marge overblijft. Ook moet het vat niet te hoog zijn, dus is er gekozen voor een maximale hoogte van 150 centimeter. Zoals eerder bepaald moet de inhoud aan water 300 liter zijn, maar moet er verder nog ruimte zijn voor de spiraal en extra lucht voor overloop. Waardoor er gekozen is voor een volume van ongeveer 350 liter.

Op basis van het vereiste volume van het vat, zijn de afmetingen van het vat bepaald. De formule voor de inhoud van een cilinder is als volgt; $V = A * h$, met V het volume in kubieke meters, A het oppervlak van de bodem in vierkante meters en h de binnen hoogte van het vat in meters. De bodem van de cilinder is een cirkel, waardoor voor A geldt; $A = \frac{1}{4} * \pi * D^2$, met D de binnen diameter van het vat in meters. Er is gekozen voor een binnen hoogte van 1.25 meter. Als we dan vervolgens de formule invullen, blijkt dat de diameter afgerond op een geheel tental, uitkomt op 600 millimeter.

Om in het vat te kunnen voor eventuele reparatie of onderhoud is ervoor gekozen om een deksel op het vat te zetten. Omdat het een drukloos vat is, is het makkelijker om er een deksel op het vat te zetten. Dit deksel is makkelijk bevestigd door het erop te draaien. Aan de onderkant van het vat is een opening gemaakt om het verwarmingselement doorheen te kunnen stoppen. Er is ervoor gekozen om het verwarmingselement aan de onderkant van het vat te stoppen om het water in het vat volledig te kunnen verwarmen zo nodig. Door het water onder in het vat te verwarmen zal er automatisch gelaagdheid ontstaan omdat het warme water naar boven stijgt. Omdat het verwarmingselement niet vast in het vat zit kan het element vervangen worden zonder dat er een compleet nieuw vat gemaakt moet worden. Zo is het element of het vat los van elkaar vervangbaar. Door dit te doen worden reparatiekosten laag gehouden.

5.4.3 Leidingen en aansluitingen

Voor de aansluiting van het vat is er gekozen voor messing koppelstukken. Deze koppelingen zijn relatief goedkoop en makkelijk te installeren. Ook zijn deze koppelingen al veel gebruikt dus is er al een zekerheid van de werking ervan. Door het gebruik van deze koppelingen is het ook makkelijker om het

nieuwe systeem aan te sluiten op het oude systeem. Zo is het mogelijk om met weinig aanpassingen het oude systeem eruit te halen en het nieuwe systeem erin te zetten.

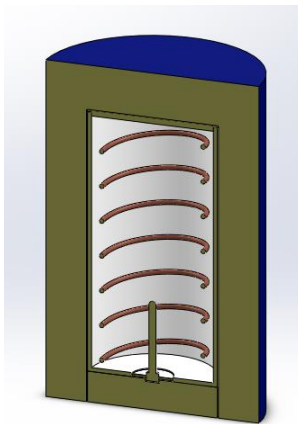
Voor het leidingwerk van en naar het vat is er gekeken naar verschillende soorten leidingen. Er was keuze uit PVC, flexibele slangen of koperen leidingen. PVC is voor onze situatie niet geschikt. Dit is omdat PVC niet goed is met warmte, normale PVC-buizen zijn bestendig tegen 23 graden Celsius. Als PVC gebruikt wordt zou deze bewerkt moeten worden om tegen deze hoge temperaturen te kunnen. In een ruitjeshuis uit de jaren 60-90 zijn de standaard leidingen nog van koper. Hierdoor is het ook moeilijker om voor PVC te kiezen.

Een andere keuze is flexibele leiding. Er is niet gekozen voor de flexibele leiding omdat de warmtewisselaar in het vat gemaakt is van koper. Hierdoor zou er een koppelstuk van de leiding naar de wisselaar en het originele leidingwerk. Meer van deze koppelingen zorgt voor een groter warmteverlies. Hierom is er gekozen voor koperen leidingen. Door het gebruik van koperen leidingen wordt het aantal koppelstukken verminderd en is er een zekerheid van de werking van de leidingen.

Zoals al eerder beschreven, is er gekozen voor een warmtewisselaar in het vat. De warmtewisselaar heeft een spiraalvorm en is gemaakt van koperleiding met een diameter van 22 millimeter. Er is hiervoor gekozen, omdat het leidingwerk van standaard ruitjeshuizen uit de jaren 60-90 hier ook uit bestaat. Daardoor maakt dit het aansluiten het meest gemakkelijk en bestaan er geen verandering in stroomsnelheden. Ook heeft koper een goede warmteoverdracht en is het als warmtewisselaar dus uitermate geschikt. Door de wisselaar zo lang mogelijk te maken is er een grotere zekerheid om de gewilde temperatuur te behalen.

5.4.4 Isolatie

Het vat met warm water heeft over een bepaalde tijd warmteverlies. Door warmteverlies in het vat zou er meer energie geleverd moeten worden om het vat op temperatuur te houden. Het voorkomen van warmteverlies in het vat wordt gedaan door een isolator te gebruiken.



Figuur 41 Doorsnede Grijsvat.

Er is gekozen om een isolatiehoes te produceren die over het vat heen schuift. Door de isolator los van het vat te maken zorgt voor een makkelijkere installatie. Het vat wordt zo lichter en kleiner. Hierdoor is het makkelijker om het vat via een smalle trap op de zolder te krijgen. Als de isolator in het vat verwerkt zou worden is deze gelijk zwaarder en groter. Dit zou mogelijk tot problemen kunnen leveren bij het installeren van het vat. De hoes bestaat uit één deel die in het geheel over de boven en zijanten wordt geschoven om het vat te isoleren. Om de isolator uit één geheel stuk te maken kan er moeilijker lucht door de isolator heen, hierdoor is het vat beter afgesloten en is het warmtebehoud hoger.

De isolatiehoes is gemaakt van VLD. VLD heeft een erg lage warmtestroom waardoor deze goed warmte vasthoudt. Dit materiaal is ook erg licht en beetje flexibel. Dit bevordert wederom de installatie, het is makkelijk vervoerbaar met één persoon door het lichte gewicht. Omdat er beweging in het materiaal zit is het makkelijker om het met één persoon te dragen en door smalle doorgangen te vervoeren. De hoes schuift makkelijk over het vat heen bij de installatie. Er is zo nog makkelijk bereik tot het vat zo nodig.

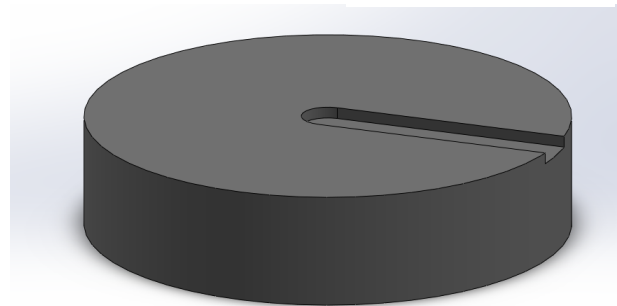
In het geval van een storing of een controle kan de hoes eenvoudig van het vat geschoven worden waardoor deze blootgesteld is. Door het lichte gewicht en flexibele in materiaal is dit eenvoudig te doen met één persoon. Dit reduceert complexiteit en kosten.

Een andere optie is om de isolatie in het vat te verwerken. Dit kan gedaan worden op verschillende manieren. Het is zo mogelijk om de isolator aan de binnenkant van het vat te maken. Of om de isolator tussen de muren van het vat te maken. Een nadeel van deze keuze is dat de productie van het vat ingewikkelder en dus duurder wordt. Ook wordt het vat zelf er groter en zwaarder van. Door de vaste grootte en het gewicht is het moeilijk om het vat te vervoeren en installeren.



Figuur 42; Voorbeeld grijsvat.

Voor het isoleren van de onderkant van het vat is er gekozen om een aparte voet te maken. Er is gekozen voor PPE, omdat PPE een goede isolator is en druk vast is. Doordat PPE druk vast is, is het mogelijk om het gehele vat boven op de voet te zetten. In de voet zit een smalle sleuf voor de kabels van de elektrische verwarmers die in het vat aanwezig is. Door de onderkant van het vat te isoleren wordt het warmteverlies nog kleiner. Deze voet is los geproduceerd en geïnstalleerd. Dit is wederom voor het verlagen van productie en installatie kosten. Door een aparte voet is er al snel te zien of de diameter van het vat in de gewenste ruimte past.



Figuur 43; Geïsoleerde voetsteun.

Door al de componenten op deze manier te realiseren is het een stuk makkelijker om het vat op te bouwen. Ook wordt het onderhoud van het vat een stuk eenvoudiger door de makkelijke opbouw. Door de simpliciteit kan er gemakkelijk onderdelen vanaf het vat komen. Er zijn hier ook afwegingen en verschillende opties besproken. Zo is er een beter beeld op de manier hoe er gekeken is naar elk apart onderdeel.

6 DETAIL ONTWERP GRIJSWATER SYSTEEM

6.1 Berekeningen

Omdat er enkele gegevens niet verkregen konden worden door middel van testen, is er een geheel theoretische benadering uitgevoerd. Voor deze theoretische benadering zijn een aantal berekeningen uitgevoerd. Allereerst is er bepaald hoeveel energie er nodig is om een huishouden van vier personen te voorzien van warm tapwater. Allereerst is er opgezocht in de norm hoeveel warmwater (water van 60 graden Celsius) gebruikt wordt wanneer er wordt gedoucht en een kraan tegelijk aan staan. Dit komt neer op een piek verbruik van 7,5 l/min. Vervolgens is er berekend welk vermogen de warmtewisselaar nodig heeft bij dit piekverbruik. Dit is berekend met de formule $Q = m * c * \Delta T$, waarbij blijkt dat het piekvermogen 26,1 kW bedraagt.

Vervolgens is er ook berekend hoeveel energie het grijswatervat moet afgeven aan het tapwater op een dag. Er is voor 37,5 MJ aan energie nodig, om het tapwater elke dag te verwarmen. Vervolgens is er berekend hoeveel warmte er verloren wordt vanuit het vat. Deze berekening is niet geheel correct, aangezien er voor het gemak vanuit is gegaan dat het water in het vat de gehele dag 70 graden is. Het warmteverlies bedraagt 34,6 Watt. Wat op dagelijkse basis uitkomt op 2,9 MJ. Dit maakt dat ervoor minimaal 40,4 MJ aan energie uit het vat onttrekken moet worden.

Hieruit blijkt dat er een vat van 300 liter nodig is, om te kunnen voorzien in de warm tapwater behoefte.

Vervolgens is er een berekening uitgevoerd over de opbrengst van de zonnecollector in zowel de winter als in de zomer. Het blijkt dat er in de winter, na het rendement, op een dag voor 5,67 MJ aan energie uit de zon wordt onttrokken. Dit betekent dat er op een winterse dag voor 34,8 MJ elektrisch verwarmt moet worden. In de zomer voegt de zonnecollector voor 58 MJ aan warmte toe. Dit betekent dat er in de zomer niet extra verwarmd hoeft te worden.

Er wordt dan ook grof geschat dat er de helft van de dagen wel maximaal bij verwarmd wordt en de andere helft helemaal niet. Dit betekent dat er op jaarbasis voor 725 euro aan elektriciteit wordt gebruikt om het tapwater te verwarmen.

De Excelsheet van de berekeningen is in de [bijlage](#) te vinden.

6.2 Materiaalkeuze

Materiaalkeuze vat

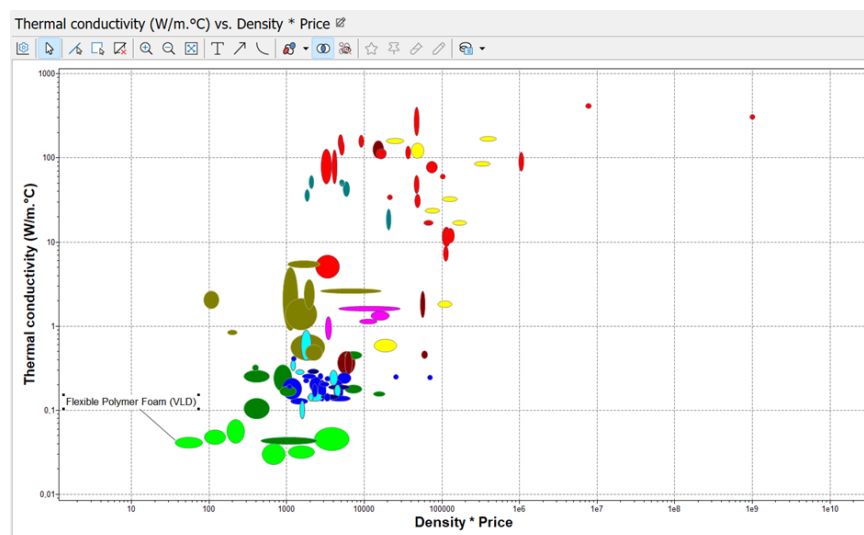
Omdat er op het vat geen druk staat, is er grote vrijheid in materiaalkeuzen. Daarom is er gekozen om gebruik te maken van Edupack. Hierin is gezocht naar materialen met enkele eigenschappen. Zo moest het materiaal te spuitgieten zijn, wat de productiekosten goedkoop maakt, moet de prijs van het materiaal zo laag mogelijk zijn, moet de dichtheid van het materiaal zo laag mogelijk zijn, moet de smelt temperatuur boven de 110 graden liggen en moet het materiaal waterbestendig zijn. Na deze eisen in Edupack ingevuld te hebben, bleven de volgende materialen over; Polyethyleen en Polypropyleen. Door deze twee materialen met elkaar te vergelijken op basis van de dichtheid, prijs, smeltpunt, en levensduur bij contact met water.

	Polyethyleen	Polypropyleen
Dichtheid [kg/m ³]	939-960	895-909
Prijs [Euro/kg]	1,26-1,31	1,15-1,21
Smeltpunt [Celsius]	125-132	140-150
Levensduur bij contact met water	Excellent	Excellent

Na deze twee materialen te hebben vergeleken heeft polypropyleen op elk van de eigenschappen een betere score. Bovendien biedt het materiaal ook veel mogelijkheden in productietechnieken. Waardoor de uiteindelijke materiaalkeuze op polypropyleen valt.

Materiaalkeuze isolatie

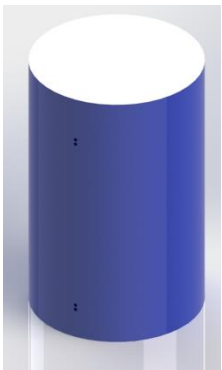
Het vat moet natuurlijk geïsoleerd worden om warmteverlies zoveel mogelijk te beperken. Om een geschikt isolatiemateriaal te vinden is er gebruik gemaakt van Edupack. Het isolatiemateriaal moet natuurlijk zo goed mogelijk isoleren dus moet het een lage thermal conductivity hebben. Ook moet het isolatiemateriaal zo licht en goedkoop mogelijk zijn. Deze variabele eisen zijn uitgezet in een grafiek. Op de x-as staat de dichtheid*prijs en op de y-as staat de warmtegeleiding. Door deze variabelen tegen elkaar uit te zetten blijkt flexible polymer foam (VLD) het beste isolatiemateriaal voor ons vat te zijn. Na de CDR-presentatie waar Bram van Lieshout en Rob ter Steeg kwam het isolatiemateriaal van het vat ook ter sprake.



Figuur 44; Materiaalkeuze isolatie

Op advies van Bram van Lieshout en Rob ter Steeg gaat de onderkant van het vat bestaan uit EPP als isolatiemateriaal. EPP kan namelijk veel beter tegen drukkrachten dan VLD, dit is handig omdat het vat hierdoor niet opgehangen of anders geborgd hoeft te worden. EPP heeft daarnaast ook een zeer lage warmtegeleiding waardoor het materiaal goed geschikt is als isolator.

6.3 Tekeningen en onderdelenlijst



Figuur 45; Grijs vat met isolatie

Het maken van keuzes voor het maken van het vat is er nagedacht over het ontwerpen van het vat. Zo zijn er afwegingen en keuzes gemaakt betreffende vorm en materiaal. Om een beter beeld van het vat te krijgen is er besloten om tekeningen in Solidworks te maken. Door dit te doen kunnen er nieuwe problemen opduiken waar voorafgaande nog niet aan is gedacht. Zo is elk onderdeel apart getekend en vervolgens in een assembly tot een geheel gemaakt. In de assembly is te zien hoe het vat eruit zou zien en de werking ervan. Er valt zo te zien dat de isolatie los om het vat zit, er een voet van isolatie onder het vat zit en hoe de spiraal in het vat zou zitten. Ook is er een idee gemaakt over de elektrische verwarmers in het vat. Deze verwarmers zijn niet van een fabrikant of dergelijke. De verwarmers zijn er wel in gezet voor het idee en hoe het gedimensioneerd zou worden in het vat. Er is aan de onderkant van het vat een gat gemaakt waar de verwarmers in gemonteerd zou worden. In dit gat is een schroefdraad aanwezig waar de verwarmers in gedraaid zou kunnen worden. In de verdieping van het gat is een gleuf aanwezig waar een rubber in gelegd zou kunnen worden. Deze rubber zorgt voor een zekerheid dat het vat niet gaat lekken wanneer gevuld. Zie de tekeningen in de bijlage.



Figuur 46; Grijs vat zonder isolatie

In de tekening zijn vier gaten in de zijkant van het vat te vinden. Twee van deze gaten zijn bedoeld om de spiraal door heen te laten lopen en de andere twee van deze gaten zijn bedoeld voor het gesloten systeem van de collector. Door het aantal gaten in het vat te verminderen en bij elkaar te houden wordt het warmteverlies verlaagd. De onderste gaten zitten zo laag mogelijk in het vat om de gelaagdheid in het vat de kunnen behouden. De gaten in de bovenkant van het vat zitten zo hoog mogelijk zodat alle warmte uit het water gehaald kan worden. De gaten zitten niet helemaal aan de bovenkant van het vat omdat er van uit is gegaan dat er een luchtlaag aanwezig is in de bovenkant van het vat.

Op de bovenkant van het vat zelf is een deksel gemonteerd. Dit is om de installatie makkelijker te maken en om bij een controle of foutmelding makkelijk in het vat te kunnen. Aan de onderkant van het deksel zit een gleuf om eventueel een rubber in te plaatsen om lekken te voorkomen. De deksel van het vat heeft een binnendiameter van 600mm, dit is dezelfde afmetingen als de binnenkant van het vat waardoor het in het vat gedraaid kan worden. De buitendiameter van de deksel is 640mm, dit is dezelfde afmeting als de buitendiameter van het vat. Om het deksel nog vat te kunnen pakken om deze open of dicht te draaien zijn er kleine halve cirkels aan de buitenkant van de deksel gemaakt. Door deze bulten kan de monteur grip krijgen op het deksel. (Bijlage 11.10)

De spiraal die door het vat loopt heeft de optimale lengte en breedte voor het kunnen verwarmen van het water. De spiraal is 1172 mm hoog en heeft een diameter van 500mm meter. De diameter van de spiraal is 22mm, deze keuzen is gemaakt omdat standaard leidingen ook deze afmetingen hebben. (Bijlage 11.10)

Het vat is geplaatst op een druk vaste isolator. Deze voet heeft de gewenste dikte om warmte binnen te houden en de diameter van het vat. Dit is gedaan zodat de isolatiehoes over zowel het vat als de voet

geschoven kan worden. Aan de bovenkant van de voet zit een dunne insneden die ruimte maakt voor de bekabeling van het verwarmingselement. (Bijlage 11.10)

De isolatiehoes om de tank heen heeft als binnen afmetingen dezelfde afmetingen als de buitenkant van de tank. Omdat de isolatielaag 200mm dik is wordt de buitenafmetingen van de isolatiehoes 200mm aan elke kant groter dan de afmetingen van de tank. Dit resulteert op een lengte van 1650mm en een diameter van 1050 mm. In de isolatiehoes zijn ook vier gaten aanwezig die in lijn komen met de gaten van het vat. Door de gaten kan de leiding heen gelopen worden en het vat dus aangesloten worden. (Bijlage 11.10)

6.4 Kostencalculatie

Om erachter te komen wat het hele systeem kost is er een kostencalculatie gemaakt. Hierin zijn de prijzen van de componenten en de installatiekosten in meegenomen. De kostencalculatie is niet 100% nauwkeurig omdat er een aantal aannames gedaan zijn. Deze aannames zijn gedaan omdat het vat dat ontworpen is niet op de markt verkrijgbaar is. Aan de hand van Edupack is er berekend wat de materiaalkosten zijn van alleen de kunststof van het vat en van de materiaalkosten van de isolatie. Voor de productiekosten en winstmarge die productiebedrijven hanteren is een schatting gemaakt. Voor het installeren is ervan uitgegaan dat het hele systeem in anderhalve dag geïnstalleerd kan worden door twee monteurs. Dat zijn 24 manuren dit is vermenigvuldigd met het uurtarief van een installateur, voor het uurtarief is gezocht wat een installateur gemiddeld verdiend. De extra elektrische kosten die ontstaan door het verwarmen zijn ook meegenomen in de calculatie, ook is er rekening gehouden met onderhoudskosten. Het systeem dient elke 5 jaar onderhouden te worden, dit kost 50 euro per keer. Dit komt dus neer op 10 euro per jaar.

De aanschaf kosten inclusief de installatiekosten, komen uit op 5800 euro. Daarbij komt er elk jaar nog 735 euro aan elektrische kosten en onderhoudskosten.

Kostenoverzicht grijswatervat

Onderwerp	Product	Afmetingen	Leverancier	Nummer	Link	Aantal	Stukprijs	Prijs	
Vat	Vat inclusief warmtewisselaar	600x1280				1	€ 1.500,00	€ 1.500,00	
	Aansluitingen vat					1	€ 100,00	€ 100,00	
Isolatie	Isolatie hoes					1	€ 180,00	€ 180,00	
	Rubberen afdichting		Amazon		&hvidid=5724520873	1	€ 15,99	€ 15,99	
	Isolatie voet					1	€ 50,00	€ 50,00	
Leidingwerk	Koperen leiding 22mm		techniekwebshop.nl	AES221985	https://www.techniekwebshop.nl/	4	€ 107,87	€ 431,48	
	Zonneboiler slangen		Pneuparts	PA12X10BL25	https://www.pneuparts.nl/	1	€ 38,29	€ 38,29	
Verwarmingselement	Verwarmingselement	45,5x41,5x10	Boilergarant		https://www.boilerGarant.nl/	1	€ 265,00	€ 265,00	
Zonnecollector	Solesta smartline 30 buis	1960x2300x150	Solesta		https://www.solesta.nl/	1	€ 1.025,00	€ 1.025,00	
Circulatiepomp	Grundfos alfa		Grundfos		https://product-selector.grundfos.nl/	1	€ 400,00	€ 400,00	
								€ 4.005,76	
Installatie kosten		Man uren	Uurtarief	Kosten					
		24	€ 75,00	€ 1.800,00					
Jaarlijkse elektriciteitskosten		KWh	elektriciteitsprijs	Kosten op jaarbasis					
Elektriciteit voor verwarmen		1770,25	€ 0,41	€ 725,80					

Figuur 47; Kostencalculatie grijswatervat

7 VERGELIJKING SYSTEMEN

Er zijn uiteindelijk dus twee verschillende systemen ontworpen. Het eerste systeem gaat uit van het witwatervat principe en het andere systeem gaat uit van een grijswatervat. Het is niet zo dat het ene systeem beter is dan het andere systeem. Welk systeem beter is, hangt af van de woonsituatie van de afnemer. Daarom is ervoor gekozen om de twee systemen met elkaar te vergelijken en ze op een aantal criteria een score te geven, zie onderstaande figuur. Vervolgens zijn er een aantal situaties geschetst. Voor de ene situatie zijn bepaalde criteria belangrijker dan bij een andere situatie. Het kan dus zijn, dat bij de systeemafweging het ene systeem veel beter lijkt te scoren dan de ander. Maar dat het 'minder' scorende systeem voor een ander bepaalde situatie toch beter is.

Systeem afwegingen			
Categorie		Witwatervat	Grijswatervat
Installatie	Hanteerbaarheid	0	0
	Plaatsbaarheid	+	-
	Tijdsduur en eenvoud	-	++
Kostprijs		-	+
Jaarlijkse kosten		+	-
Onderhoudsvriendelijkheid		0	++
Efficiëntie		++	0
Opschaling buffervat		+	-

Legenda	
Minst gunstig	--
Minder gunstig	-
Neutraal	0
Gunstig	+
Meest gunstig	++

Figuur 48; Vergelijking systemen tussen bepaalde scenario's.

Om de systemen met elkaar te vergelijken is er een systeem afweging opgesteld. Hierin zijn de belangrijkste punten opgenomen. Vervolgens hebben de systemen daarop een score gekregen, door de verschillende factoren mee te nemen.

1. Installatie hanteerbaarheid; hiermee wordt het gemak bedoeld, waarmee de verschillende onderdelen binnen de woonlocatie te verplaatsen zijn. Het witte systeem heeft een klein vat bestaande uit verschillende modules, dit maakt het verplaatsen makkelijk. Wel heeft dit systeem een warmtepomp, die iets wat moeilijker te verplaatsen is. Het grijze systeem heeft een groot vat waardoor deze iets moeilijker naar binnen te brengen is. Beiden systemen hebben dan ook een neutrale score gekregen.

2. Installatie plaatsbaarheid; hiermee wordt bedoeld hoe efficiënt het systeem omgaat met de ruimte waar deze geplaatst wordt. Het witte vat is modulair, waardoor deze een grote bewegingsvrijheid heeft. Het grijze vat is vrij groot en dient rechtop te staan, waardoor deze rechtop dient te staan, waardoor deze relatief veel ruimte in beslag neemt.
3. Installatie tijdsduur en eenvoud; hiermee wordt de tijd en gemak waarmee de installatie geplaatst kan worden bedoeld. Het grijswater systeem bestaat uit weinig componenten, die allemaal relatief makkelijk te installeren zijn. Het witwater systeem, bestaat uit meer componenten, waarvoor complexere handelingen nodig zijn.
4. Kostprijs; de prijs van het gehele systeem, inclusief de installatiekosten. De totaalprijs van het witwatersysteem komt op €12 600,- uit en het grijze systeem komt op een totaalprijs van €5800,- uit.
5. Jaarlijkse kosten; dit zijn de kosten die op jaarbasis nog bij het systeem komen kijken, zoals de energiekosten voor de warmtepomp en het warmte element en de onderhoudskosten. Voor het witwater systeem bedragen de jaarlijkse kosten €360,- en voor het grijswater systeem €735,-.
6. Onderhoudsvriendelijkheid; hoeveel onderhoud het systeem nodig heeft en het gemak waarmee dit onderhoud uitgevoerd kan worden. Het grijze systeem staat niet op druk en heeft eens in de vijf jaar een onderhoudsbeurt nodig. Het witte systeem staat op druk, waardoor het onderhoud wat ingewikkelder is, ook dit onderhoud vindt eens in de vijf jaar plaats. Ook heeft de warmtepomp van dit systeem elk jaar een onderhoudsbeurt nodig.
7. Efficiëntie; dit houdt in hoeveel energie er in het systeem blijft zitten en niet verloren gaat. Het witte systeem heeft een hoge efficiëntie door de externe platenwisselaar, waarbij de warmtepomp ook veel kan verwarmen, namelijk tot 75 °C. Het grijze systeem is minder rendabel omdat de warmtewisseling direct met de spiraal moet plaats vinden en dus de flow van het tapwater zeer belangrijk is.
8. Opschaling buffervat; hierbij wordt bedoeld hoe gemakkelijk de vaten kunnen worden uitgebreid, voor de installatie in de woning. Omdat het witte systeem gebruik maakt van een modulair vat, is het gemakkelijk om extra modules aan te sluiten naar de juiste gewenste inhoud. Dit is bij het grijze vat niet mogelijk, omdat dit systeem ontworpen is voor enkel 300L.

Vervolgens zijn de verschillende situaties, waarin een van de twee systemen geplaatst kunnen worden, geschetst. Middels de afweging is er bepaald welk systeem per situatie het beste is.

De volgende scenario's zijn geschetst;

1. Standaard rijtjeswoning voor vier personen, uit de jaren 60/70/80/90. De inwoners hebben een gemiddeld budget. Waardoor de aanschafkosten niet te hoog mogen zijn.
2. Standaard rijtjeswoning voor vier personen, uit de jaren 60/70/80/90. De inwoners hebben een hoog budget. Waardoor de aanschafkosten hoger mogen zijn, wanneer de jaarlijkse kosten maar lager zijn en op lange termijn het systeem winstgevend is.
3. Standaard rijtjeswoning voor zes personen, uit de jaren 60/70/80/90. De inwoners hebben een gemiddeld budget.

In situatie 1 is het grijswater systeem beter. In deze situatie is het budget niet heel hoog. Het grijswater systeem in de aanschaf veel goedkoper is dan het andere systeem. Het budget is te laag om het dure systeem aan te schaffen. Dat het systeem dan minder efficiënt is en op jaarbasis duurder is, maakt minder uit.

In situatie 2 wordt ervan uitgegaan dat de inwoners een hoger budget hebben dan situatie 1. Omdat de aanschafkosten van het witte systeem bijna dubbel zo hoog zijn, is het voor een huishouden met een hoger budget eenvoudiger om deze installatie aan te schaffen. Ook wanneer van uit de klant gewenst is om op langer termijn kosten te besparen, zal het witte systeem beter tot zijn recht komen (zie figuur 54 systeem afwegingen), omdat de jaarlijkse kosten lager zijn door de verwarming in combinatie met de warmtepomp. Hieronder een berekening over hoeveel jaar het witte systeem zich heeft terugverdient ten op zichte van het grijze systeem:

Systeem	Aanschafprijs	Jaarlijkse kosten
Witwatervat systeem	€ 12.612,36	€ 360,00
Grijswatervat systeem	€ 5.805,76	€ 735,00
Verschil	€ 6.806,60	€ 375,00

Terug verdient (jaren):	18
-------------------------	----

Figuur 49; Indicatie in hoeveel jaren het witte systeem winstgevend is.

In situatie 3 zijn meerdere personen in het huis gevestigd, hierdoor is minder ruimte beschikbaar en is een flexibele bewegingsvrijheid in de installatie gewenst. Vanuit de afwegingen die hierboven zijn uitgewerkt in de tabel, komt het witte systeem beter tot zijn recht dan de grijze. Omdat bij het witte systeem gebruik gemaakt wordt van een modulair buffervat, kan de oriëntatie van de vaten allerlei manieren geplaatst worden en wordt de ruimte efficiënt gebruikt.

Conclusie

Het verschilt dus per situatie welk systeem het beste is. Er zal daarom per situatie naar de woning en naar de financiële situatie van de consument gekeken moeten worden. Op basis daarvan zal de verkoper samen met de consument naar de mogelijkheden moeten kijken, om zo het beste systeem te kiezen.

8 CONCLUSIE

Het is de bedoeling dat er twee verschillende zonneboiler systemen ontworpen zijn. Met als hoofdvraag; 'Ontwerp een witwatervatsysteem en een grijswatervatsysteem en vergelijk deze met elkaar, aan de hand van kosten en efficiëntie'. Hierdoor wordt duidelijk welk systeem in welk situatie het best tot zijn recht komt.

Witwatervatsysteem (drinkwater)

Het witwatervatsysteem moet voorzien zijn van een externe platenwisselaar, waarbij het vat gaat functioneren als (drinkwater)buffervat, hierdoor is een hoge efficiëntie verkrijgbaar. Dit systeem zal ten alle tijden onder druk staan, omdat het dichte systeem in verbinding staat met waterleidingdruk. In de 'koudere' dagen of winterdagen kan de zonnecollector niet voldoen aan de eis; het water tot 60 °C te verwarmen. De conclusie tot dit systeem luidt dat er een extra verwarmingscomponent in het systeem moet worden toegevoegd, een warmtepomp.

Om gelaagdheid in het witte buffervat te behouden, maar ook te voldoen aan een grote bewegingsvrijheid, als het gaat om efficiënt omgaan met ruimtes. Is voor dit systeem een modulair buffervat gekozen, hiermee wordt de 200 liter vat opgedeeld in 4 vaten en kunnen op allerlei manieren geplaatst worden.

Voor het leidingwerk wat vanaf de hoofdwatleiding naar het buffervat loopt is gekozen om gebruik te maken van een meerlagenbuis, hierbij hoeven er geen bochten aan gebracht te worden en dat scheelt aanschaffkosten en manuren.

Grijswatervatsysteem

Het grijswatervatsysteem is voorzien van een interne wisselaar, door deze wisselaar stroomt het tapwater. Het vat dient dus niet als drinkwater opslag, maar als warmte opslag. Het systeem is geheel drukloos en neemt hierdoor geen extra regelgeving met zich mee.

Net zoals in het witwatervatsysteem kan in de 'koude' dagen niet de gewenste temperatuur behaald worden, omdat een warmtepomp geen hele hoge temperaturen kan bereiken en niet in een keer hoge temperatuursveranderingen kan bewerkstelligen is er in dit systeem niet voor een warmtepomp gekozen. Waardoor er gekozen is om de rest te verwarmen met een elektrische doorstroomverwarmer.

Om de beste warmtewisseling te bewerkstelligen, is er gekozen om het vat staand en cilindrisch te maken, hierdoor ontstaat er gelaagdheid binnen het vat. Door het koude water van onder de spiraal in te laten stromen en erboven weer uit te laten, ontstaat er tegenstroom, waardoor de warmtewisseling het meest optimaal is.

Vergelijking

Op basis van deze ontwerpen is er voor beide systemen een kostenoverzicht opgesteld, die te zien is in figuur 50. De aanschafkosten voor het witte systeem zijn dus 12.612,36 euro en voor het grijze systeem 5.805,76 euro. Met als jaarlijkse kosten, waar dus onderhoud en energiekosten bijzitten, geldt dat het witte systeem 360 euro betaalt en het grijze systeem 725 euro. Dit is in beide opzichten een aanzienlijk verschil, wat op voorhand verwacht werd. In de vergelijking is dus ook gebleken dat het ene systeem beter tot zijn recht komt dan het ander in verschillende situaties. Het hangt dus nadrukkelijk af of de consument op langer termijn wil besparen of bij de aanschaf van de installatie. Het witwater systeem zou na 18 jaar minder gaan kosten dan het grijswater systeem.

Installatie:	Aanschafprijs	Installatie:	Jaarlijkse kosten
Witwatersysteem	€ 12.612,36	Witwatersysteem	€ 360,00
Grijwatersysteem	€ 5.805,76	Grijwatersysteem	€ 735,80

Figuur 50; Kostenoverzicht aanschafprijzen en jaarlijkse kosten per systeem.

9 DISCUSSIE

In dit rapport is dus onderzoek gedaan naar twee zonneboiler systemen en deze zijn tot een bepaald niveau uitgewerkt in de tijd die beschikbaar was na de projectverandering. Er zijn twee ontwerpen tot stand gekomen; witwatersysteem en grijswatersysteem. Op de ontwerpen is een kostenoverzicht uitgewerkt en als laatste is de vergelijking tussen beide systemen uitgevoerd, de grote keuzes en de vergelijking worden hieronder kort toegelicht.

Witwatervatsysteem:

Dit systeem staat zoals eerder benoemd volledig onder druk, daarbij gaat het om waterleidingdruk, die zal liggen tussen de 3-5 bar (gemiddelde waterdruk in Nederland). Dit systeem is hierop ontworpen ten opzichte van de componenten.

Het buffervat is modulair gemaakt om een zo groot mogelijke bewegingsvrijheid te creëren. Zo kan het systeem efficiënt met de beperkte ruimte omgaan, terwijl de gelaagdheid behouden blijft. De isolatie die om de vaten heen geschoven kan worden is daarin ook bewegingsvrijheid. De aansluitpunten in het vat zijn zo ontworpen dat er maar één soort vat geproduceerd kan worden en niet meerdere met andere aansluitpunten. Het vat is ontworpen vanuit rvs444, dit is een materiaal dat veel wordt toegepast in drinkwatersystemen en dus veilig is denkende aan legionella.

De warmtepomp is toegevoegd om in de koude dagen de minimale vereiste temperatuur (60°C) te bereiken. Door dit component wordt de aanschafprijs van de installatie een stuk duurder, maar scheelt het op jaarbasis wel kosten in energie. De plek van de warmtepomp is essentieel voor de efficiëntie. Wanneer deze voor de warmtewisselaar geplaatst wordt heeft hij een beter rendement. Hier is in het ontwerp dus ook rekening mee gehouden.

Leidingwerk is in dit systeem op te delen in drie gedeeltes; vat, zonnecollector circuit en buffervat circuit. Om de modulaire vaten te koppelen met elkaar is er gekozen voor een rvs-slang, zodat corrosie voorkomen wordt. Het leidingwerk in de zonnecollector circuit zijn de Armaflex slangen geworden, deze zijn speciaal gemaakt voor dit gebruik en kunnen dus de hoge temperaturen aan die komen vanuit de zonnecollector. Voor het buffervat circuit is gekozen voor een meerlagenbuis, deze kunnen eenvoudig op bestaande koperen leiding worden aangesloten met een koppeling. De meerlagenbuis zorgt voor weinig fabricatie uren en lekkages.

Om vier personen te kunnen voorzien van genoeg warm water, hebben de modulaire vaten samen een volume van 200 liter. In de zonnigere maanden levert de zonnecollector genoeg warmte om het hele systeem op te warmen. In andere maanden zal de warmtepomp bij moeten springen. Door de warmtepomp het water stapsgewijs op te laten warmen, wordt het proces een stuk efficiënter en worden de elektriciteitskosten gedrukt.

Grijswatervatsysteem:

Het grijswatersysteem is ontworpen als druk loos systeem. Hierdoor dient er met een aantal wetgevingen geen rekening gehouden te worden.

Doordat het een druk loos systeem is, is er veel keuzevrijheid om het materiaal van het buffervat te kiezen. De belangrijkste uitgangspunten daarbij waren dat het zo goedkoop en licht mogelijk moet zijn. Daarbij mag het materiaal natuurlijk ook niet smelten onder de 100 graden Celsius. Met behulp van Edupack is er gekozen voor het materiaal PP. Daarnaast is er bij het ontwerpen van het buffervat gekozen om het vat verticaal op te hangen. Dit omdat dit voor de gelaagdheid goed van pas komt.

Doordat je het vat niet tot 60 graden Celsius kan verwarmen met de zonnecollector is er een verwarmingselement toegevoegd. Door het verwarmingselement stijgt de aanschafprijs van de installatie en de jaarlijkse kosten nemen ook toe. Maar een verwarmingselement is wel een goedkoper alternatief dan bijvoorbeeld een warmtepomp.

Voor het leidingwerk is gekozen om gebruik te maken van koperen leidingen. Hiervoor is gekozen nadat er uitgezocht is welke leidingen het meest voorkomen in rijtjeshuizen uit de jaren 60/70/80. Dit bleek koper te zijn, er is dus voor koper gekozen zodat er niet een heel nieuw leidingwerk aangelegd hoeft te worden.

Om ervoor te zorgen dat een vier gezinswoning allemaal achter elkaar warm kunnen douchen is een inhoud van 300L noodzakelijk. In de zomer is het niet nodig om gebruik te maken van het verwarmingselement maar is er genoeg zonne-energie aanwezig om het vat op de juiste temperatuur te brengen. In de winter is er echter niet genoeg zonne-energie om het vat te verwarmen, het energieverval zal worden gecompenseerd door het verwarmingselement.

Vergelijking:

De vergelijking van het systeem is dus uitgevoerd op een aantal scenario's, zie hoofdstuk 7 Vergelijking systeem. Het witte systeem is in aanschaf een stuk duurder, dat komt door de meerdere componenten die aanwezig zijn, maar ook omdat er gebruik wordt gemaakt van een druksysteem, wat meer wet- en regelgeving met zich mee brengt in het construeren van een vat. Het grijze systeem is drukloos en maakt gebruik van minder componenten, maar wel moet er veel verwarmd worden door een elektrische doorstroom verwarmder, die meer energie vraagt dan een warmtepomp. Hierdoor is het grijze vat duurder op jaarbasis.

Het is dus aan de consument wat een rol speelt in de aanschaf van een installatie; lagere aanschafprijs of lage jaarlijkse kosten. Elk systeem komt dus beter tot zijn recht in de verschillende situaties:

1. Standaard rijtjeswoning voor vier personen, uit de jaren 60/70/80/90. De inwoners hebben een gemiddeld budget. Waardoor de aanschaf kosten niet te hoog mogen zijn.
2. Standaard rijtjeswoning voor vier personen, uit de jaren 60/70/80/90. De inwoners hebben een hoog budget. Waardoor de aanschafkosten hoger mogen zijn, wanneer de jaarlijkse kosten maar lager zijn en op lange termijn het systeem winstgevend is.
3. Standaard rijtjeswoning voor zes personen, uit de jaren 60/70/80/90. De inwoners hebben een gemiddeld budget.

In situatie 1 komt het grijsvatwatersysteem het best tot zijn recht omdat het simpelweg goedkoper is in aanschaf, maar niet per se slecht in rendement! In situatie 2 en 3 komt het witvatwatersysteem het best tot zijn recht omdat de jaarlijkse kosten twee keer zo laag zijn, zie figuur 55. Ook zal het systeem volgens figuur 54 beter omgaan met ruimte inbeslagname, want bij meerdere personen is meer woon/slaap ruimte in een woning nodig.

Aanbevelingen:

Naar aanleiding van het doel van het project zijn er een aantal aanbevelingen achter gebleven, die mogelijk door een vervolg van een ander projectgroep beter moeten worden uitgezocht. Deze zijn hieronder opgesomd:

- De testopstelling werkend maken zoals de opstelling bedoeld is.
- De testopstelling verder uitbreiden zodat de twee systemen gesimuleerd kunnen worden. En kunnen de theoretische berekeningen geverifieerd worden met de werkelijkheid.
- De testplan 11.3 verder uitwerken met formules ect.
- Verder in gaan in het detailontwerp van beide systemen, denk hierbij aan; maakbaarheid van de vaten, nauwkeurigere kostenoverzicht door diepere ontwerp, isolatie maakbaarheid.
- Gelaagdheid simulaties.

10 BRONVERMELDING

- (sd). Opgehaald van Benoveren: <https://benoveren.fluvius.be/benovatietips/hoe-werkt-een-zonneboiler#:~:text=Met%20een%20zonneboiler%20maak%20je,hel%20opslagvat%20op%20te%20warmen>
- 4851-059-design-aanpassing-lr. (2022, 07 27). Opgehaald van Solesta.nl: <https://www.solesta.nl/wp-content/uploads/2022/07/4851-059-design-aanpassing-lr.pdf>
- A.O, S. (sd). *Thermische zonnepanelen met zonneboiler*. Opgehaald van aosmithinternational.com: Thermische zonnepanelen met zonneboiler | A.O. Smith (aosmithinternational.com)
- Alle info over zonneboilers*. (sd). Opgehaald van InfoZonneBoiler: <https://www.infozonneboiler.be/nl/home/faqs-en-misverstanden/hoeveel-m%C2%B2-zonnecollectoren-heb-ik-nodig-op-mijn-dak-voor-een-zonneboilerinstallatie/#:~:text=Men%20rekent%20op%20basis%20van,twee%20dagen%20lang%20gestockeerd%20worden>
- Bespaartips warm water*. (sd). Opgehaald van MilieuCentraal: Bespaartips warm water | Milieu Centraal
- Bie, M. D. (2006, januari 4). *Wat is de opvoerhoogte en het debiet van een circulatiepomp*. Opgehaald van Livios: <https://www.livios.be/nl/diensten/vraag-en-antwoord/vraag/10636/wat-is-de-opvoerhoogte-en-het-debiet-van-een-circulatiepomp/?authId=aef23ba0-b8ae-4e7b-a12b-729ed41e1fae&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F&referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Fectum. (sd). *Fectuminnovation*. Opgehaald van Fectuminnovation: <https://fectuminnovation.com/>
- Hoe werkt een zonneboiler: tips & advies*. (sd). Opgehaald van zonneboileradvies: Hoe werkt een zonneboiler: tips & advies (zonneboileradvies.be)
- Onderhoudskosten*. (sd). Opgehaald van Zonneboiler-info.nl: <https://www.zonneboiler-info.nl/onderhoudskosten/>
- Pijnenburg, H. (2010). *Zorgen dat het werkt*. Nijmegen: Lectoraat Werkzame Factoren in de Zorg voor Jeugd, HAN.
- Solesta. (2023, mei 23). *Solesta zonneboilers*. Opgehaald van Solesta.nl: <https://www.solesta.nl/wp-content/uploads/2022/07/4851-059-design-aanpassing-lr.pdf>
- solesta. (sd). *Technische brochure solesta*. Opgehaald van Solesta: <https://www.solesta.nl/wp-content/uploads/2022/04/5875-014-Technische-brochure-Solesta-2-zonder-snijtekens-etc..pdf>
- Veelgestelde vragen*. (sd). Opgehaald van Alpha ventilatie: <https://alphaventilatie.nl/duurzaam-huis/hybride-warmtepomp/onderhoud/#:~:text=Het%20onderhouden%20van%20een%20hybride%20warmtepomp%20kost%20gemiddeld%20%E2%82%AC%20150%20per%20jaar>
- Wat is een Zonneboiler- En hoe werkt het?* (2022, 11 17). Opgehaald van pure-energie: Wat is een Zonneboiler - En hoe werkt het? | Pure Energie (pure-energie.nl)
- Waterwerkblad. (2023, Mei 23). *WARMTAPWATERINSTALLATIES*. Opgehaald van Drinkwaterinstallaties: <https://www.infodwi.nl/IDWI/media/infodwi/WB-4-4-A-DEF-OKT-2018.pdf>

Zonneboiler vloeistof. (sd). Opgehaald van 2-improve energy.

Zonneboiler voor warm tapwater. (sd). Opgehaald van groene-energiewinkel.

Zonnecollector-info. (2023, mei 23). *Stilstandverlies van een boiler.* Opgehaald van Zonnecollector-info.nl: <https://zonnecollector-info.nl/nl/stilstandverliezenboiler.html>

11 BIJLAGE

11.1 Plan van aanpak

Achtergronden

Dit project heeft als opdrachtgever Nikola Pozderovic en is onderdeel van het RAAK_MKB project 'Zon als Bron voor en naast de Warmtepomp in de Bestaande Bouw'. Bij het project zijn verschillende partijen betrokken, de consortiumpartners zijn; HAN-DE, HAN-M&R, EScom B.V., Viridi Production B.V., Fectum innovations Nederland, IDEeuwes, IDskips, Stanstechniek Gaanderen B.V., Stichting KIEMT, Nathan Holding B.V., De Beijer "RTB" B.V., S-Air international B.V. Heves Engineering B.V. en Talis.

- HAN-DE en HAN-M&R zijn de lectoraten die de opdracht hebben gestart.
- EScom heeft al een soort gelijke opdracht gedaan met het aan sturen van een warmtepomp door middel van een PVT-paneel die aan elkaar vastzitten.
- Viridi heeft ook een PVT-paneel als warmtepomp die ook aan elkaar vastzitten net als bij EScom.
- Fectum ontwikkeld een warmtepomp die gebruikt kan worden zonder gas.
- IDEeuwes is gespecialiseerd in het advies geven op basis van duurzaamheid en energie. Stanstechniek is een bedrijf dat veel verschillende producten van staal maakt. Nathan heeft ook een PVT-warmtepomp gemaakt. De Beijer verkoopt veel verschillende soorten grind.
- Heves zorgt voor veel verschillende soorten technische innovaties.
- Talis is een huisvester voor een duurzame en vitale leefgemeenschap.

Verwacht project resultaat

Het verwachte project resultaat zal een advies zijn over de twee zonneboilersystemen. De twee systemen zijn dan met elkaar vergeleken en daaruit zal een advies gaan komen. De systemen zullen uitgewerkt worden in een ontwerprapport.

Tijdens dit project gaat er een testopstelling gerealiseerd worden waarmee aan een zonneboiler met grijs opslagvat gemeten kan worden. Door testen uit te voeren komt er nieuwe informatie beschikbaar over het zonneboiler systeem. Aan de hand van deze gegevens gaat er ook gekeken worden of het systeem geoptimaliseerd kan gaan worden. Ook wordt er gekeken naar de installatiekosten, onderhoud en levensduur van dit systeem.

Probleemstelling

Een zonneboiler kan een goede oplossing zijn om het gebruik van gas te verminderen. Een zonneboiler maakt gebruik van zonne-energie. Het voordeel van zonne-energie ten opzichte van gas is dat zonne-energie nooit opgaat en het geen CO₂ uitstoot. Zonneboiler systemen zijn er in alle soorten en maten. Er zijn ook meerdere varianten van zonneboiler systemen met net andere werkingsprincipes. Er blijft dan ook een vraag, 'welke van deze systemen is in de praktijk nou het beste?'

Fectum wil dit dan ook duidelijk krijgen welke van deze systemen voor de consument geschikt zouden kunnen zijn. Fectum heeft de HAN dan ook gevraagd om dit te onderzoeken. Uit deze vraag is dan ook dit project ontstaan. Er zullen gedurende dit project dan ook twee systemen worden ontworpen, een systeem met een witwatervat en een systeem met een grijswatervat.

Over het witte systeem is al meer bekend, maar hiervan wordt een nieuw ontwerp gemaakt, om zo te voorkomen dat er enige vooroordelen zijn. Het grijswatersysteem, waarbij de warmtewisselaar in het vat zit, wordt nog niet veel toegepast. Deze twee systemen zullen op het einde met elkaar vergeleken worden, waarmee er een advies gegeven zal worden over de mogelijke toepassingen.

Projectactiviteiten

Allereerst moeten er goede afspraken gemaakt worden, deze afspraken zijn terug te vinden onder het kopje projectorganisatie. Ook moet er gedurende het project een goede planning gemaakt worden. De opbouw van deze planning staat bij het kopje planning.

Verder moeten er verschillende onderzoeken uitgevoerd worden. Deze onderzoeken zijn te verdelen in twee hoofdsoorten, literatuuronderzoeken en praktijkonderzoeken. Om het praktijkonderzoek uit te

Risico's

De risico's waar tegenaan gelopen kan worden zit hem vooral in de communicatie. In ons project zijn relatief veel contactpersonen waardoor er onduidelijkheden kunnen oplopen. Een ander risico van veel betrokkenen, is dat er ook veel tijd over vragen heen kan gaan, omdat betrokkenen naar elkaar kunnen gaan wijzen. Door duidelijk te krijgen, wie waar van hulp kan zijn en verantwoordelijk voor is, moet dit probleem vermeden gaan worden.

Bestellen

Spullen bestellen via de HAN kan soms erg lastig zijn, waardoor het erg lang duurt voordat iets er is. Er zal in het begin dus duidelijk gevraagd worden aan de projectbegeleider hoe dit in zijn werk gaat. Zodat als nodig snel gehandeld kan worden, met bestellen van producten.

Groep

Deze projectgroep bestaat eigenlijk uit twee projectgroepen, die samenwerken aan een gemeenschappelijk verslag. Projectgroep A bestaat uit Matthias Francke, Marc Burghoorn en Max Lintjes en houdt zich bezig met het ontwerp van het witwatersysteem. Projectgroep B bestaat uit Florian van Eenennaam, Mark Thijssen en Roel Janssen en houdt zich bezig met het ontwerp van het grijswatersysteem.

Problemen

Ook kunnen er grote problemen tijdens het testen ontstaan. Wanneer er bijvoorbeeld onverwachts iets kapotgaat, kan het testen plots stil komen te liggen, waardoor er grote tijdsnood ontstaat. Ook kunnen testen soms fout gaan door onnauwkeurigheden, waardoor werk opnieuw moet gebeuren. Ook hier moet rekening mee gehouden worden in de planning.

11.2 Desk research

Onderzoek zonneboiler

Een thermische collector brengt zonnewarmte over op water, door een temperatuur die kan oplopen tot 90 graden. Bij een indirect systeem is een CV-ketel die in de winter bij verwarmt. Bij direct zonnestelsel wordt water eerst verwarmt, als de temperatuur niet hoog genoeg is wordt er in de CV bijgestookt voor de gewenste temperatuur. Pomp bepaald de flow, en dat bepaalt de temperatuur van het water in de collectoren. (A.O, n.d.)

De collectorvloeistof loopt via de onderkant naar binnen door een spiraal om het sanitaire water op te warmen. Het systeem van de collectorvloeistof is een gesloten systeem. Als het water in de boiler op temperatuur is stopt de pomp met pompen van de vloeistof. Met een terugloop systeem worden gaan alle vloeistoffen terug in een collectorvat. De grootte van het voorraadvat is per huis verschillend en belangrijk voor de aankoop te berekenen. Bij een CV-zonneboiler wordt het warm water direct naar de CV gestuurd waardoor deze een stuk minder moet werken. (A.O, n.d.)

Bij een zonneboiler is er geen spraken van CO₂ uitstoot. Vloeistoffen in de collectoren kunnen oplopen tot wel 90 graden en dat wordt dan naar een speciaal vat gepompt. Water wordt continu gehouden op 26 graden. Een zonneboiler bespaart op een jaar gemiddeld de helft van je jaarlijkse kosten per jaar. Voor een huishouden van 4 personen wordt elk jaar ongeveer 500m³ gas bespaard met een zonneboiler van 200 Liter en 2 collectoren. Deze installatie is ongeveer 3.300 euro, dat komt neer op een terugverdientijd van ongeveer 17jaar. (Hoe werkt een zonneboiler: tips & advies., n.d.)

Het voorraadvat van een boiler heeft een inhoud van 1 tot 2 keer uw dagelijkse warm water verbruik, de grootte van het vat hangt af van het waterverbruik van het huishouden. Gemiddeld verbruikt een persoon 50 liter. Als je naast warm water ook je huis wilt verwarmen met een zonneboiler kan je het beste kiezen voor een zonnboilercombi. Deze installatie is het best laagtemperatuurverwarmingen, zoals vloerverwarming. (Wat is een Zonneboiler- En hoe werkt het?, 2022)

Onderzoek zonnecollector

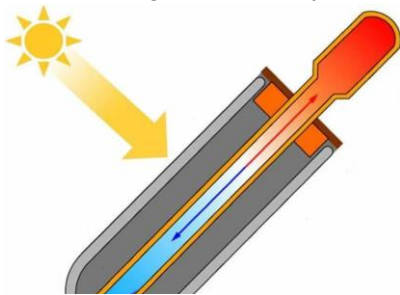
Zonnecollectoren leveren op een duurzame manier warm water. Zoals het woord collector al min of meer aanduidt, vangen zonnecollectoren zonlicht op en benutten de energie en warmte hiervan om water te verwarmen. De zonnecollectoren worden voornamelijk in huizen geplaatst, in combinatie met een zonneboiler en vaak een buffervat. Zonnecollectoren zijn er in verschillende uitvoeringen, op basis van verscheidende technieken en principes. Ze worden onderverdeeld in twee soorten;

Vlakke plaat collectoren

Vacuümbuizen of heatpipes

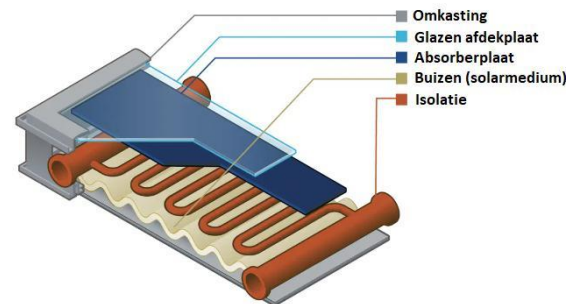
Vlakke plaat collectoren zijn de goedkoopste en meest populaire zonnecollectoren. Vlakke plaat

collectoren bestaan uit drie hoofdonderdelen, een glasplaat, een absorberplaat en buizen. Het licht schijnt door de glasplaat heen en wordt opgevangen door de absorberplaat. De warmte uit het licht, zorgt ervoor dat de absorberplaat opwarmt. De glasplaat zorgt ervoor dat de warmte niet zomaar weg kan, maar terug de absorberplaat wordt in gekaatst. Aan de andere



Figuur 52; werking collector

kant liggen de buizen tegen de absorberplaat aan. De warmte gaat via de absorberplaat zo ook de buizen in, doordat de vloeistof door de buizen stroomt, komt de warmte in de vloeistof terecht. Deze



Figuur 53; Doorsnede collector

collectoren zijn erg gevoelig voor de hellingshoek waarin ze geplaatst worden en werken optimaal in een hoek van 40 graden.

Vacuümbuiscollectoren werken net wat anders dan de vlakke plaat collectoren. Deze collector bestaat uit verschillende buizen uit

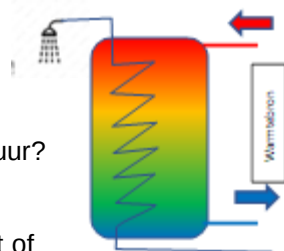
dubbelglas. Dit dubbelglas is vacuüm gezogen, en hierachter is een soort spiegel geplaatst. Deze buigt de schuin in vallende zonnestralen af en richt ze op de vloeistof in de buis. De energie warmt op deze manier de vloeistof op. Door deze parabolische spiegel zijn deze collectoren niet afhankelijk van de hoek waarin ze geplaatst worden. En liggen deze ook vaak op platte daken.

Onderzoek buffervat

Zonneboilers met Buffervaten

De twee meest toegepaste systemen zijn het terugloopsysteem en het systeem onder druk. Bij deze laatste wordt het circuit tussen je collectoren en het voorraadvat gevuld met een glycoloplossing (antivries) en onder druk geplaatst. De glycol zorgt dat het systeem niet kan bevriezen, en een aparte regelstrategie voorkomt oververhitting in de zomer.

In een terugloopsysteem wordt het leidingcircuit, die de zonnestralen opvangen, slechts gedeeltelijk met zuiver water gevuld. Is er voldoende zon en is de boiler nog niet op temperatuur? Dan treedt de pomp in werking en is er circulatie. Verdwijnt de zon of is de boiler voldoende opgewarmd? Dan stopt de pomp en loopt het water terug in een klein reservoir of het voorraadvat. Omdat de collectoren niet gevuld zijn met water lopen ze geen gevaar voor vorst of oververhitting. (Benoveren, n.d.)



Figuur 54; Grijsvat optie.

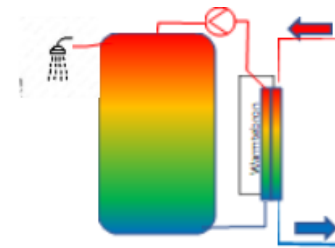
Werking onze situatie

Op het dak liggen thermische collectoren. Deze staan in verbinding met het buffervat dat binnen staat. De zonne-energie wordt gebruikt om het water in het buffervat te verwarmen. Het warme water in het vat wordt dan vervolgens gebruikt om het op dat moment benodigde tapwater te verwarmen.

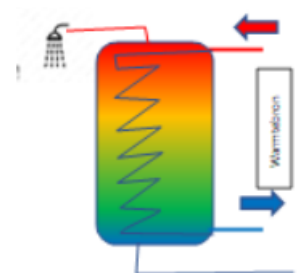
Alternatieven buffervaten?

Er bestaan ook zonneboilers met buffervaten die drinkwater in plaats van grijswater in het vat opslaan. De warmte van het medium uit de zonnecollectoren wordt dan overgedragen aan een warmtewisselaar buiten het vat. Op het moment dat er tapwater benodigd wordt schakelt een pomp in die water uit het buffervat pompt. Het water uit het buffervat wordt dan verwarmt door de warmtewisselaar. Het verwarmde tapwater kan dan gebruikt worden.

Zodra de zon schijnt wordt de vloeistof in de zonnecollector heet. De vloeistof wordt rondgepompt via de warmtewisselaar in het vat. Daar draagt de warmtewisselaar de warmte over aan het water. Hierdoor warmt het medium in het vat op en kan het als tapwater worden gebruikt.



Figuur 55; Witvat optie.



Figuur 56; Grijsvat optie

11.3 Testplan

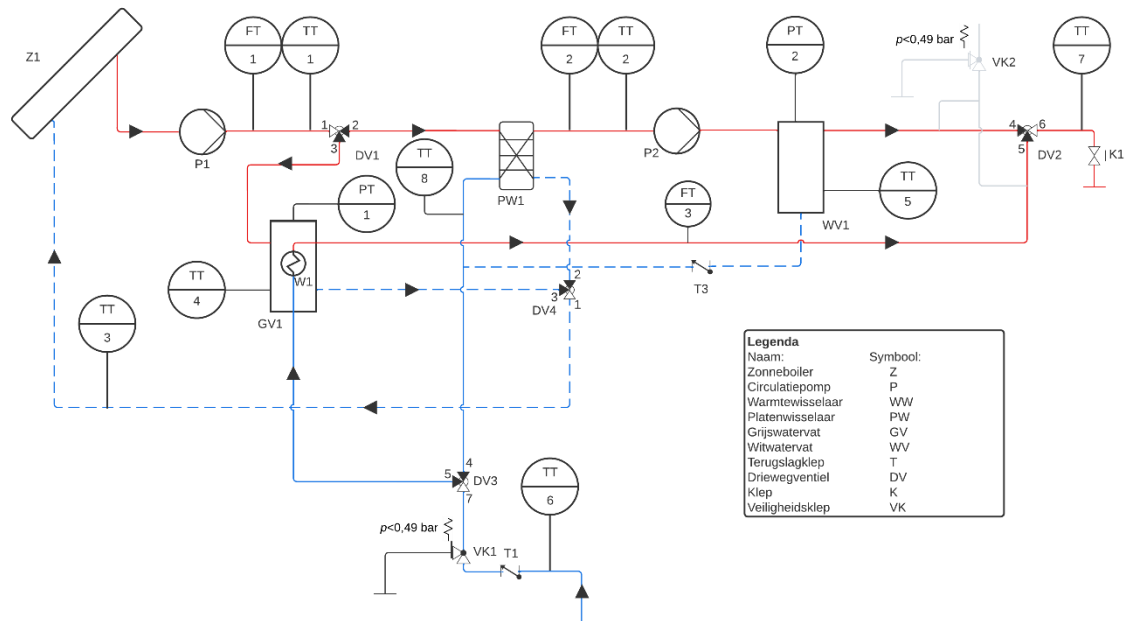
11.2.1. Inleiding

Een zonneboiler-systeem lijkt op het eerste gezicht een goed systeem om het gasverbruik te verminderen, echter zijn er nog veel verschillende zonneboiler systemen. Fectum innovations heeft ons de opdracht gegeven om een grijswatervat te vergelijken met een witwatervat. Dit wordt gedaan door achtereenvolgens het grijswatervat en witwatervat aan te sluiten aan ons zonneboiler systeem. Door een aantal waardes te meten zoals: Ingaande temperatuur vat, uitgaande temperatuur collector, temperatuur in het vat en een aantal flowmeters verwachten wij een beter inzicht te krijgen in de voor- en nadelen van ieder systeem.

11.2.2. Technische beschrijving van de opstelling

De testopstelling bestaat uit een aantal componenten. Zo bevat de opstelling een zonnecollector, pomp, grijswatervat, witwatervat, platenwisselaar en een aantal meetsensoren. Er bestaat al een installatie, waar gebruik van gemaakt kan worden. Door enkele kleine aanpassing te doen, zoals het koppelen van leidingwerk en het invoegen van 3-wegklep kranen, kan de opstelling zo aangepast worden, dat deze binnen dit project gebruikt kan worden.

Deze opstelling bestaat uit twee systemen, namelijk één van een zonneboiler systeem met een grijswatervat en één met een witwatervat. Door enkele 3-wegklep kranen in de opstelling te plaatsen, kan er heel makkelijk geschakeld worden tussen de systemen. Waardoor beide groepen aan dezelfde opstelling kunnen meten.



Figuur 57; P&ID testopstelling

11.2.3. Werking van de opstelling

Door de zonnecollector wordt de energie uit het zonlicht opgevangen en gebruikt om tapwater te verwarmen. Afhankelijk van de situatie, waar op dat moment aan gemeten wordt, gaat dit water naar het grijswatervat of naar de platenwisselaar.

Als het water naar het grijswatervat gaat, dan wordt het warme water in dit vat opgeslagen. In het grijswatervat zit ook al vloeistof. Het water in dit vat is in principe kouder, dan het warme water wat van de zonnecollector afkomt. Via een cyclus, gaat dit koudere water, dan naar de zonnecollector. Door het grijswatervat loopt een spiraalleiding. Door deze leiding stroomt het tapwater. Door het tapwater, door dit warme vat te laten lopen, wordt het verwarmd voor gebruik.

De opstelling met het witte vat, werkt net wat anders. Het water afkomstig van de zonnecollector, stroomt naar de platenwisselaar. Het water geeft dan zijn warmte af aan de platenwisselaar. Door deze platenwisselaar stroomt vervolgens het tapwater, wat zo op deze manier verwarmd wordt. Het tapwater wordt opgeslagen in het witwatervat. Door deze cyclus te blijven herhalen kan het tapwater voldoende verwarmd worden.

11.2.4 Doel van het testplan

In de twee systemen worden een aantal waarden gemeten. Beide systemen zijn aangesloten op het zonnecollector systeem. In het zonnecollector systeem wordt de temperatuur van het water op twee punten gemeten; net nadat het door de zonnecollector is gestroomd en voordat het door de zonnecollector stroomt, na de warmtewisselaar. Tevens wordt de flow in het zonnecollector systeem gemeten. Door de stroming te veranderen kan de meest efficiënte stroming gevonden worden.

De temperatuur van het tapwater wordt gemeten voordat het in een van de twee systemen stroomt. Zo is de ingangstemperatuur van het tapwater bekend en kan dit vergeleken worden met de uitgangstemperatuur. Voor de kraan aan het eind van het systeem wordt ook de temperatuur gemeten. In het grijswater systeem wordt de temperatuur en de druk in het buffervat gemeten. Dit is nodig om de energieopslag te berekenen. Daarnaast wordt ook de flow in de warmtapwaterleiding gemeten, om de efficiëntie van de warmtewissel te bepalen en deze te kunnen optimaliseren.

In het witwater systeem wordt de temperatuur voor en na de warmtewisselaar gemeten. In combinatie met de temperatuur in het zonnecollector systeem voor en na de warmtewisselaar kan de efficiëntie

van de warmtewisselaar worden bepaald. Ook de temperatuur onder in het buffervat wordt gemeten. Dit wordt gedaan zodat er kan worden bepaald of het water in de tank lang genoeg boven de 60° C komt. Net als in het grijswatervat wordt ook in het witwater buffervat de druk gemeten om de energieopslag te bepalen.

Algemeen testplan

Om het test systeem werkende te krijgen zijn er eerst nog wel een aantal stappen nodig betreffende aansluiting. Hier worden de stappen gegeven om te controleren en zo nodig aan te sluiten om het systeem werkende te krijgen.

Om te starten met testen moet er eerst gecontroleerd worden of de hoofdkraan open staat. Dit is rechtsboven het vat een rode hendel. De hendel moet dezelfde richting op lopen als de leiding op gaat, dan staat de kraan open.

Er moet nu gecontroleerd worden of de slangen die aan de bovenkant van het vat zitten zijn aangesloten op de aansluitingen van de leidingen net boven het vat. Op het vat staan er twee kleuren, deze geven aan of het water door de leidingen warm of koud zijn. De warme leiding moet dus ook op de warme kant worden aangesloten en andersom.

Vervolgens moet er gecontroleerd worden of het vat al vol zit met water. Indien het vat niet vol zit met water moet deze eerst gevuld worden. In de deze opstelling zit er een draai kraan achter het vat, op deze kraan kan de slang die naast de opstelling ligt worden aangesloten. De andere kant van die slang moet in de voorkant van het vat gestoken worden.

Nu moeten de slangen van en naar het paneel worden aangesloten. Uit het voorste gat van het vat moet de blauwe leiding met isolatie komen, deze moet naar de rechterkant van de pomp. Een gelijke soort leiding moet van de linker kant van de pomp naar de koude kant van het paneel lopen.

De rode leiding moet van het tweede gat vanaf de voorkant gezien naar het paneel lopen, dit is een directe aansluiting en zal dus niks tussen zitten.

Nu moet de pomp in het stopcontact gestoken worden. Uit de pomp komen twee kabels, de kabel met de adapter aan het einde zal links moeten zitten en moet in het stopcontact komen. De rechter kabel zou in het vat moeten zitten.

Voor keuze en omschakeling van het systeem zie 1.1.6.

Stappenplan omschakelen van systeem

Dit test systeem is dus te gebruiken voor twee verschillende zonneboilersystemen. Er zijn echter wel een aantal handelingen nodig om de flow van het systeem door de goede leidingen heen te leiden, zodat het gewenste systeem in gebruik kan worden genomen. Hiervoor is het volgende stappenplan opgesteld, voor nummering appendages en leidingwerk zie P&ID (figuur 1).

Ter info:

Een (kogel)kraan is open wanneer de hendel in lijn staat met de leiding.

Een (kogel)kraan is dicht wanneer de hendel haaks op de leiding staat.

Stappenplan ingebruikname grijswatervat opstelling:

1. Voor toevoer van leidingwater zet bij de driewegklep DV3 de in en uit- gangen 7 en 5 open en uitgang 4 dicht.
2. Zet bij DV2 de in en uit- gangen 5 en 6 open en dus ingang 4 dicht.
3. Zorg ervoor dat bij driewegklep DV1 in en uit- gangen 1 en 3 open staan en uitgang 2 dicht staat (het verwarmde zonnecollector water zal nu zijn warmte afstaan in het buffervat).
4. Zet bij DV4 in en uit- gang 3 en 1 open en ingang 2 dicht (nu is het gesloten systeem volledig open voor continue stroming).

Stappenplan ingebruikname witwatervat opstelling:

1. Voor toevoer van leidingwater naar het witwatervat zet bij DV3 de in en uit- gang 7 en 4 open en uitgang 5 dicht.
2. Vervolgens moet bij DV2 de in en uit- gang 4 en 6 open gezet worden en de ingang 5 dicht staan.
3. Zet bij DV1 de in en uit- gangen 1 en 2 open en uitgang 3 dicht.
4. Tot slot zet bij DV4 de in en uit- gang 2 en 1 open en ingang 3 dicht.

Benodigde meetapparatuur

Tijdens het opstellen van het P&ID is er bepaald welke sensoren er nodig zijn, zo om de testen naar wens uit te kunnen voeren. Zoals in het P&ID te zien is zijn er acht temperatuur sensoren, drie flowsensoren en twee druksensoren nodig. Deze sensoren hebben natuurlijk niet allemaal dezelfde specificaties, daarom moet er per sensor gekeken worden welke meetrange deze moeten hebben. De temperatuursensoren zijn eigenlijk in twee groepen op te delen, namelijk de sensoren in het systeem van de zonnecollector en de sensoren in de tapwaterleidingen. Sensor 1,3 en 4 zijn de sensoren die in het zonnecollectorsysteem zitten. Deze sensoren moeten een grotere temperatuur range aankunnen, namelijk een range van 10 tot en met 100 graden Celsius, met een nauwkeurigheid van 1 graden Celsius. De sensoren 2,5,6,7 en 8 hebben voldoende aan een range van 10 tot 75 graden Celsius. Deze hebben echter wel een iets grotere nauwkeurigheid nodig, namelijk een van maximaal 0,5 graden Celsius.

De flowsensoren moeten een flowrange van 0,01 tot 0,5 liter per seconden hebben, met een nauwkeurigheid van 0,005 liter per seconden. De druksensoren moeten een minimale range hebben van 0,8 tot 1,6 bar, met een nauwkeurigheid van 0,05 bar.

Instellen en aflezen van de meetapparatuur

Nog niet aanwezig.

Gegevens van de meetapparatuur

Nog niet aanwezig.

11.4 HAZOP (Witwatersysteem)

HAZOP uitgevoerd op P&ID									
Systeem:	Zonneboiler witwatervat			Uitgevoerd door:		Max Lintjes, Marc Burghoorn en Matthias Francke			
Datum:									
No.	Parameter	Leidwoord	Oorzaak	Effect	Veiligheidsmaatregel	Risico voor de actie	Actie nr.	Actie beschrijving	Risico na actie
1.1.1	Temperatuur	Laag	Circulatiepomp (P2) defect	Geen warmte bij uitstroom	Foutmelding				
1.1.2		Hoog	Temperatuur sensor in vat 4 defect	Warmtepomp blijft werken, temperatuur word te hoog	Als temperatuur sensor in vat 1 60 °C meet en hoger is dan sensor in vat 4, negeer sensor in vat 4 en geef foutmelding.				
1.1.3			Temperatuur sensor in vat 1 defect	Warmtepomp blijft werken, temperatuur word te hoog	Uitschakeling systeem en foutmelding.				
2.1.1	Flow	Geen	Circulatiepomp (P2) defect en geen tapwater afname.	Temperatuur daling in systeem	Foutmelding				
				Geen warmte toegevoegd aan leidingwater in platenwisselaar.					
2.2.1		Geen	Circulatiepomp (P1) defect		Foutmelding				
3.1.1	Druk	Hoog	Temperatuur verhoogd en geen tapwater afname.	Tapwater zet uit.	Tap water wordt opgevangen in het drinkwater expansievat.		1.1	Inlaatcombinatie	
3.1.2		Laag	Lekkage	Water raakt buiten het systeem.	Handmatig hoofdafsluiter dicht zetten.				
3.2.1		Hoog	Temperatuur verhoogd	Water/glycool zet uit.	Drukschommelingen worden opgevangen in het expansievat.				
3.2.2		Laag	Lekkage	Water/glycool raakt buiten het systeem.	Pomp P1 uit zetten en medium opvangen.				
4.1.1	Legionella	Aanwezig	Geen circulatie en geen tapwater afname, P2 defect	Temperatuur in buffervat word niet 1 maal per week 60 °C gedurende 20 min.	Foutmelding met extra waarschuwing van legionella na een week als P2 defect blijft.				

Figuur 58; Blad 1 HAZOP witwater systeem.

				Heel hoog risico
				Hoog risico
		Middel risico		
Waarschijnlijkheid	Laag risico			
	Invloed			
Parameters	Leidwoord			
Temperatuur	Geen			
Flow	Hoog			
Druk	Laag			
Elektrisch	Vacuum			
Legionella	Aanwezig			

Figuur 59; Blad 2 HAZOP witwater systeem.

11.5 Bestellijst testopstelling

Bestellijst testopstelling					
Bedrijf	Productnummer	omschrijving	Aantal	Prijs exc. BTW	Prijs inc.BTW
Fruugo	85968251-179255325	Kogelkraan drieweg DN15	2		€ 23,95
Amazon	WD3047	Driewegklep DN15	2		€ 18,99
Bouwmaat	514651	Kogelkraan 1/2	1	€ 10,94	€ 13,24
Bouwmaat	509108	Dop 1/2 binnendraad	1	€ 8,93	€ 10,81
Bouwmaat	568457	Bonifix epdm slang	1	€ 8,88	€ 10,74
INDI	PA108BK	PA 12 slang 10x8mm zwart 10m	10	€ 2,78	€ 3,36
INDI	PA108BU	PA 12 slang 10x8mm blauw 10m	10	€ 3,08	€ 3,73
					€ -
					€ -
					€ -
				Totaalprijs	€ 84,82

11.6 Berekeningen (witwatersysteem)

11.6.1 Inhoud buffervat

$$V_{vat}[dm^3] = \phi_v \left[\frac{dm^3}{min} \right] \cdot n \cdot t[min]$$

Waar:

- V_{vat} Is het minimum volume van het buffervat in dm^3 .
- ϕ_v Is de volumestroom van 60°C water in $\frac{dm^3}{min}$. $\phi_v = 7,5 \frac{dm^3}{min}$
- n Is het aantal personen dat achter elkaar doucht. $n = 3$
- t Is het gemiddelde aantal minuten per douchebeurt. $t = 8 min$

$$V_{vat} = 7,5 \cdot 3 \cdot 8 = 180 dm^3$$

11.6.2 Opbrengst zonnecollector

Zonnestraling per vierkante meter per dag:

$$Q_{zon} \left[\frac{J}{m^2 \cdot dag} \right] = \dot{Q}_{zon} \left[\frac{W}{m^2} \right] \cdot t \left[\frac{s}{dag} \right]$$

Waar:

- Q_{zon} Is de gemiddelde stralingsenergie van de zon per m^2 per dag.
- $\dot{Q}_{zon}$ Is het gemiddelde vermogen van de straling van de zon per m^2 per dag.
- t Is het aantal seconden in een dag. $t = 24 \left[\frac{uur}{dag} \right] \cdot 60 \left[\frac{min}{uur} \right] \cdot 60 \left[\frac{s}{min} \right] = 86400 \frac{s}{dag}$

Warmte energie uit de collector:

$$Q_{coll,dag} \left[\frac{J}{dag} \right] = Q_{zon} \left[\frac{J}{m^2 \cdot dag} \right] \cdot A_{coll}[m^2] \cdot \eta_{coll}$$

Waar:

- $Q_{coll,dag}$ Is de gemiddelde energie uit de zonnecollector per dag.
- A_{coll} Is de oppervlakte van de zonnecollector. $A_{coll} = 4,5 m^2$
- η_{coll} Is het rendement van de zonnecollector.

60°C water verwarmd door zonnecollector per dag:

$$V_w \left[\frac{dm^3}{dag} \right] = Q_{coll,dag} \left[\frac{J}{dag} \right] \cdot c_{water} \cdot \rho_{water} \cdot \Delta T \cdot \eta_{ww}$$

Waar:

- V_w Is de gemiddelde hoeveelheid 60°C water, verwarmd vanaf 10°C, in $\frac{dm^3}{dag}$.
- $Q_{coll,dag}$ Is de gemiddelde energie uit de zonnecollector per dag.
- c_{water} Is de soortelijke warmte van water. $c_{water} = 4186 \frac{J}{kgK}$
- ρ_{water} Is de dichtheid van water in $\frac{kg}{dm^3}$. $\rho_{water} = 0,998 \frac{kg}{dm^3}$
- ΔT Is de temperatuur die het water verwarmd moet worden. $\Delta T = 50 K$
- η_{ww} Is de aangenomen efficiëntie van de warmtewisselaar. $\eta_{ww} = 0,9$

Berekende waarden met gegevens uit metingen van opdrachtgever:

Maand	$\dot{Q}_{zon} \left[\frac{W}{m^2} \right]$	$Q_{zon} \left[\frac{J}{m^2 \cdot dag} \right]$	$Q_{coll,dag} \left[\frac{J}{dag} \right]$	Volume 60°C water $\left[\frac{dm^3}{dag} \right]$
Januari	25,7	2.220.480	6.994.512	30,1
Februari	116,8	10.091.520	31.788.288	137,0
Maart	115,6	9.987.840	31.461.696	135,6
April	211,6	18.282.240	57.589.056	248,1
Mei	268,4	23.189.760	73.047.744	314,7
Juni	227	19.612.800	61.780.320	266,2
Juli	238,5	20.606.400	64.910.160	279,7
Augustus	165,4	14.290.560	45.015.264	194,0
Oktober	117,7	10.169.280	32.033.232	138,0
November	43,6	3.767.040	11.866.176	51,1
December	21,5	1.857.600	5.851.440	25,2
Gemiddeld	129,3	11.171.520	35.190.288	151,6

11.6.3 Warmtepomp

Coulomb Coëfficiënt of performance van de warmtepomp:

$$COP_{w,c} = \frac{T_{w,uit}}{T_{w,uit} - T_l}$$

Waar:

- $COP_{w,c}$ Is de Coulomb coëfficiënt of performance van de warmtepomp.
- $T_{w,uit}$ Is de temperatuur van het water dat uit de warmtepomp komt in K.
- T_l Is de temperatuur van de lucht in K.

$COP_{w,c}$ bij het opwarmen van het water in stappen van 10 K.

T_l [K]	$T_{w,uit}$ [K]	$COP_{w,c}$
283	293	29,3
283	303	15,15
283	313	10,43
283	323	8,075
283	333	6,66

$COP_{w,c}$ bij het opwarmen van het water zonder stappen.

T_l [K]	$T_{w,uit}$ [K]	$COP_{w,c}$
283	333	6,66

Efficiëntie warmtepomp:

$$COP_w = COP_{w,c} \cdot \eta_{wp}$$

Waar:

- COP_w Is de coëfficiënt of performance van de warmtepomp.
- $COP_{w,c}$ Is de Coulomb coëfficiënt of performance van de warmtepomp.
- η_{wp} Is de efficiëntie van de warmtepomp door andere verliezen, gegeven door de opdrachtgever. $\eta_{wp} = 0,4$

COP_w bij het opwarmen van het water in stappen van 10 K.		
T_l [K]	$T_{w,uit}$ [K]	COP_w
283	293	11,72
283	303	6,06
283	313	4,173333
283	323	3,23
283	333	2,664

COP_w bij het opwarmen van het water zonder stappen		
T_l [K]	$T_{w,uit}$ [K]	COP_w
283	333	2,664

Opwarmtijd volledig vat:

$$t[s] = \frac{\rho_w \left[\frac{kg}{dm^3} \right] \cdot V_w [dm^3] \cdot c_w \left[\frac{J}{kgK} \right] \cdot \Delta T [K]}{COP_w \cdot P_{pomp} [W]}$$

Waar:

- ρ_w Is de dichtheid van water in $\frac{kg}{dm^3}$. $\rho_w = 0,998 \frac{kg}{dm^3}$
- V_w Is het volume van water dat opgewarmd moet worden in dm^3 . $V_w = 200 dm^3$
- c_w Is de soortelijke warmte van water in $\frac{J}{kgK}$. $c = 4186 \frac{J}{kgK}$
- ΔT Is de temperatuur die het water opgewarmd moet worden in K.
- COP_w Is de coëfficiënt of performance van de warmtepomp.
- P_{pomp} Is het vermogen van de pomp in W. $P_{pomp} = 1000 W$

Opwarmtijd in stappen: $\Delta T = 10 K$			
T_l [K]	$T_{w,uit}$ [K]	COP_w	t [s]
283	293	11,72	713
283	303	6,06	1379
283	313	4,173	2002
283	323	3,23	2587
283	333	2,664	3136
$t_{totaal} [min]$			163,6

Opwarmtijd zonder stappen: $\Delta T = 50 K$			
T_l [K]	$T_{w,uit}$ [K]	COP_w	t [s]
283	333	2,664	15682
$t_{totaal} [min]$			261,4

Gemiddeld COP:

$$COP_{w,gem} = \frac{\sum COP_{w,n} \cdot t_n[s]}{\sum t_n[s]}$$

Waar:

- $COP_{w,gem}$ Is de gemiddelde COP over de gehele verwarming van het water.
- $COP_{w,n}$ Is de COP over stap n .
- t_n Is de tijd over stap n .

	$COP_{w,gem}$
5 stappen met $\Delta T = 10 K$	4,256
1 stap met $\Delta T = 50 K$	2,664

11.6.4 Isolatie

Dikte isolatie cilindrische wand van het buffervat:

$$\phi_w[W] = \frac{2 \cdot \pi \cdot L[m] \cdot \lambda \left[\frac{W}{mK} \right]}{\ln \left(\frac{R_2[m]}{R_1[m]} \right)} \cdot (T_1[K] - T_2[K])$$

Omschrijven geeft:

$$R_2[m] = R_1[m] \cdot e^{\frac{2 \cdot \pi \cdot L[m] \cdot \lambda \left[\frac{W}{mK} \right]}{\phi_w[W]} \cdot (T_1[K] - T_2[K])}$$

Waar:

- R_2 Is de buitendiameter van de isolatie in m .
- R_1 Is de binnendiameter van de isolatie in m .
- L Is de lengte van de cilinder in m .
- λ Is de warmtegeleidingscoëfficiënt van EPP in $\frac{W}{mK}$.
- ϕ_w Is de warmtestroom door de isolatie in W .
- T_1 Is de temperatuur in het buffervat in K .
- T_2 Is de temperatuur buiten het buffervat in K .

$$R_1 = 0,2 m$$

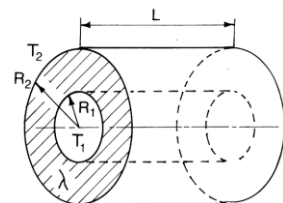
$$L = 0,4 m$$

$$\lambda = 0,041 \frac{W}{mK}$$

$$\phi_w = 25 W$$

$$T_1 = 333 K$$

$$T_2 = 283 K$$



$$R_2 = 0,25578 m$$

De dikte van de wand:

$$\delta[m] = R_2[m] - R_1[m]$$

Waar:

- δ Is de dikte van de isolatie in m .
- R_2 Is de buitendiameter van de isolatie in m .
- R_1 Is de binnendiameter van de isolatie in m .

$$R_2 = 0,25578 m$$

$$R_1 = 0,2 m$$

$$\delta = 0,05578 m$$

Benadering dikte isolatie op de uiteindes:

Benadering via vlakke plaat:

$$\phi_w[W] = \lambda \left[\frac{W}{mK} \right] \cdot A[m^2] \cdot \frac{T_1[K] - T_2[K]}{\delta[m]}$$

En:

$$k \left[\frac{W}{m^2K} \right] = \frac{\lambda \left[\frac{W}{mK} \right]}{\delta[m]}$$

Omschrijven geeft:

$$\delta[m] = \lambda \left[\frac{W}{mK} \right] \cdot A[m^2] \cdot \frac{T_1[K] - T_2[K]}{\phi_w[W]}$$

Waar:

- δ Is de dikte van de isolatie in m .
- λ Is de warmtegeleidingscoëfficiënt van EPP in $\frac{W}{mK}$. $\lambda = 0,041 \frac{W}{mK}$
- A Is de oppervlakte van de uiteindes in m^2 . $A = 2 \cdot \pi \cdot 0,2^2 = 0,2513 m^2$
- T_1 Is de temperatuur in het buffervat in K . $T_1 = 333 K$
- T_2 Is de temperatuur buiten het buffervat in K . $T_2 = 283 K$
- ϕ_w Is de warmtestroom door de isolatie in W . $\phi_w = 15 W$

$$\delta = 0,0824 m$$

Benadering via cilinder:

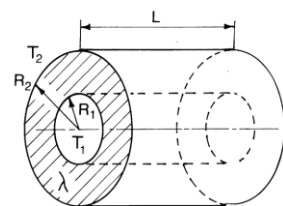
Beide uiteindes samen vormen 1 cilinder.

$$R_2[m] = R_1[m] \cdot e^{\frac{2 \cdot \pi \cdot L[m] \cdot \lambda \left[\frac{W}{mK} \right]}{\phi_w[W]} (T_1[K] - T_2[K])}$$

Waar:

- R_2 Is de buitendiameter van de isolatie in m .
- R_1 Is de binnendiameter van de isolatie in m . $R_1 = 0,2 m$
- L Is de lengte van de cilinder in m . $L = 0,4 m$
- λ Is de warmtegeleidingscoëfficiënt van EPP in $\frac{W}{mK}$. $\lambda = 0,041 \frac{W}{mK}$
- ϕ_w Is de warmtestroom door de isolatie in W . $\phi_w = 15 W$
- T_1 Is de temperatuur in het buffervat in K . $T_1 = 333 K$
- T_2 Is de temperatuur buiten het buffervat in K . $T_2 = 283 K$

$$R_2 = 0,30202 m$$



De dikte van de wand:

$$\delta[m] = R_2[m] - R_1[m]$$

Waar:

- δ Is de dikte van de isolatie in m .
- R_2 Is de buitendiameter van de isolatie in m . $R_2 = 0,30202 m$
- R_1 Is de binnendiameter van de isolatie in m . $R_1 = 0,2 m$

$$\delta = 0,10202 m$$

11.6.5 Doorstroomverwarmer

Om 200 L water te verwarmen:

$$Q[J] = \rho_w \left[\frac{kg}{dm^3} \right] \cdot V_w [dm^3] \cdot c_w \left[\frac{J}{kgK} \right] \cdot \Delta T [K]$$

Waar:

- Q is de energie die nodig is om het water te verwarmen in J .
- ρ_w is de dichtheid van water in $\frac{kg}{dm^3}$. $\rho_w = 0,998 \frac{kg}{dm^3}$
- V_w is het volume van het water in dm^3 . $V_w = 200 dm^3$
- c_w is de soortelijke warmte van water in $\frac{J}{kgK}$. $c_w = 4186 \frac{J}{kgK}$
- ΔT is het te ver warmen temperatuurverschil in K . $\Delta T = 50 K$

$$Q = 41776280 J$$

Vermogen doorstroomverwarmer:

Uitgaand van 200 L per dag.

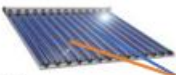
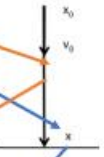
$$P[W] = \frac{Q \left[\frac{J}{dag} \right]}{t \left[\frac{s}{dag} \right]}$$

Waar:

- P is minimum benodigde vermogen dat de doorstroom verwarmer moet leveren om 200 L water per dag op te warmen, in W .
- Q is de energie die nodig is om het water te verwarmen in J . $Q = 411776280 J$
- t is het aantal seconden in een dag. $t = 86400 s$

$$P = 483,522 W$$

11.7 Morfologisch overzicht (grijswater systeem)

Zonnecollector	Vacuüm 	Vlakke plaat 	
Antivries	Terugpompen 	Glycol 	Vrije val 
Extra vermogen	Warmtepomp 	Elektrisch verwarmingselement 	Cv-ketel 
Vat vorm	Cilinder liggend 	Cilinder staand 	
warmtewisselaar	Spiraal 	platenwisselaar 	
Druk regeling	Expansie ventiel 	Drukvat 	Inlaatcombinatie 

Figuur 60; morfologisch overzicht conceptontwerp grijswatersysteem

11.8 Berekeningen (grijswater systeem)

3			Q_spiraal [m [kg/s]	c [l/(kg*K)]	ΔT_{tapw} [t_douche [s]	Vermogen_element [W]	Q_verlies [W]			Collector oppervlak [t]	Collector rendement
4			26072,75	0,12475	4180	50	480	6000	34,59392	4,5	0,7
5	m_max [kg]	0,12475									
6	m_min [kg]	0,083167									
7	m_waterv	299,4							E_verlies [J]		
8	V_grijsvat	300									
9	T_tapin [C]	10									
10	T_tapuit [C]	60									
11			E_3t [J]		E_vat [J]		E_elekverwarmen [J]			Zonenergie	Paneelenergie [J]
12			37544760		37544760		-1,7E+07	straal vat	0,3	18400000	82800000
13						zomer		straal isole	0,5	18000000	57960000
14						winter	34863674				8100000
15			Q_afgiftevat [W]							$\Delta T_{\text{grijsvat}}$	4,521531
16			26072,75			T_aanelement [s]				ΔT_{witvat}	6,795888
17						5810,612					
18						1,614059					
19	Elek [kWh]	9,684354									
20	Elekprijs_d	3,970585									
21	Elekprijs_j	724,6318									

Figuur 61; Excelsheet berekeningen grijswatersysteem

11.9 HAZOP (grijswater systeem)

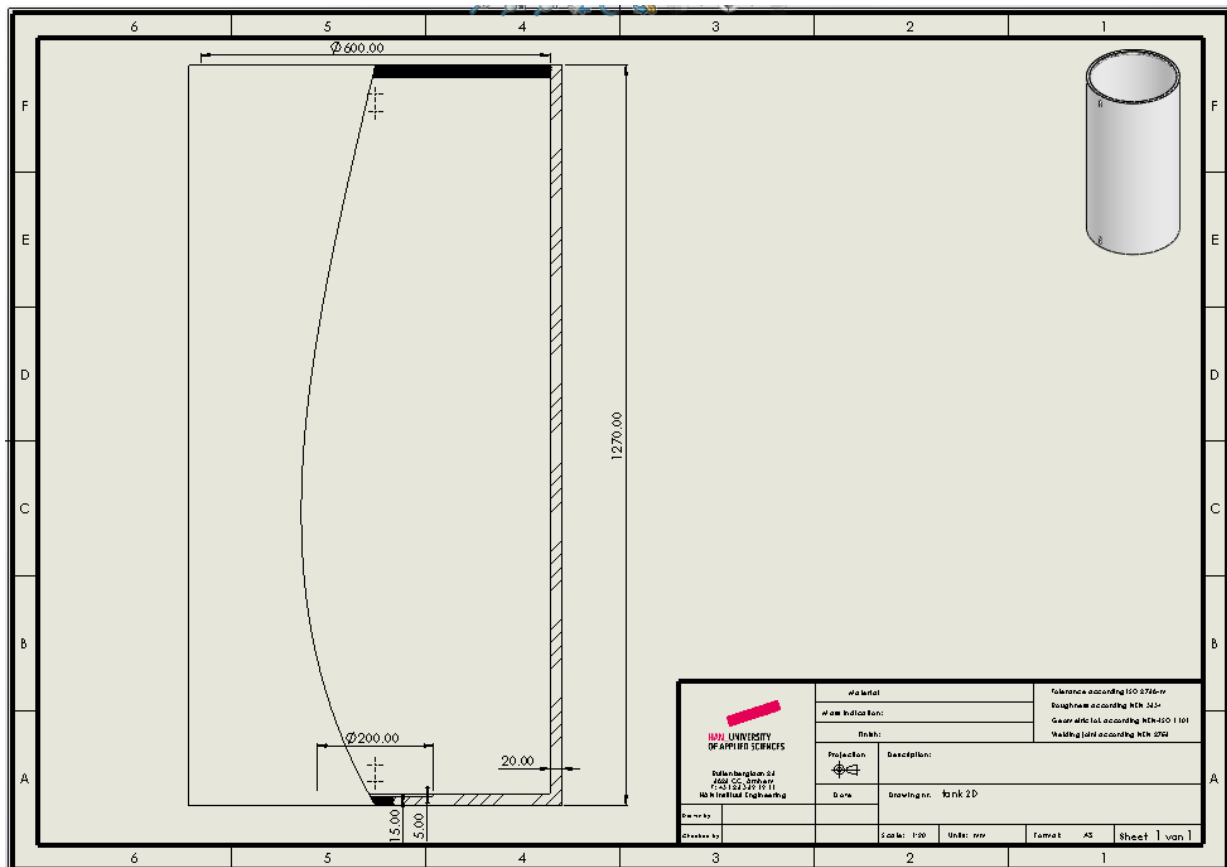
Datum:									
No.	Parameter	Leidwoord	Oorzaak	Effect	Veiligheidsmaatregel	Risico voor de actie	Actie nr.	Actie beschrijving	Risico na actie
	Temperatuur	hoog	Elektrische verwarmers niet op tijd uitgeschakeld.	Vat kan kapot gaan en de elektriciteitskosten lopen op.	Temperatuur regeling door middel van een thermostaat die de verwarmers uitschakelt als deze boven 80 graden			Maatregelen programmeren en sensor controleren op storingen.	Laag risico
		laag	Elektrische verwarmers doet het niet/niet op tijd ingeschakeld.	Mensen kunnen geen warmtapwater gebruiken.	Temperatuur regeling door middel van een thermostaat die de verwarmers aanzet als deze onder 35	Laag risico		Maatregelen programmeren en sensor controleren op storingen.	
	Flow	geen	De pomp doet het niet.	Zon warmt het vat niet op, dus warmtewisseling geheel elektrisch. Daardoor hogere kosten.	Periodieke controle van het systeem en een visuele- en geluidssignalen bij falen pomp	Laag risico		Pomp op foutmeldingen controleren	
	Druk	hoog	De overdruk kan nergens naar toe.	In het vat wordt de druk te hoog, waardoor deze kapot kan gaan.	Drukregeling bij het vat inbouwen.	Heel hoog risico		Expantieventiel in het vat installeren.	
		laag	De pomp doet het niet.	Medium wordt niet rondgepompt, waardoor de zonne-energie niet kan worden benut.	Periodieke controle van het systeem en een visuele- en geluidssignalen bij falen pomp	Laag risico		Pomp op foutmeldingen controleren	
	Elektrisch	geen	Elektrisch verwarmingselement is defect.	Tekort aan energie van de zon, wordt niet gecompenseerd. Waardoor gewenste temperatuur niet behaald wordt en er geen warmtapwater is.	Melding als het verwarmingselement het niet doet	Laag risico		Systeem langslopen op defecten. Zo nodig verwarmingselement vervangen	

Figuur 62; Blad 1 grijswatersysteem

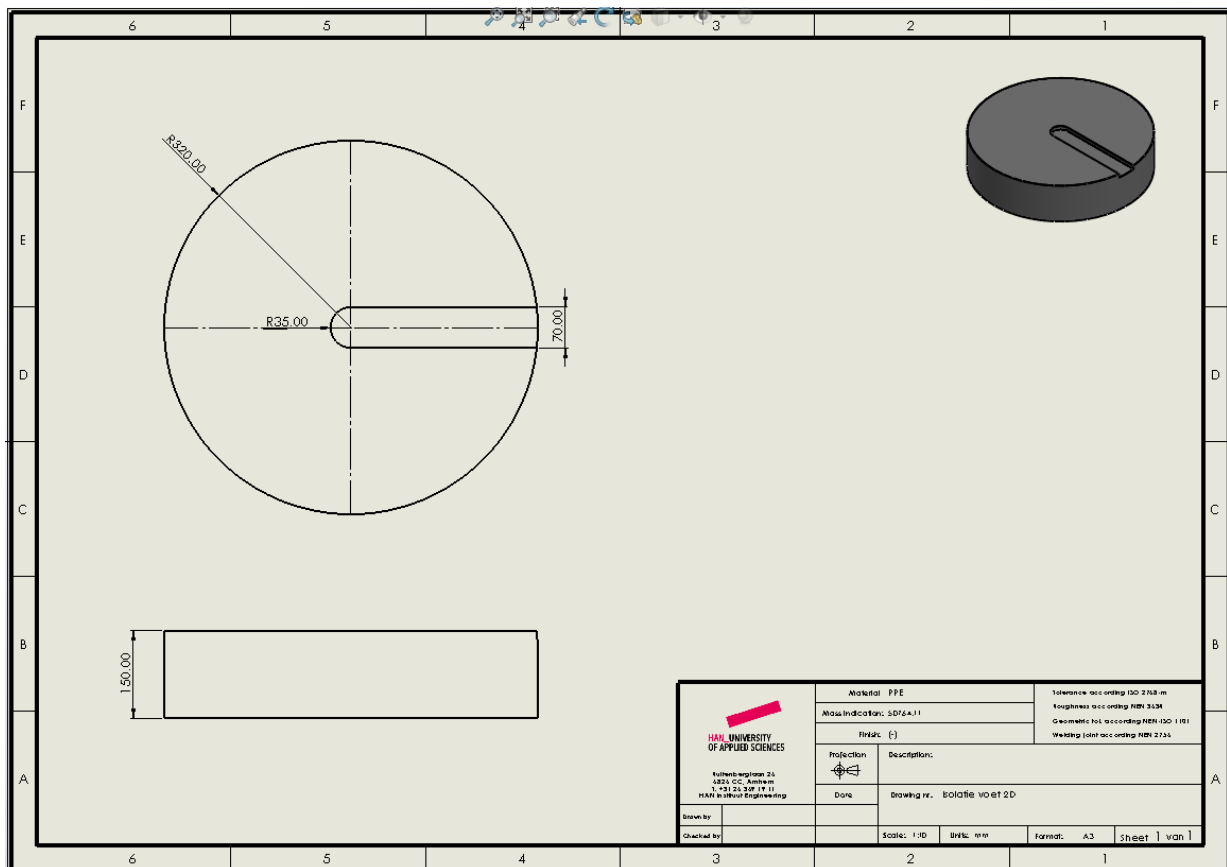
				Heel hoog risico
				Hoog risico
			Middel risico	
Waarschijnlijkheid	Laag risico			
	Invloed			
Parameters	Leidwoord			
Temperatuur	Geen			
Flow	Hoog			
Druk	Laag			
Elektrisch	Vacuum			
Legionella				

Figuur 63; Blad 2 grijswatersysteem

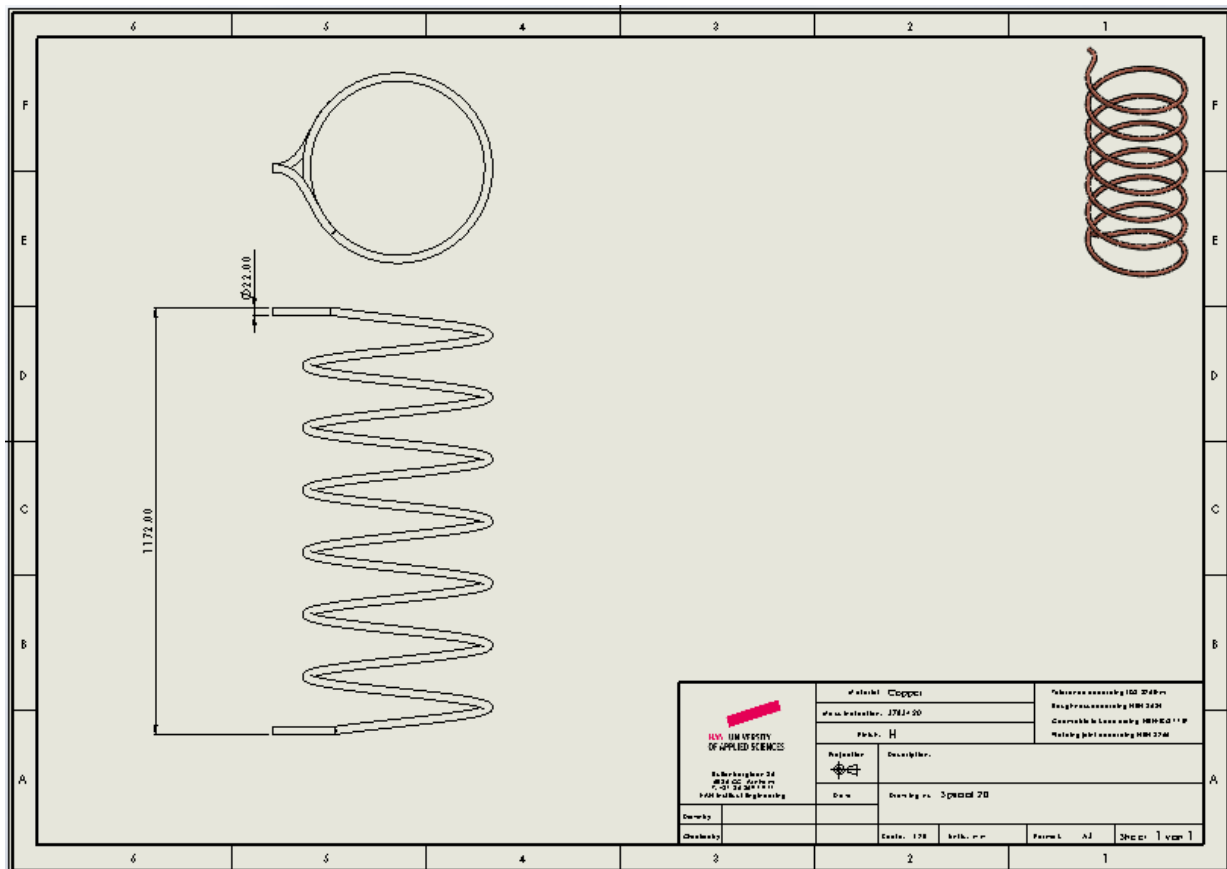
11.10 Tekeningen (grijswater systeem)



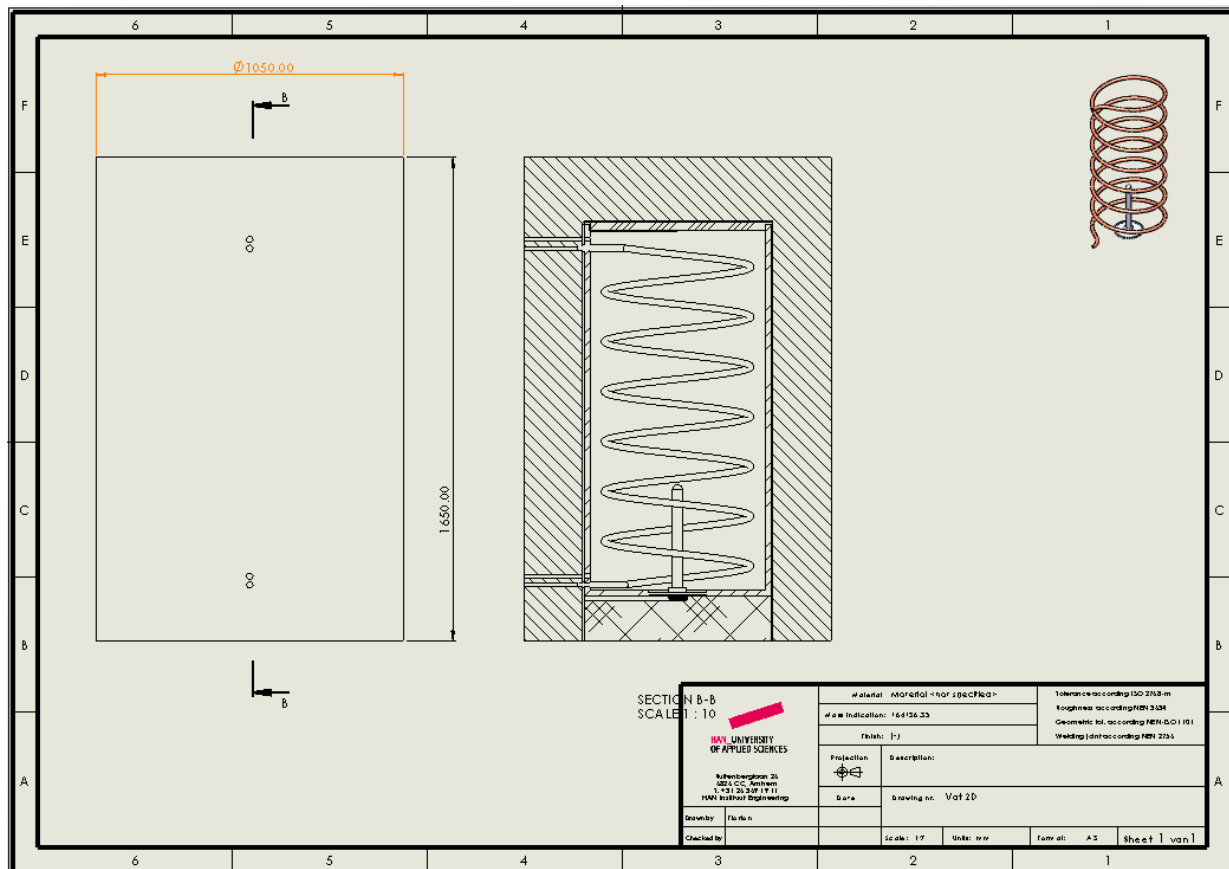
Figuur 64; Grijs vat.



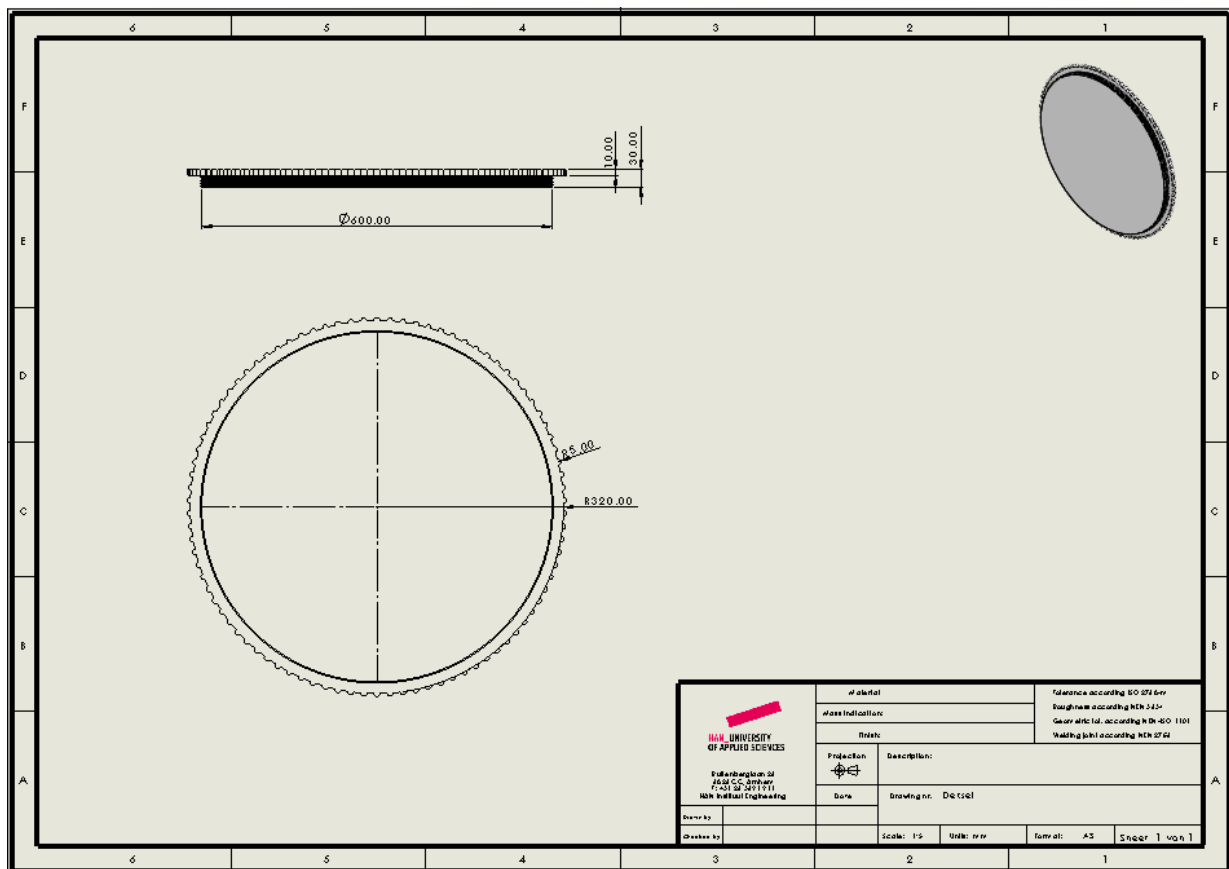
Figuur 65; Voetsteun grijsvat.



Figuur 66; Spiraal grijsvat.



Figuur 67; Doorsnede Assembly grijsvat.



Figuur 68; Deksel grijsvat.



Figuur 69; Render grijs vat zonder isolatie.



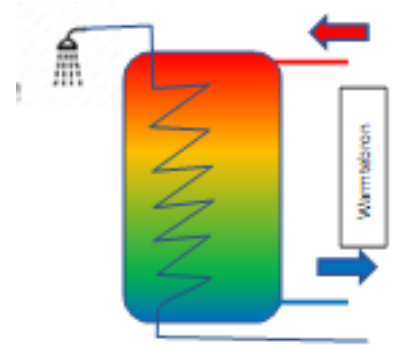
Figuur 70; Render doorsnede grijsvat.

11.11 DZO

DZO zonneboiler systemen

Inleiding

Bij dit project wordt er gekeken of het zonneboiler-systeem, waar Fectum Innovation mee bezig is ook daadwerkelijk zou kunnen werken. Het zonneboiler-systeem van Fectum Innovation werkt als volgt: op het dak liggen thermische collectoren. Deze staan in verbinding met het buffervat dat binnen staat. De zonne-energie wordt gebruikt om het water in het buffervat te verwarmen. Het warme water in het vat wordt dan vervolgens gebruikt om het op dat moment benodigde tapwater te verwarmen.



Figuur 71; Werking grijsvat

Fectum wil het gasgebruik voor het verwarmen van tapwater van een huishouden, met 80 procent verminderen. Op het eerste oog zou men dan kunnen zeggen dit is duurzaam, het gasverbruik is immers lager. Maar bij deze uitspraak wordt niet gekeken naar de Koolstofdioxide-uitstoot van de productie van componenten. Daarom wordt er in dit stukje gekeken of het systeem van Fectum daadwerkelijk duurzaam kan zijn.

Om te kijken hoeveel uitstoot er voor beiden systeem vrijkomt, is het belangrijk om een goed beeld te hebben van alle componenten van de twee systemen. Het huidige systeem bestaat eigenlijk maar uit een hoofdcomponent, namelijk de Cv-ketel.

Het systeem van Fectum, bestaat daarentegen wel uit meerdere componenten. Dit systeem bestaat namelijk uit zes zonnecollectoren, een grijswatervat met een inhoud van 200 liter en een boiler. Omdat er in beiden systemen leidingen en dergelijken zitten, worden deze niet meegenomen bij deze vergelijking. (Bespaartips warm water, n.d.)

Daarna moet er gekeken worden naar de CO₂ uitstoot bij het huidige systeem en vervolgens naar de uitstoot van het nieuwe systeem. Op het moment gebruikt een gemiddeld Nederlands gezin, bestaande uit 4 personen en wonend in een rijtjeshuis, 360 kubieke meter aan aardgas per jaar.

Bij verbranding van aardgas komt er 56.4 kg/GJ aan koolstofdioxide vrij. Het Nederlandse aardgas heeft bovenste verbrandingswaarde van 35,17 MJ/M³. $\frac{56.4}{1000} \cdot 360 \cdot 35.17 = 714,09 \text{ kg}$. Bij de oude systemen, die dus gebruik maken van een Cv-ketel, stoot men jaarlijks dus 714,09 kg koolstofdioxide uit.

Met het nieuwe systeem gaat Fectum ervan uit dat een huishouden nog maar 80 procent van het huidige gas gaat verbruiken op het gebied van het verwarmen van warm water. Dit betekent dus ook dat de uitstoot met 80 procent afneemt. $\frac{714.09}{100} \cdot 20 = 142.8 \text{ kg}$. Per jaar zou er dan dus voor 571,29 kilogram minder aan koolstofdioxide worden uitgestoten. (Fectum, n.d.)

In zowel het oude systeem als het nieuwe systeem, bevinden er zich leidingen en dergelijken. Omdat de hoeveelheid koolstofdioxide die vrijkomt met de productie hiervoor dus gelijk is worden deze in de berekening niet meegenomen. Dit geldt ook voor de Cv-ketel en de boiler. De uitstoot tijdens de productie is voor deze beiden gelijk en dient dus niet meegenomen te worden.

Bij het vergelijken van de productie emissies, van de twee systemen worden dus alleen de zonnecollectoren en het grijswatervat. Uit onderzoek is gebleken dat er bij de productie van een zonnecollector, 320 kilogram CO₂ wordt uitgestoten. Bij de productie van een grijswatervat komt er voor 250 kilogram. Het systeem van Fectum zorgt tijdens de productiefase daardoor dus voor 2170 kilogram meer aan productie emissies dan het oude systeem. (solesta, n.d.)

Omdat men per jaar, met het nieuwe systeem 571 kilogram aan CO₂-emissies reduceert. Kan deze eenmalige productie emissie binnen 4 jaar eruit worden gehaald. Na vier jaar is het systeem dus echt duurzaam, ten opzichte van het oude systeem. Ook gaan de componenten van dit systeem voor 20 à 30 jaar mee, waardoor het systeem dus voor 16 jaar lang absoluut duurzaam is.

Productduurzaamheid

Bij ons project staat al vast wat voor een soort collector en boiler/opslagvat gebruikt gaat worden. Er is gekeken uit welke materialen deze componenten bestaan. Voor de collectoren zijn er op dit moment geen alternatieve materiaal opties waardoor de collector duurzamer wordt. Bepaalde materialen van de collector kunnen niet vervangen worden door duurzame alternatieven omdat dan het rendement van de collector negatief beïnvloed wordt. Waardoor het uiteindelijk niet duurzamer is. Collectoren bestaan uit twee glazen buizen die vacuümgetrokken zijn, op de binnenste buis zit een donkere laag die de warmte van de zon absorbeert. Het vacuüm zorgt ervoor dat de warmte niet uit de buis kan ontsnappen. Fectum gebruikt in de buis normaal water voor de bescherming van het milieu. Er zou een andere vloeistof gebruikt kunnen worden om een hogere warmtewinning te verkrijgen. Door een hogere warmtewinning te krijgen zou de duurzaamheid ook verbeterd worden, het volgende debat is dan of de warmtevloeistof slechter of beter is voor het milieu.

Voor het behouden van de warmte zelf heeft Fectum een geïsoleerd vat. Door dit vat loopt een spiraal waar tapwater doorheen loopt om het te verwarmen door middel van het water in het vat. Op deze onderdelen zou het mogelijk zijn om te verduurzamen door bijvoorbeeld het opslagvat beter te isoleren dan de huidige situatie. Dit zou gedaan kunnen worden door het vat meerdere laags te maken waartussen een vacuüm zou kunnen zitten. Een andere optie is het gebruiken van thermisch vasthoudende panelen. Die panelen zouden gebruikt kunnen worden door in het vat te plaatsen tegen de spiraal aan, of om de binnenlaag van het vat te bedekken door een thermisch vasthoudende laag. Zo gaat er minder warmte verloren en kan er dus ook makkelijker en meer warmte worden overgedragen.

Conclusie

De materiaalkeuzes van de producten zijn ook naar onze mening duurzaam gekozen. De materialen die gebruikt worden zijn vaak recyclebaar of goed af te breken. Ook door de goede isolering kunnen de producten de warmte goed vasthouden. Dat zorgt dan ook voor extra duurzaamheid. Zoals eerder gezien is de theoretische besparing van het gasverbruik door het gebruik van dit product verlaagd met 80%. Omdat het systeem de productie emissies terugwint na al 4 jaar en een levensduur heeft van 20 à 30 jaar, kunnen wij zeggen dat het systeem duurzaam is en een grote verbetering voor het milieu.

OPEN UP
NEW HAN_ UNIVERSITY
HORIZONS. OF APPLIED SCIENCES