



Studenten: Lourens Soldaat (S1007323),
Gjalt Nieuwenhuis (S1067869)
Naam docent: Roy van der Laan
1 november 2021
Hogeschool Windesheim
Vak Pro PIE '21/'22 module I

Voorwoord

Vanuit de module Installatie van de Professionaliseringscursus PIE zijn wij, Lourens Soldaat en Gjalt Nieuwenhuis, aan de slag gegaan om een fictief advies te schrijven voor een Teslagarage. Dit advies moest bestaan uit een volledig koel/verwarmingsbedrijf en de daarbij bijbehorende berekeningen.

Wat ons in het begin wel tegenviel is dat de opdracht vrij “open” lag, en er dus enorm veel keuzes gemaakt moesten worden. Deze keuzes maakten het in het begin lastig om gestructureerd te werk te gaan. Omdat er zo veel te kiezen is, werd onze trechter enorm gevuld met informatie. Toen we eenmaal een aantal keuzes hadden gemaakt, konden we echt aan de bak en merkten we dat we goed in de “flow” kwamen, om maar even in installatietermen te spreken.

Vanuit Windesheim hebben we colleges gevolgd van Roy van der Laan, die ons theoretische input gaf over o.a. warmtepompen en Cv-installaties.

Inhoud

1. Inleiding.....	4
2. Koel- en verwarmingsinstallatie deel 1.....	5
2.1. Omschrijving installatieconcept voor verwarming, koeling en tapwater.....	5
2.1.1. Omschrijving gekozen warmtepomp.....	6
2.1.2. Hydraulisch- /principeschema met legenda.....	7
2.1.3. De bedrijfssituaties koelen en verwarmen.....	9
2.2. Ontwerp koelen en verwarmen, inclusief tapwatervoorziening.....	9
2.2.1. Koelen.....	9
2.2.2. Verwarmen.....	11
3. Koel- en verwarmingsinstallatie deel 2.....	14
3.1. Berekeningen aan leidingen en verdelers.....	14
3.2. Belangrijke componenten uit de installatie worden zorgvuldig geselecteerd.....	16
3.2.1. Selectie van de warmtepomp.....	17
3.2.2. Selectie van het buffervat met berekeningen.....	17
3.2.3. Selectie van de circulatiepomp met berekeningen.....	19
3.3. De werking van twee onderdelen in het systeem is toegelicht voor vmbo leerlingen	21
4. Koel- en verwarmingsinstallatie deel 3.....	21
5. Elektrische installatie.....	22
6. Literatuurlijst.....	25
7. Bijlagen.....	27
7.1. Bijlage 1; Principeschema warmtepompsysteem.....	27
7.2. Bijlage 2; Warmteafgiftetabel volgens NEN-EN 1264.....	28
7.3. Bijlage 3; Productiekenmerk Nefit Enviline.....	29
7.4. Bijlage 4; Specificaties Nefit Enviline.....	30
7.5. Bijlage 5; Plattegrond vloerverwarming indeling wasplaats en werkplaats.....	31
7.6. Bijlage 6; Plattegrond vloerverwarming indeling kantoor en overige ruimte.....	32
7.7. Bijlage 7; Presentatie vmbo 'Warmtepompsysteem'	33
7.8. Bijlage 8; Presentatie vmbo 'Driewegklep'	36
7.9. Bijlage 9; Kärcher elektrische hogedrukreiniger.....	41
7.10. Bijlage 10; Tesla Powerwall.....	42

1. Inleiding

Vanuit het Professionalisering PIE is voor de module installatie de opdracht uitgezet om een energetisch ontwerpadvies te schrijven voor een nieuw te bouwen energie-neutrale Tesla-garage.

Na een gesprek met de opdrachtgever is een plan van eisen opgesteld om niet alleen een moderne werkplaats, maar ook het dealership bij Tesla te realiseren. Daarom is er door een architect een schetsontwerp gemaakt voor de nieuw te bouwen garage met het onderstaande PVE.



1. Een energiezuinig zuinig gebouw met een Energieprestatie van NUL. Dit betekent dat het gebouw de hoeveelheid energie opneemt, maar ook weer afgeeft.
2. Er wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp.
3. Er is geen gasaansluiting aanwezig.
4. Verwarmingseisen:
Temperatuur werkplaats 10 °C en voor het kantoor een temperatuur van 20 °C gemiddeld.
Verwarmingsvermogen:
 - o Kantoor: 80 W/m²
 - o Wasplaats: 25 W/m²
 - o Werkplaats / berging / overige ruimten: 40 W/m² 5.Beide ruimten in de zomer te koelen (topkoeling).
5. In de zomer moet er de mogelijkheid zijn om het gebouw te koelen.
6. Er moet voldoende tapwater beschikbaar zijn voor de wasruimte(n).

Vanuit dit PVE gaan wij op zoek naar een passende installatie om op basis van de gegeven plattegrond een energetisch ontwerp op te stellen voor verwarming/koeling en energieopwekking.

Vanaf 1 januari 2021 moeten nieuwe gebouwen echter voldoen aan de BENG (Bijna Energie Neutraal Gebouw) norm. Op de website van Nieman (Beng eis vanaf 01-01-2021, sd) lezen we dat een lagere energiebehoefte BENG 1 norm een randvoorwaarde is voor een robuust energieconcept. Daarom is het nodig om niet alleen naar het gebouw te kijken, maar ook naar installatiecomponenten en de manier van energie opwekken. Door op deze manier te kijken naar de geheel installatie past binnen de Trias energetica.



2. Koel- en verwarmingsinstallatie deel 1

2.1. Uitgewerkt installatieconcept

Voordat we een keuze kunnen gaan maken met welk warmtepompsysteem we het bedrijfspand gaan verwarmen en van energie gaan voorzien is het van belang om te weten wat de energievraag is op basis van de afmetingen van de verschillende ruimten. Om een keuze te maken uit de verschillende typen warmtepompen moet o.a. gekeken worden naar de grootte van het bedrijfspand. Daarom hebben we op basis van de aangedragen tekeningen de oppervlakte per ruimte in een schema gezet en per ruimte het warmtevermogen berekend (tabel 1).

Naam ruimte	Afmetingen	Oppervlakte (m ²)	Gewenst verwarming vermogen	Warmtevermogen per ruimte
Wasruimte garage	16,0m x 8,00m	128,0 m ²	25 W/m ²	3200,0 W
Werkplaats	16,0m x 12,0m	192,0 m ²	40 W/m ²	7680,0 W
Portaal	4,00m x 3,00m	12,0 m ²	40 W/m ²	480,0 W
Berging	2,80m x 1,93m	5,40 m ²	40 W/m ²	216,0 W
Compressorruimte	2,10m x 1,93m	4,05 m ²	40 W/m ²	180,0 W
Wasruimte personeel	3,60m x 2,92m	10,51 m ²	40 W/m ²	420,4 W
+ douche	1,30m x 1,89m	2,46 m ²	110 W/m ²	275,0 W
+ WC	0,93m x 1,30m	1,21 m ²	40 W/m ²	48,4 W
Kantine	5,00m x 2,80m	14,0 m ²	40 W/m ²	560,0 W
Hal	3,60m x 2,00m	7,20 m ²	40 W/m ²	288,0 W
+Toiletten	1,30m x 2,00m	2,60 m ²	40 W/m ²	104,0 W
Kantoor	5,00m x 3,95m	19,75 m ²	80W/m ²	1580,0 W
			Totaal >	15031,8 W

Tabel 1 Warmteberekening per vertrek

We hebben in het schema het gewenste verwarmingsvermogen volgens het PVA berekend. Echter zijn we van mening dat de doucheruimte voor het personeel een temperatuur van 24 graden Celsius moet kunnen halen. Hiervoor is meer vermogen nodig dan aangegeven 40W/m². Via de website: van Groene Hoed Duurzaam (Hoeveel vermogen (elektrische) verwarming heb ik nodig voor mijn ruimte?, sd) hebben we bepaald dat er 110 W/m² is. Daarom is in het overzicht hiervoor een warmtevraag voor die ruimte van 275 W meegenomen.

Het totale garagepand (inclusief kantine, kantoor en overige ruimten) is een relatief klein bedrijfspand. Na het bestuderen van de verschillende warmtepomp opties en om de totale investeringen van de installatie voor de klant interessant te houden geven we het advies om voor een lucht/water warmtepomp met tapwaterboiler te kiezen. Deze boiler zal eveneens worden aangesloten op een zonnecollector.

Een lucht/water warmtepomp is echter minder geschikt voor de totale koeling van het door de architect bedachte bedrijfspand. Het systeem kan wel voldoen aan de topkoeling voor het kantoor, maar is minder geschikt voor de koeling van de werkplaats. De belangrijkste redenen hiervoor zijn de warmtemassa die na verwarmen is opgeslagen in de dikkere vloer en de inhoud van de gehele werkplaats, in de uitwerking komt dit opnieuw naar voren. Daarom is het beter om de werkplaats te koelen doormiddel van airconditioning/luchtbehandeling. Op de volgende pagina's zullen we ons advies en het gekozen warmtepompsysteem volledig toelichten.

2.1.1. Omschrijving van de gekozen warmtepomp, (voordelen)de redenen type en de uitbreidingen op het systeem.

Na het onderzoeken van verschillende lucht/water warmtepompsystemen hebben we gekozen voor de Nefit EnviLine monoblock 17 TS-T (EnviLine Hybride, sd). Het is een all-electric systeem dat uitgebreid kan worden met een zonneboilersysteem en zonnepanelen. Wij zullen daar in de situatie voor het genoemde autobedrijf ook gebruik van gaan maken.

De Nefit EnviLine is geschikt voor nieuwbouw en bestaande bouw en heeft geen grondbron nodig. Hij haalt zijn energie uit de buitenlucht, zelfs bij een buitentemperatuur van -20°C is hij in staat om warmte uit de buitenlucht te halen. Deze energie uit de buitenlucht wordt door de warmtepomp opgewaardeerd tot bruikbare warmte. Voor elke kW elektriciteit die de warmtepomp hiervoor gebruikt, wordt ongeveer 4,8 kW warmte geproduceerd. Dit betekent dat de warmtepomp een rendement behaalt van 480%. Het rendement wordt uitgedrukt in COP (Coëfficiënt Of Performance).

De gekozen EnviLine is een Tower versie die (in ons geval) gekoppeld wordt met een zonneboiler. Zo kan dit systeem verwarmen, koelen en warmwater leveren met ondersteuning van zonne-energie. Het systeem is ook voorzien van een elektrische bij-verwarmer die getrapt 2/4/6/9 kW het circuit opwarmt boven de 60°C voor thermische desinfectie om zo legionella besmetting te voorkomen. Als laatste is het een voordeel dat er zonnepanelen aan het systeem gekoppeld kunnen worden om het te voorzien van elektrische energie. Nefit geeft de mogelijkheid om systeemuitbreidingen te koppelen via 'Smart Grid' en dat is ideaal in onze situatie. We komen hier later op terug.

Het mooie van de Tower Solar is dat alle belangrijke componenten (geïntegreerde 184 liter zonneboiler, elektrische bij-verwarmer, geïntegreerde energiezuinige pomp, expansievat, overstort, manometer en ontluchter) zijn samengevoegd in één apparaat. Hierdoor neemt het dus veel minder ruimte in beslag. Als laatste is het ook fijn dat alles te op afstand te beheren is via een handige app.

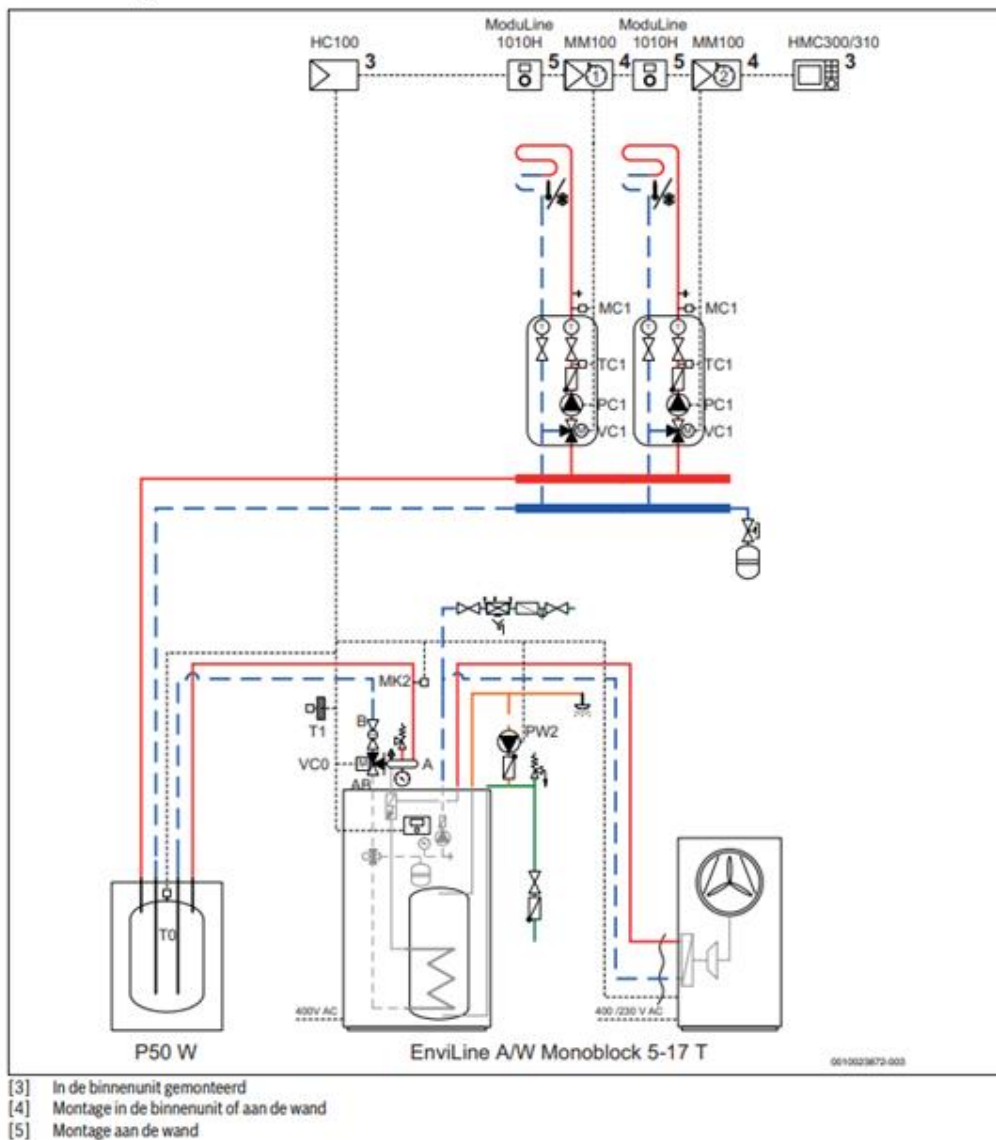


Figuur 1 Nefit TowerSolar

Nefit heeft vervolgens nog twee opties bij dit gekozen systeem. Namelijk de keuze tussen een split systeem of monoblock systeem. In de brochure van Nefit is te lezen dat de COP-waarde (4,8) van de mono-block serie beter is dan die van vergelijkbare systemen. De maximale Cv-aanvoertemperatuur is met 62°C , één van de hoogste prestaties in de markt. Daarnaast is de EnviLine Monoblock de stilste in zijn klasse en tot wel 75% lichter dan vergelijkbare warmtepompen. Deze EnviLine levert zijn vermogen in 27 modulerende stappen en de warmtepomp zelf is geïntegreerd in de buitenunit.

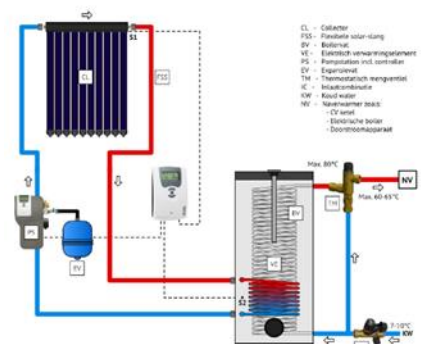
2.1.2. Hydraulisch principeschema en legenda

Hieronder is in het hydraulisch principeschema (figuur2) te zien hoe de onderdelen met elkaar zijn verbonden. In Bijlage 1 is het principeschema nogmaals weergegeven.



Figuur 2 Hydraulisch basisprincipeschema warmtepompinstallatie

Zoals op de vorige pagina aangegeven gaan we het systeem uitbreiden door gebruik te maken van de Nefit Solarline zonnecollectoren als ondersteuning van tapwater verwarming (figuur 3). Op de volgende pagina is schematisch te zien hoe alle onderdelen van het complete warmtepompsysteem inclusief tapwatervoorziening met elkaar zijn verbonden.



Figuur 3 Schema tapwaterondersteuning

Symbol	Aanduiding	Symbol	Aanduiding	Symbol	Aanduiding
Leidingen/elektrische kabels					
	Aanvoer - verwarming/zonne		Retour pekel		Warmwatercirculatie
	Retour - verwarming/zonne		Drinkwater		Elektrische bedrading
	Aanvoer pekel		Warmwater		Elektrische bedrading met onderbreking
Mengkleppen/ventielen/temperatuursensoren/pompen					
	klep		Drukverschilregelaar		pomp
	Revisie-bypass		Overstortventiel		Terugslagklep
	Inregelventiel		Inlaatcombinatie		Temperatuursensor/-bewaking
	Bypass		3-weg mengventiel (mengen/verdelen)		Veiligheidstemperatuurbegrenzer
	Filter-afsluiter		Thermostaatkraan, thermostatisch		Rookgastemperatuursensor/-controle
	Kappenventiel		3-weg mengklep (omschakelen)		Rookgastemperatuurbegrenzer
	Ventiel, motorisch geregeld		3-weg mengklep (omschakelen, spanningsloos gesloten ten opzichte van II)		Buitentemperatuursensor
	Ventiel, thermisch geregeld		3-weg mengklep (omschakelen, spanningsloos gesloten ten opzichte van A)		...Radiografisch...
	Afsluiter, magnetisch gestuurd		4-weg mengklep		
Diversen					
	Thermometer		Trechter met sifon		Open verdeler met sensor
	Manometer		Systeemscheiding na EN1717		warmtewisselaar
	Vullen/aftappen		Expansievat met kappenventiel		Debietmeetinrichting
	Waterfilter		Magnetietafscheider		Opvangbak
	Warmtehoeveelheidsmeter		Luchtafscheider		Cv-groep
	Tapwateruitgang		Automatische ontlufter		Vloerverwarmingscircuit
	Relais		Compensator		Open verdeler
	Elektrisch verwarmingselement				

Figuur 4 legenda hydraulische symbolen

2.1.3. Bedrijfssituaties koelen en verwarmen

We hebben dus gekozen voor de Nefit Enviline Monoblock 17TS-T. Hieronder gaan we verder in hoe we het pand gaan koelen en verwarmen. In de warmtevraag berekening is bepaald dat er een vermogen van 15 kW nodig is. Het gekozen warmtepompsysteem heeft een vermogen van 17 kW wat voldoende is om het pand te kunnen verwarmen en in combinatie met de zonneboiler te voorzien van warm tapwater. We gaan het gehele pand voorzien van vloerverwarming. Op de website van Klimaatexpert lezen we het volgende: "Showrooms hebben doorgaan veel vloeroppervlakte en dat is nog een reden om voor vloerverwarming te kiezen. De warmte wordt hierdoor gelijkmatiger verdeeld dan met radiatoren. Als alle opties nog open liggen, in het geval van nieuwbouw, dan adviseren wij in 9 van de 10 gevallen vloerverwarming in combinatie met een warmtepomp". (Automotive, sd)

De 17TS-T is de grootste warmtepomp uit de monoblock serie en moet een relatief grote installatie gaan verwarmen. Daarom nemen we ook het advies van Nefit over om naast de Solar-Tower een extra buffervat op te nemen. Een buffervat in de installatie is zinvol om:

- De warmte die nodig is om de verdamper te ontdooien uit dit buffervat te (kunnen) onttrekken.
- Het hydraulisch systeem te scheiden, de buffer werkt dan namelijk als open verdeler.
- Het in de praktijk blijkt dat een vloerverwarmingssysteem dicht kan lopen als het na-geregeld wordt.

Daarnaast heeft de door ons gekozen warmtepomp een koelvermogen van 11,9 kW. Dit is een mooie waarde, maar niet voldoende voor de werkplaats en de wasplaats. Op de website van Klimaatexpert lezen we hierover het volgende: "Koelen kan via vloerverwarming, alleen die koeling is beperkt. Wanneer je sterk koelt, komt er namelijk condensvorming op de vloer. In combinatie met tegels zorgt dat voor levensgevaarlijke gladheid. Eerder benoemd is dat er juist wel een grote vraag is naar koeling. Daarom adviseren wij een aanvullende airconditioning". (Automotive, sd)

Beide bedrijfssituaties werken we hieronder verder uit.

2.2. Ontwerp koelen en verwarmen, inclusief tapwatervoorziening

2.2.1. Koelen

In het PVE wordt gesproken over de eis om het pand te voorzien van topkoeling. Topkoeling houdt in dat de toppen van de temperatuur worden afgevlakt middels koeling. Het heeft een beperkte capaciteit. Zo kan het water dat door de verwarmingsinstallatie loopt slechts afgekoeld worden tot 18°C. Komt dit water op een temperatuur van onder de 18°C dan zou er condensatie kunnen optreden en zou er vocht op de vloer kunnen komen. Mocht er gekoeld worden via de warmtepomp dan is het raadzaam om een luchtvochtigheidssensor te plaatsen in de ruimten.

Dit koelen wordt gedaan door de werking van de warmtepomp om te draaien: de warmtewisselaar zet het warme water uit het systeem om in koel water, en vervolgens wordt er warme lucht door de buitenunit uitgeblazen. Ook het elektrische verbruik van je warmtepomp zal hierbij omhoog gaan. Met behulp van ventilatorconvectoren zou dit water echter zelfs nog tot 7°C kunnen worden afgekoeld, waardoor er veel betere koeling kan plaatsvinden. Echter gaat onze voorkeur uit naar een andere oplossing. (WIST JE DAT EEN WARMTEPOMP OOK KAN KOELEN?, sd)

Op warme (zomer)dagen is het erg eenvoudig om de warmtepomp koud(er) water door het systeem te laten stromen waardoor de meeste ruimtes voldoende gekoeld kunnen worden. Maar omdat de werkplaats een dikkere betonvloer heeft en een inhoud van 1152m³ zal de koeling in deze ruimte te traag op gang komen. Daarom zal de koeling in de werkplaats verzorgd worden door een airco-/luchtbehandeling systeem. Bijkomend voordeel is dat op extra koude dagen deze unit ook ingezet kan worden voor bijverwarming van de werkplaats. Eigenlijk kan een airco natuurlijk gezien worden als een lucht/lucht warmtepomp. Bijkomend voordeel is dat op extra koude dagen deze unit ook ingezet kan worden voor bijverwarming van de werkplaats. Verderop in het verslag is te lezen dat er meer dan genoeg ruimte op het dak is voor zonnepanelen, waardoor wij kiezen voor een aantal extra panelen om de energievraag van het aircosysteem op te vangen, wat zeker op de warme zonnige dagen meer dan genoeg energie zal opwekken om voldoende energie te leveren.

Om te bepalen welk systeem we nodig zijn moeten we rekening houden met een aantal zaken. Het koelvermogen van een airco is te berekenen door de inhoud van de ruimte (de werkplaats) te vermenigvuldigen met 30. Hierbij komen we uit op 30 x 1152 = 34,56 kW. (Verbruik airco, sd)

Om dit vermogen te leveren komen we uit op drie installaties van 12,5 kW per stuk. Hierbij is onze keuze gevallen op de Mitsubishi Plafondonderbouw Hyper Inverter FDE125VH+ FDC125VSX. De leverancier van dit systeem zegt het volgende: *“Met de standaard Hyper inverter warmtepomp kunt u comfortabel en snel de ruimte verwarmen. Uw airconditioner is dus niet langer alleen om te koelen maar is het hele jaar door een echte klimaatregelaar. Altijd de gewenste temperatuur in de ruimte. U stelt éénmalig de temperatuur in, zoals bij uw cv-ketel, en de airconditioner houdt de ruimte perfect op de ingestelde temperatuur.”* (Mitsubishi airco Hyper Inverter FDE125VH+FDC125VSX 12,5kW, sd)

R32			Hyper Inverter			
Set model name			FDE71VNXWVH	FDE100VNXWVH	FDE125VNXWVH	FDE140VNXWVH
Indoor unit			FDE71VH	FDE100VH	FDE125VH	FDE140VH
Outdoor unit			FDC71VNX-W	FDC100VNX-W	FDC125VNX-W	FDC140VNX-W
Power source			1 Phase 220-240V 50Hz / 220V, 60Hz			
Nominal cooling capacity (Min-Max)			kW 7.1 (3.2 ~ 8.0)	10.0 (3.5 ~ 11.2)	12.5 (3.5 ~ 14.0)	14.0 (3.5 ~ 16.0)
Nominal heating capacity (Min-Max)			kW 8.0 (3.6 ~ 9.0)	11.2 (2.7 ~ 12.5)	14.0 (2.7 ~ 17.0)	16.0 (2.7 ~ 18.0)
Power consumption			Cooling/Heating kW 1.87 / 1.87	2.33 / 2.52	3.34 / 3.74	4.08 / 4.41
EER/COP			Cooling/Heating 3.80 / 4.28	4.29 / 4.45	3.75 / 3.74	3.43 / 3.63
Inrush current			5	5	5	5
Max. current			19.1	25	27	27
Sound power level**	Indoor	Cooling/Heating	60 / 60	64 / 64	64 / 64	65 / 65
	Outdoor	Cooling/Heating	66 / 66	67 / 67	68 / 70	69 / 71
Sound pressure level**	Indoor	Cooling (P-Hi/Hi/Me/Ls)	47 / 41 / 37 / 32	48 / 43 / 38 / 34	48 / 45 / 40 / 35	49 / 45 / 40 / 36
		Heating (P-Hi/Hi/Me/Ls)	47 / 41 / 37 / 32	48 / 43 / 38 / 34	48 / 45 / 40 / 35	49 / 45 / 40 / 36
	Outdoor	Cooling/Heating	51 / 51	53 / 51	53 / 54	54 / 54
		Cooling (P-Hi/Hi/Me/Ls)	20 / 16 / 13 / 10	32 / 26 / 21 / 16.5	32 / 29 / 23 / 17	34 / 29 / 23 / 18
Air flow	Indoor	Heating (P-Hi/Hi/Me/Ls)	20 / 16 / 13 / 10	32 / 26 / 21 / 16.5	32 / 29 / 23 / 17	34 / 29 / 23 / 18
	Outdoor	Cooling/Heating	60 / 50	100 / 100	100 / 100	100 / 100
Exterior dimensions	Indoor	HeightxWidthxDepth	210 x 1,320 x 690		250 x 1,620 x 690	
	Outdoor		750 x 880(+88) x 340		1,300 x 970 x 370	
Net weight	Indoor		33		43	
	Outdoor		60		97	
Ref piping size			Liquid/Gas ømm 9.52(3/8") / 15.88(5/8")			
Refrigerant line (one way) length			m Max 50		Max 100	
Vertical height differences			Outdoor is higher/lower m Max 30 / Max 15		Max 50 / Max 15	
Outdoor operating temperature range	Cooling		-15~50**			
	Heating		-20~20			
Air filter, Q ty			Pocket Plastic net x2(Washable)			
Remote control (option)			wired RC-EX3A, RC-E5, RCH-E3 wireless RCN-E-E3			

Figuur 5 Specificaties Mitsubishi airco

In de specificaties is vervolgens te zien dat elke unit voor het koelen een gemiddeld vermogen van 12,5 kW vraagt en voor het verwarmen een vermogen van 14,0 kW. Voor de drie airco's is dit dus opgeteld 37,5 kW om te koelen en 42 kW om te verwarmen.

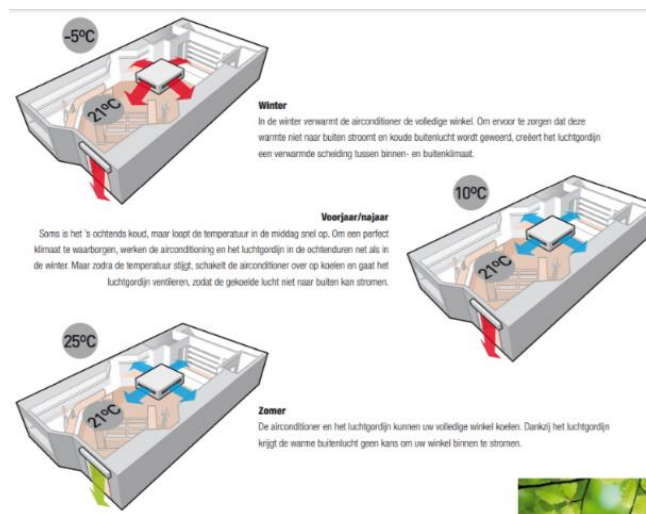
Een airco koelt gemiddeld 40 dagen per jaar in Nederland. Op deze 40 dagen staat de airco 8 uur aan. Hiermee kunnen we globaal inschatten hoeveel KWh dit systeem zou gebruiken om te koelen. Het verwarmen is minder relevant omdat we deze alleen zullen gebruiken als het echt heel koud is en de ruimte snel moet worden opgewarmd. Om het aantal KWh te berekenen, vermenigvuldigt u het verbruik in kW met de tijd dat u het apparaat gebruikt.

Dit kunt u doen op de volgende manier:
aantal uren in gebruik x (vermogen van het
apparaat/ 1.000) = KWh. (kWh berekenen:
mijn energieverbruik berekenen in kWh, sd)

Het aantal uren is $40 \times 8 = 320$.

$320 \times 37,5 = 12.000 \text{ kWh}$

Om deze energievraag op te vangen zullen we
verderop in het verslag laten zien hoeveel
zonnepanelen we hiervoor nodig zijn.



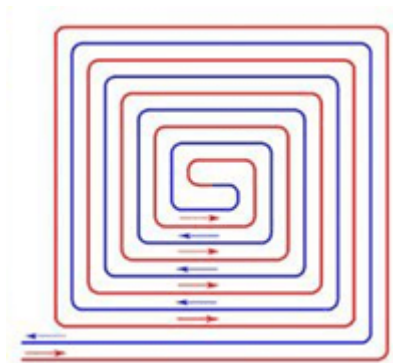
Figuur 6 Koelvermogen airco

2.2.2. Verwarmen

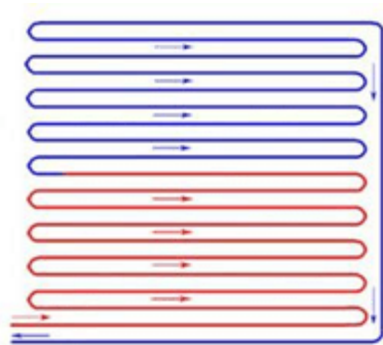
De binnen-unit van de warmtepomp zorgt voor afgifte van deze warmte aan de vloerverwarming, eventueel ventilatorconvectoren en de ingebouwde warmtapwaterboiler. Door de warmtepomp te combineren met duurzame zonne-energie via een PV-systeem en zonnecollectoren met een extra boiler is een energieneutraal en zelfvoorzienend systeem mogelijk. Op die manier zorgt de Nefit EnviLine systeem ervoor dat de wettelijke EPC-norm (Energie Prestatie Coëfficiënt) gehaald kan worden. We willen nog gebruik maken van zonnecollectoren; de Solarline 2-120. De zonnecollectoren worden gekoppeld aan de Solarline Tower. Dit systeem werkt dusdanig, dat de warmtepomp minder energie moet leveren om ook het tapwater te verwarmen. In de Tower zelf zit een tapwatervat van 185 liter. Dit moet voor de doeleinden van het kantoor voldoende zijn.

Voor het wassen van de auto's willen wij daarnaast vol-elektrische hogedrukreinigers van Kärcher (bijlage 9) aanbevelen die op de geleverde energie van de PV-panelen kan draaien. Deze hogedrukreinigers van Kärcher zijn zeer geschikt voor binnen gebruik omdat ze geen gassen uitstoten. Deze hogedrukreinigers bereiken een temperatuur van 60°C (bij de zuinige stand) tot wel 85°C . Er kan 300 tot 760 liter warm water per uur worden opgewekt, waardoor een extra buffervat dus niet veel zin zal hebben. (Speciaalklasse, sd). Mochten de auto's wel gewassen worden met warm water die verwarmd moeten worden door de warmtepomp, dan adviseren wij een extra boilervat die vervolgens rechtstreeks op een extra set zonnecollectoren kunnen worden aangesloten. Dit is te zien in Bijlage 1, waar er nog een apart buffervat is aangesloten op de zonnecollectoren. De zonneboiler kan uitstekend geplaatst worden op een plat dak, omdat door de vrije richtingskeuze het meest optimale rendement uit de collector te halen is. Omdat de meest optimale richting en de hellingshoek van 36° te bepalen is, haal je het hoogste rendement. (Op welke daken geschikt?, sd). Voor een standaard collector geldt dat er ongeveer $2,5 \text{ m}^2$ dakoppervlak aangehouden moet worden. Onze collectoren zijn per stuk 2.17m bij 1.18m , resulteert in 2.56m^2 . Dit is te lezen in de specificaties van de zonneboiler Solarline 2-120 (Solarline 2-120, sd).

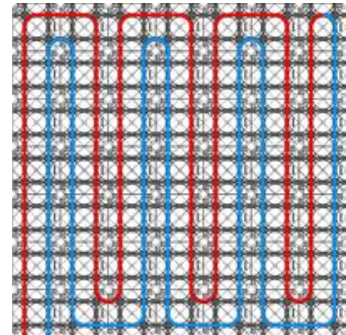
We gaan het pand verwarmen met vloerverwarming. Bij het leggen van vloerverwarming is te kiezen tussen drie verschillende patronen (figuur 7a, 7b en 7c).



Figuur 7a Slakkenhuispatroon



Figuur 7b Meanderpatroon



Figuur 7c Dubbel meanderpatroon

De voor en nadelen van een slakkenhuispatroon zijn:

- Gelijke temperatuurverdeling over de vloer
- Minder weerstand in de leidingen door bochten van 90 graden
- Door de verdeling ook minder kans op scheuren in de vloer.

De nadelen van het slakkenhuispatroon zijn:

- Minder makkelijk wijzigingen mogelijk na het maken van het legplan
- Inmeten komt erg precies.

De voor en nadelen van een meander of dubbel meander patroon:

- Plekken met hoge warmteafgifte (bijv. bij ramen) kunnen hierdoor meer verwarmd worden.
- Makkelijker in te meten

Nadelen meanderpatroon of dubbel meanderpatroon:

- Slechtere verdeling van de warmte
- Veel weerstand door de 180 graden bochten.

De werkplaats (en wasplaats) zijn grote oppervlakten die vragen om meerdere (lange) strengen buis, maar waar het ook belangrijk is om een mooie gelijkmatige warmteverdeling te hebben. Daarom hebben wij gekozen om slakkenhuispatronen neer te leggen in ons gebouw.

In tabel 1 hebben we al berekend wat de energiebehoefte per m² van elke ruimte in het garagebedrijf is. Met behulp van tabel 2 warmteafgifte voor vloerverwarming (Bijlage 2) kunnen we berekenen wat de hartafstand van de vloerverwarmingsbuizen moet zijn.

We gaan uit van de lage gemiddelde watertemperatuur van 35 °. Op basis van de warmteafgifte en de gewenste ruimtetemperatuur kunnen we zien hoeveel Watt er afgegeven wordt bij de verschillende hart-op-hart (h-o-h) afstanden. Vervolgens zien we onderaan in de tabel hoeveel meter buis per m² nodig is om de warmteafgifte te bereiken. Voor de afwerking van de vloer kan er waar nodig nog een correctie(factor) toegepast worden om de warmteafgifte bij te stellen.

In Tabel 3 zijn de bepaalde gegevens verwerkt. Vanuit deze gegevens kunnen we het aantal circuits per ruimte bepalen voor de verdelers.

Naam ruimte	Oppervlakte (m ²)	Gewenst verwarming vermogen per ruimte	Gewenste ruimte temperatuur (isso 51)in C°	Vloerverwarmingsleiding		
				h-o-h afstand (cm)	Lengte (mtr)	Aantal groepen
Wasruimte garage	128,0 m ²	3200,0 W	10	30	422	5
Werkplaats	192,0 m ²	7680,0 W	10	30	634	7
Portaal	12,0 m ²	480,0 W	15	30	40 +8	1
Berging	5,40 m ²	216,0 W	10	30	5	0
Compressorruimte	4,05 m ²	180,0 W	10	30	13 +12	1
Wasruimte personeel	10,5 m ²	420,4 W	15	30	39 +2	1
WC+ douche	4,16 m ²	275,0 W	24	10	25 + 5	1
Kantine	14,0 m ²	48,4 W	18	20	70+ 2	1
Hal +Toiletten	9,80 m ²	560,0 W	15	30	33 + 8	1
Kantoor	19,75 m ²	288,0 W	20	15	133 + 20	2

Tabel 2 Vloerverwarming h-o-h afstand, lengte en groepen

Opmerking: In bovenstaande tabel 2 staan onder de kolom vloerverwarming-lengte bij een aantal ruimte een waarde opgeteld. Dit heeft te maken met de afstand van de ruimte tot aan de verdeler in de berging. Achter de kolom berging staat bij lengte en aantal groepen de waarde nul. De reden daarvan is dat alle toevoerleidingen naar alle ruimten al door deze vloer lopen en er dus geen extra leidingen nodig zijn.

Gekoppeld aan de vloerverwarmingsleidingen hebben we drie verschillende verdelers (figuur 8) nodig en die moeten ook zijn voorzien van voedingsleidingen. Het vermogen per verdeler kunnen we bepalen door het gewenste verwarmingsvermogen dat is aangesloten op de verdeler bij elkaar op te tellen.

Verdeler 1: Vermogen 4,2 kW, 8-voudig geplaatst in de kantine. Totaal 415 meter buis.

Verdeler 2: Vermogen 7,7 kW, 7-voudig uitgevoerd en geplaatst in de werkplaats. Totaal 634 meter.

Verdeler 3: Vermogen 3,2 kW, 5-voudig uitgevoerd en geplaatst in de wasplaats. Totaal 422 meter.



Figuur 8 Vloerverwarming verdeler met debietmeters

3. Koel- en verwarmingsinstallatie deel 2

3.1. Berekeningen voor leidingen en verdelers

Nu we het vermogen per verdeler weten kunnen we gaan uitrekenen welke toevoerleidingen nodig zijn om het thermisch vermogen (P) over te brengen.

Volgens de gids duurzame gebouwen (Voorziening | De leidingen dimensioneren om drukverliezen te beperken, sd) kunnen we dit op verschillende manieren doen.

1. Het hydraulisch debiet (Q) bepalen aan de hand van de volgende formule:

$$Q = \frac{P}{1,16 \cdot \Delta T}$$

Uitgangspunt van onze verwarmingsinstallatie is een aanvoertemperatuur van 35 °C en een retourtemperatuur van 30°C. Bij een ΔT van 5 bepalen we het debiet dat nodig is per verdeler.

$$\text{Verdeler 1: } Q = \frac{P}{1,16 \cdot \Delta T} = \frac{4200}{1,16 \cdot 5} = 724 \text{ L/h}$$

$$\text{Verdeler 2: } Q = \frac{P}{1,16 \cdot \Delta T} = \frac{7700}{1,16 \cdot 5} = 1327 \text{ L/h}$$

$$\text{Verdeler 3: } Q = \frac{P}{1,16 \cdot \Delta T} = \frac{3200}{1,16 \cdot 5} = 552 \text{ L/h}$$

$$Q_{\text{totaal}} = 724 + 1327 + 552 = 2600 \text{ L/h} = 2,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. Om de berekende 15032 W (Tabel 1) te kunnen transporteren moeten we berekenen welke volumestroom de pomp in het systeem moet kunnen leveren. We berekenen het debiet van deze pomp met de formule:

$$Q = M \cdot c \cdot \rho \cdot \Delta T$$

Q = Warmte in watt/joule per seconde (W) of (J/s)

M = Volumestroom in liter per seconde (l/s) of (dm³/s)

C = Soortelijke warmte in J per kilogram Kelvin (J.kg.K)
(water = 4186 joule per kilogram per kelvin)

ρ = Soortelijke massa in kilogram per kubieke meter (kg/m³)

ΔT = Het temperatuurverschil in Kelvin (K)

Het invullen van deze formule levert de volgende berekening op:

$$15020 = M \times 4186 \times 998 \times 5$$

$$M = 15032 / (4186 \times 998 \times 5) = 0,00071964 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,00071964 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 = 2,59 \text{ m}^3/\text{h}$$

Zowel bij berekening 1 als bij 2 komen we op dezelfde hoeveelheid n.l. 2,6 m³/h. Dit is de totale hoeveelheid vloeistof die de pomp moet kunnen verplaatsen.

3. We kunnen ook praktische manier hanteren.

1) We weten de benodigde vermogens die nodig zijn voor de verdelers. Via de leidingweerstandtabellen (Uponor) zoeken we op de volgende manier de juiste leidingdiameter op. Kijk eerst naar het gewenste vermogen, vervolgens naar een flow van max. 0,75 m/s en je ziet het bijbehorende drukverlies in de kolom met bijbehorende leidingdiameter. Hieronder in tabel 3 zijn de gevonden waarden aangegeven voor de benodigde leidingen.

$d_s \times s$ d_i V/l Q W		20 x 2,25 mm 15,5 mm 0,19 l/m		25 x 2,5 mm 20 mm 0,31 l/m		32 x 3 mm 26 mm 0,53 l/m	
	m kg/h	v m/s	R Pa/m	v m/s	R Pa/m	v m/s	R Pa/m
400	69	0,10	15	0,06	5	0,04	1
600	103	0,15	30	0,09	9	0,05	3
800	138	0,21	49	0,12	15	0,07	4
1000	172	0,26	72	0,15	22	0,09	6
1200	207	0,31	98	0,18	29	0,11	9
1400	241	0,36	128	0,22	38	0,13	11
1600	276	0,41	162	0,25	48	0,15	14
1800	310	0,46	199	0,28	59	0,16	17
2000	344	0,51	239	0,31	71	0,18	21
2200	379	0,56	282	0,34	84	0,20	24
2400	413	0,62	329	0,37	98	0,22	28
2600	448	0,67	378	0,40	113	0,24	32
2800	482	0,72	431	0,43	128	0,26	37
3000	517	0,77	486	0,46	145	0,27	42
3200	551	0,82	545	0,49	162	0,29	47
3400	586	0,87	606	0,52	180	0,31	52
3600	620	0,92	670	0,55	199	0,33	57
3800	655	0,97	737	0,59	219	0,35	63
4000	689	1,03	807	0,62	240	0,36	69
4200	723			0,65	261	0,38	75
4400	758			0,68	282	0,40	81
4600	792			0,71	306	0,42	88
4800	827			0,74	330	0,44	95
5000	861			0,77	355	0,46	102
5200	896			0,80	380	0,47	109
5400	930			0,83	407	0,49	116
5600	965			0,86	434	0,51	124
5800	999			0,89	461	0,53	132
6000	1033			0,92	490	0,55	140
6500	1120			1,00	564	0,59	161
7000	1206			1,08	643	0,64	184
7500	1292			1,16	727	0,68	208
8000	1378			1,23	815	0,73	233
8500	1464			1,31	908	0,77	259
9000	1550			1,39	1005	0,82	287
9500	1636			1,46	1107	0,87	316
10000	1722			1,54	1213	0,91	346
10500	1809					0,96	377

Tabel 3 Leidingweerstand verwarmen en koelen Uponor

Verdeler 1: Vermogen 4,2 Kw, toevoerleiding 25 x 2,5 mm ($d_i = 20\text{mm}$)($V/l = 0,31 \text{ L/m}$)($R = 261 \text{ Pa/m}$).

Verdeler 2: Vermogen 7,7 Kw, toevoerleiding 32 x 3 mm ($d_i = 26\text{mm}$)($V/l = 0,53 \text{ L/m}$)($R = 220 \text{ Pa/m}$).

Verdeler 3: Vermogen 3,2 Kw, toevoerleiding 25 x 2,5 mm ($d_i = 20\text{mm}$)($V/l = 0,31 \text{ L/m}$)($R = 162 \text{ Pa/m}$).

- 2) Op basis van het aantal liters per verdeler uit berekening 1 kunnen we aan de hand van tabellen van Henco gaan bepalen wat de leidingdiameter moet zijn voor de aanvoer naar de verdelers. Dit is terug te vinden in onderstaande tabel 4.

We zien dat de uitkomst van de gevonden leidingdiameters, in de tabel van Henco op basis van liters/uur, dezelfde uitkomst (26 mm en 32 mm) geeft als bij het vermogen in tabel 3 van Uponor.

Vermogen (kW/h)	Debiet (l/h)	Doormeter 14		Doormeter 16		Doormeter 18		Doormeter 20		Doormeter 26		Doormeter 32		Doormeter 40	
		Snelheid (m/s)	Drukverlies (mbar/m)	Snelheid (m/s)	Drukverlies (mbar/m)	Snelheid (m/s)	Drukverlies (mbar/m)	Snelheid (m/s)	Drukverlies (mbar/m)	Snelheid (m/s)	Drukverlies (mbar/m)	Snelheid (m/s)	Drukverlies (mbar/m)	Snelheid (m/s)	Drukverlies (mbar/m)
1	43	0,15	0,46	0,11	0,17	0,08	0,07	0,06	0,03	0,04	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00
2	86	0,30	1,50	0,21	0,63	0,16	0,31	0,12	0,16	0,08	0,06	0,05	0,01	0,03	0,00
3	129	0,46	3,02	0,32	1,28	0,23	0,62	0,18	0,33	0,11	0,11	0,07	0,03	0,04	0,01
4	172	0,61	4,99	0,42	2,10	0,31	1,01	0,24	0,54	0,15	0,19	0,09	0,05	0,06	0,02
5	215	0,76	7,37	0,53	3,10	0,39	1,49	0,30	0,79	0,19	0,28	0,11	0,08	0,07	0,03
6	258	0,91	10,15	0,63	4,26	0,47	2,05	0,36	1,09	0,23	0,38	0,14	0,11	0,08	0,04
7	301	1,07	13,31	0,74	5,59	0,54	2,68	0,42	1,42	0,27	0,49	0,16	0,14	0,10	0,05
8	344	1,22	16,85	0,85	7,07	0,62	3,39	0,48	1,80	0,30	0,62	0,18	0,18	0,11	0,06
9	387	1,37	20,75	0,95	8,70	0,70	4,17	0,54	2,21	0,34	0,77	0,20	0,22	0,13	0,07
10	430	1,52	25,01	1,06	10,48	0,78	5,02	0,59	2,66	0,38	0,92	0,23	0,27	0,14	0,09
11	473	1,67	29,62	1,16	12,40	0,85	5,94	0,65	3,15	0,42	1,09	0,25	0,31	0,15	0,10
12	516	1,83	34,58	1,27	14,46	0,93	6,93	0,71	3,62	0,46	1,27	0,27	0,36	0,17	0,12
13	559	1,98	39,88	1,37	16,67	1,01	7,98	0,77	4,22	0,49	1,46	0,29	0,42	0,18	0,14
14	602	2,13	45,51	1,48	19,02	1,09	9,10	0,83	4,81	0,53	1,66	0,32	0,48	0,20	0,15
15	645	2,28	51,47	1,59	21,50	1,16	10,29	0,89	5,44	0,57	1,88	0,34	0,54	0,21	0,17
16	688	2,44	57,66	1,69	24,11	1,24	11,54	0,95	6,10	0,61	2,10	0,36	0,60	0,22	0,19
17	731	2,59	64,38	1,80	26,87	1,32	12,85	1,01	6,79	0,65	2,34	0,38	0,67	0,24	0,22
18	774	2,74	71,31	1,90	29,75	1,40	14,22	1,07	7,51	0,68	2,59	0,41	0,74	0,25	0,24
19	817	2,89	78,57	2,01	32,76	1,48	15,66	1,13	8,27	0,72	2,85	0,43	0,82	0,27	0,26
20	860	3,04	86,14	2,11	35,91	1,55	17,16	1,19	9,06	0,76	3,12	0,45	0,89	0,28	0,29
21	903	3,20	94,02	2,22	39,18	1,63	18,72	1,25	9,88	0,80	3,40	0,47	0,97	0,29	0,31
22	946	3,35	102,22	2,33	42,58	1,71	20,34	1,31	10,73	0,84	3,70	0,50	1,06	0,31	0,34
23	989	3,50	110,72	2,43	46,11	1,79	22,02	1,37	11,62	0,88	4,00	0,52	1,14	0,32	0,37
24	1032	3,65	119,53	2,54	49,76	1,86	23,76	1,43	12,53	0,91	4,31	0,54	1,23	0,34	0,40
25	1075	3,81	128,65	2,64	53,54	1,94	25,55	1,49	13,48	0,95	4,64	0,56	1,33	0,35	0,43
26	1118	3,96	138,07	2,75	57,44	2,02	27,41	1,55	14,45	0,99	4,97	0,59	1,42	0,36	0,46
27	1161	4,11	147,79	2,85	61,47	2,10	29,33	1,61	15,46	1,03	5,32	0,61	1,52	0,38	0,49
28	1204	4,26	157,81	2,96	65,62	2,17	31,30	1,66	16,50	1,07	5,67	0,63	1,62	0,39	0,52
29	1247	4,41	168,13	3,07	69,89	2,25	33,33	1,72	17,57	1,10	6,04	0,65	1,72	0,41	0,55
30	1290	4,57	178,75	3,17	74,29	2,33	35,42	1,78	18,67	1,14	6,41	0,68	1,83	0,42	0,59
31	1333	4,72	189,66	3,28	78,80	2,41	37,56	1,84	19,79	1,18	6,80	0,70	1,94	0,43	0,62

Tabel 4 leidingweerstand Henco

Natuurlijk zijn er tegenwoordig ook mooie digitale manieren om dit te berekenen. (Leidingdiameter, sd) Hieronder in figuur 9 zien we op basis van de ingevulde gegevens ook dezelfde diameter voor de benodigde leidingen.

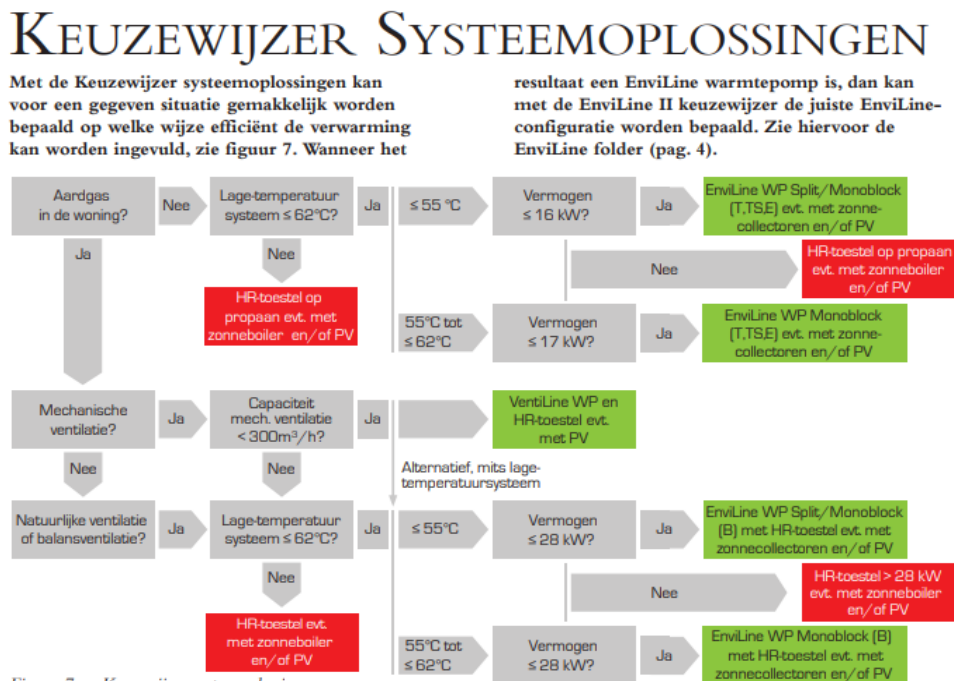
diameter bepaling verwarmingsleiding		diameter bepaling verwarmingsleiding		diameter bepaling verwarmingsleiding	
ontwerp vermogen	4,2 kW	ontwerp vermogen	7,7 kW	ontwerp vermogen	3,2 kW
ontwerp ΔT	5 °K	ontwerp ΔT	5 °K	ontwerp ΔT	5 °K
maximale snelheid	0,7 m/s	maximale snelheid	0,7 m/s	maximale snelheid	0,7 m/s
transport medium	water	transport medium	water	transport medium	water
massa debiet	720 kg/h	massa debiet	1320 kg/h	massa debiet	549 kg/h
volume debiet	12,00 l/min	volume debiet	22,00 l/min	volume debiet	9,14 l/min
buis materiaal	meerlagen bu	buis materiaal	meerlagen bu	buis materiaal	meerlagen bu
minimale inwendige diameter	19 mm	minimale inwendige diameter	26 mm	minimale inwendige diameter	17 mm
handelsmaat	26x3	handelsmaat	32x3	handelsmaat	26x3

Figuur 9 Bepalen leidingdiameter meerlagenbuis

3.2. Belangrijke componenten uit de installatie

3.2.1. Selectie van de warmtepomp

Als we onderstaande keuzewijzer van Nefit volgen, dan komen we uiteindelijk uit op de EnviLine WP Split/Monoblock (evt. met zonnecollectoren en/of PV). Omdat het aan de BENG (Bijna Energie Neutraal Gebouw) norm moet voldoen willen we dus de zonnepanelen ook gaan gebruiken om het deel elektriciteit wat nog voor de warmtepomp en het systeem nodig is op te wekken. Om dan te kiezen tussen een split of monoblock zegt Nefit zelf het volgende: “De monoblock heeft namelijk een groter verdampersoppervlak beschikbaar voor de warmteoverdracht van de energie van de buitenlucht. Daardoor haalt de monoblock een hoger rendement (COP)”



Figuur 9 Keuzewijzer Warmtepomp Nefit

We komen dan dus uit bij de Nefit EnviLine Monoblock 17 TS, welke 17KW vermogen kan leveren, wat ongeveer 2KW meer is dan wij voor de verwarming van het gebouw nodig vinden. Deze 2 KW kan o.a. gebruikt worden om het tapwater te verwarmen. In Bijlage 4 zijn de specificaties van de door ons gekozen warmtepomp te vinden.

3.2.2. Selectie van het buffervat met berekeningen

Onder het hoofdstuk verwarmen gaven we al aan het advies van Nefit te volgen om een buffervat op te nemen in onze installatie. De belangrijkste reden om dit te doen is dat een compressor niet goed bestand is tegen het steeds maar in en uit schakelen (pendelen). Dit ‘pendelen’ verkort de levensduur van je warmtepompsysteem. Een buffervat verlengt dus de levensduur en het rendement.

Als tweede geldt dat een goede en comfortabele installatie (deels) is na-geregeld om elk vertrek van de gewenste warmte te kunnen voorzien. Dat maakt een buffervat noodzakelijk omdat de warmte moet kunnen bufferen zodat hij niet te snel de limiet bereikt of in storing valt.

In de ISSO 72 wordt aangegeven dat een warmtepomp minimaal 10 minuten moet kunnen draaien bij de ontworpen delta T situatie. Dit is dus het uitgangspunt voor de minimaal systeeminhoud van de buffer om bij een geheel na-geregelde installatie goed te kunnen functioneren.

Voor de berekening gebruiken we de formule: $Q_v \text{ in m}^3/\text{sec} = \text{vermogen} : \rho \times c \times \Delta T$

Q_v = flow in m^3/sec ;

vermogen in Watt;

ρ = soortelijke massa, deze is voor water $998 \text{ kg}/\text{m}^3$;

c (Soortelijke warmte = $4190 \text{ J}/\text{kg.K}$;

Delta T is temperatuur verschil in Kelvin.


Onze installatie heeft een ontwerp temperatuur met een ΔT van 5°C :

$Q_v = 17.000 \text{ Watt} : (998 \times 4190 \times 5) \times (3600 \text{ seconden}) = 2,9270 \text{ m}^3 \text{ per uur} = 2927 \text{ liter per uur}$

We hebben een nalooptijd van 10 minuten, dus 10 minuten (= 1/6 van een uur) geeft $2927 \text{ liter} : 6 = 487,8 \text{ liter}$ voor een vermogen van 17 kW.

Dit geeft een kengetal van afgerond 28,69 liter per kW afgegeven vermogen.

Wij hebben echter te maken met een modulerende warmtepomp, dat betekent dat je omdat hij zich aanpast op de warmtevraag, je mag uitgaan van het minimale vermogen. In ons geval is dat 4kW. Hieruit volgt $4\text{kW} \times 28,6 \text{ liter} = 114,4 \text{ liter}$. We nemen dan het eerst volgend vat dat beschikbaar is, dit is de Bosch BH 120-5 1B. Dit komt overeen met de info via de warmtepompselectietool op de website van Nefit/Bosch als we ons complete systeem samenstellen.



Artikelnummer	Omschrijving
7736701167	Nefit EnvLine A/W Monoblock 17 TS-T
8736201411	2-wegklep rotierend 20mm knie 230V
7736500777	Bosch buffervat 120L (BH 120-5 1 B)
7736700444	2-wegklep rotierend 20mm knie 230V
7736701106	SolarLine pakket Nefit EnvLine A/W TS

Figuur 10 Nefit Monoblock onderdelen Tower Solar

3.1.3. Selectie van de circulatiepomp met berekeningen

Nu we beschikken over de gegevens van de weerstand in de drie verschillende leidingen die naar de verdelers gaan kunnen we de berekenen welke pomp er nodig is voor het systeem.

Als eerste moeten we weten hoeveel buis er nodig is om van de buffer naar de verdelers te gaan, dit hebben we berekent op basis van de plattegrond en vermeld in tabel 4.

Op de site van Kaeser (drukval calculator, sd) is af te lezen hoeveel weerstand per appendage gelijk is aan een aantal meter leiding.

Onderdeel	Aantal	Weerstand leiding /m of onderdeel	Totale weerstand in kPa
Buis 40 mm	2m	207 Pa/m	0,414
Buis 25 mm (verdeler 1)	20m	204,45 Pa/m	4,809
Buis 32 mm (verdeler 2)	32m	240,47 Pa/m	7,695
Buis 25 mm (verdeler 3)	64m	118,81 Pa/m	7,604
T-stuk 32-25-25	1	1.5 * 261 = 391.5Pa	0,3915
90 graden bocht 25 mm	20	0.4 * 261 = 104.4Pa	2,088
90 graden bocht 32 mm	10	0.4 * 220 = 88Pa	0,880
Inregelafsluiter DN25(KVS 8,89)	2	889 Pa	1,778
Inregelafsluiter DN32(KVS 19,45)	1	1945 Pa	1,945
Wisselklep/shunt	1	1000	1,0
Ontluchter	1	1672	1,672
Totaal			30,28kPa

Tabel 4 weerstand van leidingen en appendages

Om uit te rekenen welke pomp we moeten selecteren hebben we de volgende gegevens nodig.

1. Debiet (Q in m³/s afhankelijk van benodigd vermogen)
2. Opvoerhoogte (om de weerstand te overbruggen)
3. Soort vloeistof (soortelijke warmte)
4. Temperatuur vd vloeistof
5. Minimale systeemdruk

Verdeler 1: Vermogen 4,2 Kw, 724 L/h, toevoerleiding di = 20mm (V/l= 0,31 L/m)(R =261 Pa/m).

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 = 0,785398163 * 0,020^2 m = 0,000314159 m^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0002011 m^3/s}{0,000314159 m^2} = 0,6401 m/s$$

Het dynamische drukverlies is dan:

$$\Delta P = \frac{1}{2} * \rho * v^2 = \frac{1}{2} * 998 * 0,6401^2 = 204,45 Pa/m$$

Verdeler 2: Vermogen 7,7 Kw, 1327 L/h, toevoerleiding di = 26mm (V/l = 0,53 L/m)(R = 220 Pa/m).

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 = 0,785398163 * 0,026^2 m = 0,0005309 m^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0003686 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0005309 \text{ m}^2} = 0,6942 \text{ m/s}$$

Het dynamische drukverlies is dan:

$$\Delta P = \frac{1}{2} * \rho * v^2 = \frac{1}{2} * 998 * 0,6942^2 = 240,47 \text{ Pa/m}$$

Verdeler 3: Vermogen 3,2 Kw, 552 L/h, toevoerleiding di = 20mm (V/l = 0,31 L/m)(R =162 Pa/m).

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 = 0,785398163 * 0,020^2 \text{ m} = 0,000314159 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0001533 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000314159 \text{ m}^2} = 0,48796 \text{ m/s}$$

Het dynamische drukverlies is dan:

$$\Delta P = \frac{1}{2} * \rho * v^2 = \frac{1}{2} * 998 * 0,48796^2 = 118,81 \text{ Pa/m}$$

De gegevens uit de berekeningen hebben we verwerkt in tabel 4. Hieruit kunnen we dus bepalen dat de opvoerhoogte van het systeem 3,028 meter bedraagt, waar onze pomp uiteindelijk op uitgezocht kan worden.

Als we gaan zoeken naar een cv-pomp, en kijken naar de prijzen hiervan, komen we op een mooie pomp van Alpha1, (Circulatiepomp ALPHA1 25-80 180 1x230V 50Hz 6H GRUNDFOS, sd) welke 428 euro kost en een opvoerhoogte van 8 meter heeft. Dit zal dus meer dan genoeg zijn om de leidingen en appendages van onze installatie te overbruggen.

CIRCULATIEPOMPEN

ALPHA1 25-80 180

Artikelnummer 99199577

Geschikt voor

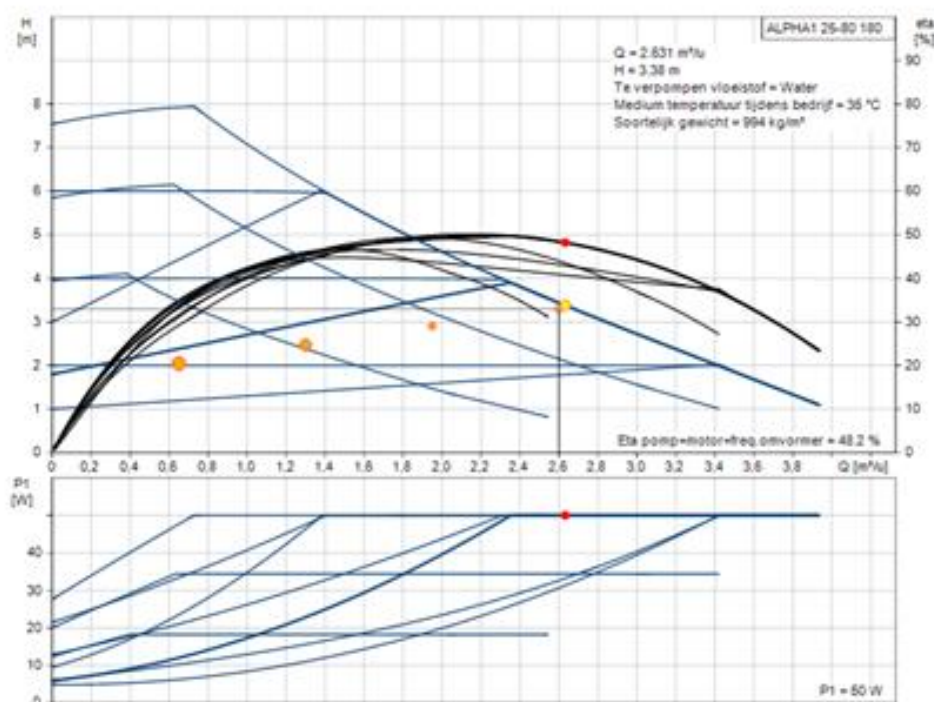
- Verwarming in commerciële gebouwen
- Commercial hot water recirculation
- Recirculatie warm water
- Verwarming in woonhuizen
- Verwarming binnen de industrie

Grundfos ALPHA1-pompen zijn zeer efficiënte circulatiepompen ontworpen voor verwarmingsystemen. De ideale keuze wanneer basis functionaliteiten volstaan!



Figuur 11 Alpha1 25-80 180

PRESTATIE



Figuur 12 Prestatietabel Alpha1 25-80 180

3.3. De werking van een systeemonderdeel voor een vmbo les.

In bijlage 7 is een (eenvoudige) diapresentatie te vinden over de werking van een lucht/water warmtepomp.

In bijlage 8 is een diapresentatie te vinden over de driewegklep.

De berekeningen van de circulatiepomp zijn terug te vinden bij hoofdstuk 3.2.

4. Koel- en verwarmingsinstallatie deel 3

In bijlage 5 is de tekening van de werkplaats en de wasplaats met daarin de verdeling van de vloerverwarming te vinden. Het vermogen per groep is omschreven op pagina 14 en 15.

In Bijlage 6 is de tekening met vloerverwarming van de overige ruimtes terug en de verdeling van de aangesloten groepen te vinden.

5. Elektrische installatie

Bij het omschrijven van de warmtepompinstallatie Nefit Enviline 17TS-T is al aangegeven dat hij een vermogen levert van 17kW. Hierbij heeft hij een COP van 4,8 wat betekent dat voor elke 4,8kW verwarmingsvermogen de warmtepomp 1kW elektriciteit gebruikt. Hierdoor komen we dus voor het elektrisch vermogen uit op het volgende:

$$\text{Elektrisch vermogen} = 17/4,8 = 3,54 \text{ kW}$$

Daarnaast vraagt de elektrische bijverwarming nog een maximaal vermogen van 9kW. Daarbij komt het berekende vermogen van de airco, die bij koelen 37,5kW en bij verwarmen 42,0kW

In totaal komen we om een elektrisch vermogen van 40,04kW bij koelen en 44,54kW bij verwarmen.

Dit elektrisch vermogen willen we zoveel mogelijk gaan opwekken door zonnepanelen te gebruiken. We gaven al eerder aan de door onze gekozen warmtepomp over aansluitmogelijkheden beschikt voor uitbreidingen via 'Smart Grid'. Deze aansluiting maakt het mogelijk om via extern aangeboden stuursignalen de warmtepomp aan te sturen. Daarom gaan we de omvormer van het PV-systeem koppelen aan de EnviLine II. In de regeling van de warmtepomp kan vervolgens worden ingesteld wat de warmtepomp moet doen als er signalen van de PV-panelen (of zonnecollector) binnen komt. Op die manier wordt de opgewekte elektriciteit (en/of zonnewarmte) altijd optimaal benut om de boiler te verwarmen, het cv-buffervat op te laden, het gebouw te koelen of een volgorde aan te brengen van deze drie functies.

In Bijlage 3 is het schema van de warmtepomp weergegeven, hierin kunnen we het energieverbruik van de warmtepomp bij verschillende temperatuur omstandigheden aflezen. Bij de gemiddelde omstandigheden staat een jaarlijks energieverbruik van 5716 Kwh. Aan de hand van deze waarde gaan we bepalen met welke zonnepanelen we hiervoor nodig hebben en hoeveel.

We hebben gezocht naar zonnepanelen die een mooi hoog Wp (Wattpiek) per stuk leveren. Maar we moeten ook nog wel rekening houden met een maximaal haalbaar vermogen van zonnepanelen gericht op het zuiden. Op de website van Vattenfall (Jaaropbrengst zonnepanelen: dit kan je verwachten, sd) lezen we: "De gemiddelde opbrengst van zonnepanelen per jaar verschilt per paneel en is afhankelijk van kwaliteit en vermogen (in Wattpiek). Wel kunnen we kijken naar de verwachte jaaropbrengst van de zonnepanelen die wij aanbieden.

We rekenen dat als volgt uit: het maximaal vermogen zonnepaneel in wattpiek x 0,85 = verwachte jaaropbrengst in kWh. De factor 0,85 is een goed gemiddelde voor daken in Nederland."

Als we op zoek gaan naar een gemiddeld WP vermogen van zonnepanelen die vandaag de dag worden aangeboden komen we uit op 375Wp per paneel. Rekening houdend met de factor van 0,85 betekent dit een vermogen van $375\text{Wp} \times 0,85 = 318,75 \text{ Wp}$ per paneel. (Zonnepanelen kopen: waar let je op?, sd)

We hebben de keuze gemaakt voor Trina Honey 3750 Wp 10x 375 Wp. Ze worden in een compleet pakket geleverd van 10 panelen, een omvormer, een power optimizer, het montageframe en alle benodigde kabels (Trina Honey 3750 Wp 10x 375 Wp|Platdak Zuid opstelling|Compleet pakket, sd)

Op basis van het totaal benodigd vermogen voor de verwarmingssystemen kunnen we berekenen hoeveel zonnepanelen we nodig hebben:

$$5716 : 318,75 = 17,9 \text{ panelen}$$

We hebben dus minimaal 18 zonnepanelen nodig om het gewenste vermogen te kunnen leveren voor de warmtepompen de bijverwarming.

Voor de airco hadden wij 12.000 kWh nodig; dit komt uit op $12.000/318.75 = 37,6$ panelen.

We hebben dus hiervoor 38 panelen nodig, plus de 18 die we al hadden staan maakt 56 panelen. Aangezien ze per 10 worden verkocht plaatsen we er 60 op het dak.

Er zijn drie mogelijkheden om de zonnepanelen op het dak te plaatsen:

1. Alle panelen op het zuiden gericht.
2. Alle panelen oost/west gericht.
3. Een combinatie van panelen op het zuiden en oost/west gericht.

We bekijken per situatie hoeveel panelen we kwijt kunnen, wat het rendement van opbrengst is en wat het aan maximaal vermogen oplevert. Het beschikbaar dakoppervlak bepaald hoeveel panelen we kwijt kunnen. Maar op een plat dak heeft een paneel meer ruimte nodig dan op een schuin dak, vanwege de schaduwval van de panelen onderling. Bij voorbeeldberekeningen staat dat een paneel van $1,5\text{m}^2$ ongeveer $2,5\text{m}^2$ ruimte nodig heeft. Ook staat er dat de panelen niet dichterbij dan $0,5\text{m}$ van het dak mogen komen. (Hoeveel zonnepanelen passen er op mijn dak?, sd)

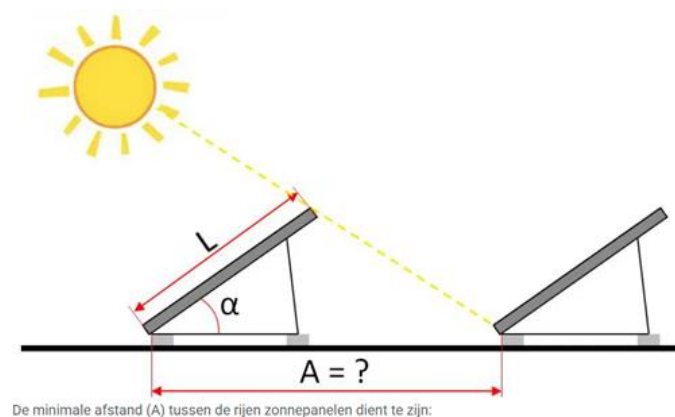
Het door ons gekozen paneel heeft een formaat van $1763 \times 1040 \times 35\text{mm}$. ($= 1,83\text{ m}^2$). $2,5/1,5 = 1,67$ hieruit volgt $\gg 1,67 \times 1,83 = 3,05\text{m}^2$ ruimte per paneel op een plat dak.

Er zijn twee dakoppervlakten, n.l. die van was- en werkplaats en het dak op kantoor met overige ruimtes. We maken hierbij de volgende berekeningen:

- Het dak van de werkplaats en wasplaats is: $16,4\text{m} \times 20\text{m} = 328\text{ m}^2$. (naam dak 1)
 - Effectief $> 16,4 (-2 \times 0,5) \times 20 (-2 \times 0,5) = 15,4\text{m} \times 19\text{m} = 292\text{ m}^2$
- Het dak van het kantoor met overige ruimtes is: $14,4\text{m} \times 5\text{m} = 72\text{ m}^2$. (naam dak 2)
 - Effectief $> 14,4 (-2 \times 0,5) \times 5 (-2 \times 0,5) = 13,4\text{m} \times 4\text{m} = 53,6\text{ m}^2$

Het totale effectieve dakoppervlak $= 292 + 53 = 345\text{ m}^2$.

Voor het plaatsen van twee zonneboilercollectoren hebben we nog 5m^2 ($4\text{m} \times 1,25\text{m}$) nodig op het dak van het kantoor en de overige ruimten. Dat betekent dat er op dit dak nog effectief 48m^2 overblijft voor zonnepanelen. Bij het plaatsen van de panelen moeten we nog wel denken om de hellingshoek van de zonnepanelen.



Figuur 13 Afstand zonnepanelen

Optie 1: Alle panelen naar het zuiden gericht. (ideale hellingshoek 30°, minimaal 20°)

Hellingshoek 30° > afstand tussen de panelen A = 3,12 m

Dak1: $19 \text{ m} : 1,77 \text{ (paneel)} = 10,7 \text{ paneel}$; $15,4 \text{ m} : 3,12 = 4,93 \text{ paneel} > 10 \times 4 = 40 \text{ panelen}$

Dak 2: $4 \text{ m} : 1,77 \text{ (paneel)} = 2,25 \text{ paneel}$; $14,4 - 1,25 = 13,15 : 3,12 = 4,21 \text{ paneel} > 2 \times 4 = 8 \text{ panelen}$

➤ Totaal 48 zonnepanelen

Hellingshoek 25° > afstand tussen de panelen A = 2,69 m

Dak1: $19 \text{ m} : 1,77 \text{ (paneel)} = 10,7 \text{ paneel}$; $15,4 \text{ m} : 2,69 = 5,7 \text{ paneel} > 10 \times 5 = 50 \text{ panelen}$

Dak 2: $4 \text{ m} : 1,77 \text{ (paneel)} = 2,25 \text{ paneel}$; $14,4 - 1,25 = 13,15 : 2,69 = 4,88 \text{ paneel} > 2 \times 4 = 8 \text{ panelen}$

➤ Totaal 58 zonnepanelen

Hellingshoek 20° > afstand tussen de panelen A = 2,39 m

Dak1: $19 \text{ m} : 1,77 \text{ (paneel)} = 10,7 \text{ paneel}$; $15,4 \text{ m} : 2,39 = 6,44 \text{ paneel} > 10 \times 6 = 60 \text{ panelen}$

Dak 2: $4 \text{ m} : 1,77 \text{ (paneel)} = 2,25 \text{ paneel}$; $14,4 - 1,25 = 13,15 : 2,39 = 5,5 \text{ paneel} > 2 \times 5 = 10 \text{ panelen}$

➤ Totaal 70 zonnepanelen

Optie 2: Alle panelen naar het oost/west gericht. (ideale hellingshoek tussen 10° en 15°)

Deze manier van plaatsen, twee rijen tegenover elkaar, levert ongeveer 30% meer paneeloppervlakte op bij een plat dak. Met de hoogte van het paneel (104 cm) betekent het dat we 197 cm nodig hebben om twee rijen tegenover elkaar te zetten bij een hoek van 10°. Hieruit volgt:

Dak 1: $19 \text{ m} : 1,97 \text{ m} = 9,6 \text{ rijen}$; $14,4 \text{ m} : 1,77 \text{ m} = 8,1 \text{ paneel} > 9 \times 2 \times 8 = 144 \text{ panelen}$

Dak 2: $4 \text{ m} : 1,97 \text{ m} = 2,03 \text{ rijen}$; $13,15 \text{ m} : 1,77 \text{ m} = 7,4 \text{ paneel} > 2 \times 2 \times 7 = 28 \text{ panelen}$

➤ Totaal 172 zonnepanelen

Optie 3: Een combinatie van panelen op het zuiden en oost/west gericht.

Er kan hier de keuze gemaakt worden om op dak 1 (van de wasplaats en werkplaats) de zonnepanelen volledig op het zuiden te richten omdat met een juiste hellingshoek de panelen haaks op de zonnestralen komen te liggen en de opbrengst dus maximaal is. Dit levert overdag wanneer het bedrijf in volgebruik is de meeste energie op. Op dak 2 (kantoor en overige ruimten) kunnen de panelen dan oost/west worden neergelegd. Er kunnen op die manier meer panelen geplaatst worden op dit dak en er wordt geprofiteerd van de ochtendzon (vanuit het oosten), maar ook van de middag/avondzon (vanuit het westen).

Bij het maken van bovenstaande berekeningen zijn we uitgegaan van de energiebehoefte voor verwarmen en het koelen van het gebouw, en is er nog niet gekeken naar de overige behoefte. Zo is er op diverse plaatsen in het gebouw nog elektrische energie nodig. We denken aan de aanbevolen Karcher hogedrukreiniger, andere elektrische machines en gereedschappen. Maar ook aan apparatuur in kantoor en kantine.

Aangezien het hier gaat om een energetisch advies voor een Tesla garage, willen we ook adviseren om (als dit binnen budget mogelijk is) een paar Tesla wall's (bijlage 10) te plaatsen om de energie die over is op te kunnen slaan voor later gebruik of om de Tesla voertuigen op te laden.

6 Bibliografie

Automotive. (sd). Opgehaald van klimaatexpert: <https://www.klimaatexpert.com/toepassingen-warmtepomp/zakelijk/automotive>

Beng eis vanaf 01-01-2021. (sd). Opgehaald van Nieman: <https://www.nieman.nl/specialismen/energie-en-duurzaamheid/beng-eis-vanaf-01-01-2021/>

Circulatiepomp ALPHA1 25-80 180 1x230V 50Hz 6H GRUNDFOS. (sd). Opgehaald van Rensa: <https://rensa.nl/Product/ODU4198>

DAB Evosta 2 40-70/130 1/2". (sd). Opgehaald van Waterpompshop: <https://www.waterpompshop.nl/dab-evosta-2-40-70-130-1-2-circulatiepomp-cv-pomp>

drukval calculator. (sd). Opgehaald van Kaeser: <https://nl.kaeser.com/service/kennis/calculator/drukval/>

EnviLine Hybride. (sd). Opgehaald van Nefit-Bosch: <https://www.nefit-bosch.nl/producten/warmtepompen/lucht-water-warmtepomp/enviline-hybride>

Hoeveel vermogen (elektrische) verwarming heb ik nodig voor mijn ruimte? (sd). Opgehaald van Groene hoed duurzaam: <https://www.groenehoedduurzaam.nl/kennisbank/verwarming-en-koeling/warmtevraag-bepalen-voor-een-losse-ruimte/>

Hoeveel zonnepanelen passen er op mijn dak? (sd). Opgehaald van zelfstroom: <https://www.zelfstroom.nl/zonnepanelen/hoeveel-zonnepanelen-passen-er-op-mijn-dak/>

Jaaropbrengst zonnepanelen: dit kan je verwachten. (sd). Opgehaald van Vattenfall: <https://www.vattenfall.nl/kennis/jaaropbrengst-zonnepanelen/>

kWh berekenen: mijn energieverbruik berekenen in kWh. (sd). Opgehaald van United Consumers: <https://www.unitedconsumers.com/blog/energie/kwh-berekenen.jsp#>

Leidingdiameter. (sd). Opgehaald van energieberekeningen: <https://www.energieberekeningen.com/leidingdiameter/index.html>

Mitsubishi airco Hyper Inverter FDE125VH+FDC125VSX 12,5kW. (sd). Opgehaald van koel klimaat techniek webwinkel: <https://www.koelklimaattechniekwebwinkel.nl/a-37801287/airconditioning-voor-ruimte-tot-450-m3/mitsubishi-airco-hyper-inverter-fde125vh-fdc125vsx-12-5kw/#description>

Op welke daken geschikt? (sd). Opgehaald van Zonneboiler Info: <https://www.zonneboiler-info.nl/installatie/>

Solarline 2-120. (sd). Opgehaald van Nefit-Bosch: https://professioneel.nefit-bosch.nl/professioneel/producten_pro/product_detail_pro/product-detail-pro_6912

Speciaalklasse. (sd). Opgehaald van Kärcher: <https://www.kaercher.com/nl/professional/hogedrukreinigers/warmwater-hogedrukreinigers/speciaalklasse.html>

Tesla Powerwall 2 review. (sd). Opgehaald van zonnepanelen informatie: <https://zonnepaneleninformatie.be/tesla-powerwall/>

Trina Honey 3750 Wp 10x 375 Wp/Platdak Zuid opstelling/Compleet pakket. (sd). Opgehaald van warmtebeheer: <https://www.warmtebeheer.nl/trina-honey-3750-wp-10x-375-wp-platdak-zuid-opstelling-compleet-pakket.html>

Verbruik airco. (sd). Opgehaald van airconditioning expert: <https://www.airconditioning-expert.nl/verbruik-airco>

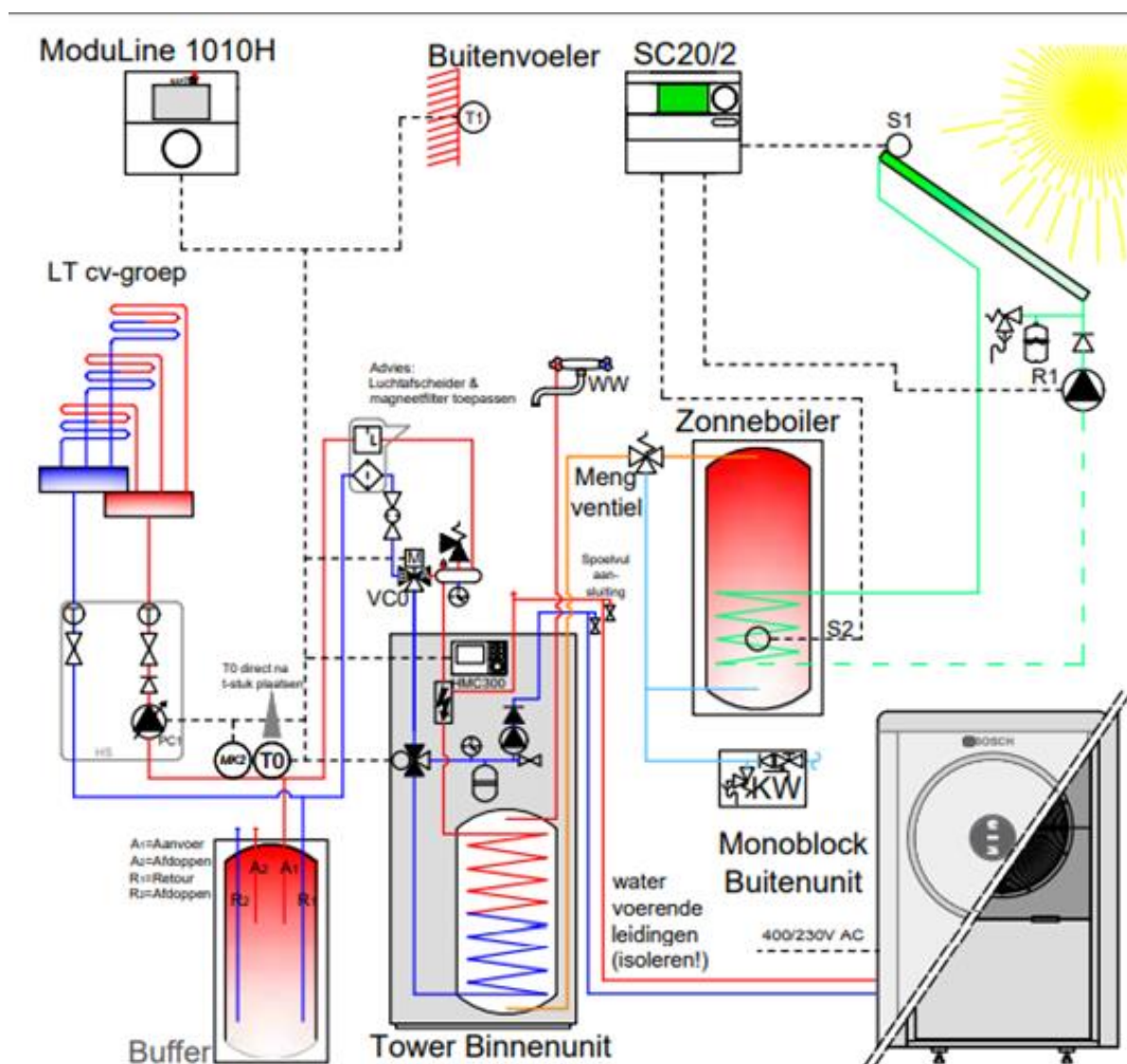
Voorziening | De leidingen dimensioneren om drukverliezen te beperken. (sd). Opgehaald van Gids Duurzame Gebouwen: <https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/nl/de-leidingen-dimensioneren-om-drukverliezen-te-beperken.html?IDC=9566>

WIST JE DAT EEN WARMTEPOMP OOK KAN KOELEN? (sd). Opgehaald van Nibe: <https://aardgasvrij.nibenl.eu/werking/een-warmtepomp-kan-ook-koelen>

Zonnepanelen kopen: waar let je op? (sd). Opgehaald van Consumentenbond: Zonnepanelen kopen: waar let je op?

7 Bijlagen

Bijlage 1: Principeschema Nefit Enviline 17TS-T



Bijlage 2: Warmte-afgifte tabel voor vloerverwarming.

**Warmte-afgifte vloerverwarming volgens NEN-EN 1264 voorheen DIN 4725
en volgens de ISSO publicatie 49 "Kwaliteitseisen vloerverwarming"**

DIFFUSIEDICHTE KUNSTSTOF VLOERVERWARMINGBUIJS Ø16x2mm inwendig 12mm							
Gemiddelde Watertemperatuur in °C (medium 100% water)	Ruimte Temperatuur in °C	Warmte-afgifte vloerverwarming in Watt / m² vloeroppervlak Hart op hart van de buisafstand h.o.h. in (mm)					
		50	100	150	200	250	300
30	15	91	78	63	53	47	41
30	18	81	69	56	48	41	36
30	20	74	64	51	43	37	33
30	22	67	58	48	40	34	30
30	24	64	54	43	35	30	28
35	15	143	123	106	92	80	69
35	18	122	105	90	79	67	59
35	20	107	92	80	69	60	52
35	22	93	80	69	60	52	46
35	24	79	67	59	51	44	39
40	15	179	154	133	115	100	87
40	18	157	135	117	102	87	77
40	20	143	123	106	92	80	69
40	22	128	110	96	83	72	63
40	24	114	98	86	74	64	56
45	15	215	184	160	139	120	105
45	18	193	166	143	124	110	94
45	20	179	154	133	115	100	87
45	22	164	142	123	105	92	80
45	24	150	129	112	97	84	73
50	15	250	216	186	162	140	122
50	18	229	197	170	148	127	111
50	20	215	184	160	139	120	105
50	22	200	172	149	129	112	98
50	24	186	160	139	120	104	91

Aantal meter buis per m²	20,0 mtr.	10,0 mtr.	6,7 mtr.	5,0 mtr.	4,0 mtr.	3,3 mtr.
Groep 90m1 voor m² vloeropp.	4,5 m²	9,0 m²	13,5 m²	18,0 m²	22,5 m²	27,0 m²
Groep 120m1 voor m² vloeropp.	6,0 m²	12,0 m²	18,0 m²	24,0 m²	30,0 m²	36,0 m²

Correctie factoren vloerafwerking (indicatief)	
Tegels 5mm dik Rλ 0,005 (m² • K) / W	0,99
Tegels 10mm dik Rλ 0,01 (m² • K) / W	0,95
Linoleum 2,5mm dik Rλ 0,014 (m² • K) / W	0,87
Laminaat 10mm dik Rλ 0,075 (m² • K) / W	0,82
Kurkparket 6mm dik Rλ 0,075 (m² • K) / W	0,82
Parket 15mm dik Rλ 0,08 (m² • K) / W	0,77
Tapijt 5mm dik Rλ 0,10 (m² • K) / W	0,75
Tapijt 10mm dik Rλ 0,15 (m² • K) / W	0,61
Ondertapijt 6mm dik Rλ 0,20 (m² • K) / W	0,50

Bijlage 3 : Productkenmerken warmtepomp Nefit EnviLine 17TS-T

Productkenmerken	Symbool	Eenheid	7736701182
Energie-efficiëntieklasse			A++
Energie-efficiëntieklasse (lagetemperatuur-toepassing)			A+++
Nominale warmteafgifte (gemiddelde klimaatomstandigheden)	Prated	kW	10
Nominale warmteafgifte (lagetemperatuur-toepassing, gemiddelde klimaatomstandigheden)	Prated	kW	12
Seizoensgebonden energie- efficiëntie voor ruimteverwarming (gemiddelde klimaatomstandigheden)	η_{is}	%	142
Seizoensgebonden energie- efficiëntie voor ruimteverwarming (lagetemperatuur-toepassing, gemiddelde klimaatomstandigheden)	η_{is}	%	191
Jaarlijks energieverbruik (gemiddelde klimaatomstandigheden)	Q_{HE}	kWh	5716
Jaarlijks energieverbruik (lagetemperatuur-toepassing, gemiddelde klimaatomstandigheden)	Q_{HE}	kWh	5113
Geluidsvermogensniveau, binnen	L_{WA}	dB	41
Bij montage, installatie of onderhoud (indien van toepassing) te nemen bijzondere maatregelen: zie technische documentatie			
Nominale warmteafgifte (koudere klimaatomstandigheden)	Prated	kW	9
Nominale warmteafgifte (lagetemperatuur-toepassing, koudere klimaatomstandigheden)	Prated	kW	10
Nominale warmteafgifte (warmere klimaatomstandigheden)	Prated	kW	13
Nominale warmteafgifte (lagetemperatuur-toepassing, warmere klimaatomstandigheden)	Prated	kW	14
Seizoensgebonden energie- efficiëntie voor ruimteverwarming (koudere klimaatomstandigheden)	η_{is}	%	123
Seizoensgebonden energie- efficiëntie voor ruimteverwarming (lagetemperatuur-toepassing, koudere klimaatomstandigheden)	η_{is}	%	161
Seizoensgebonden energie- efficiëntie voor ruimteverwarming (warmere klimaatomstandigheden)	η_{is}	%	171
Seizoensgebonden energie- efficiëntie voor ruimteverwarming (lagetemperatuur-toepassing, warmere klimaatomstandigheden)	η_{is}	%	244
Jaarlijks energieverbruik (koudere klimaatomstandigheden)	Q_{HE}	kWh	7114
Jaarlijks energieverbruik (lagetemperatuur-toepassing, koudere klimaatomstandigheden)	Q_{HE}	kWh	5997
Jaarlijks energieverbruik (warmere klimaatomstandigheden)	Q_{HE}	kWh	3833
Jaarlijks energieverbruik (lagetemperatuur-toepassing, warmere klimaatomstandigheden)	Q_{HE}	kWh	3097
Geluidsvermogensniveau, buiten	L_{WA}	dB	53
Lucht-water-warmtepomp			ja
Water-water-warmtepomp			nee
Pekel-water-warmtepomp			nee
Lagetemperatuur-warmtepomp			nee
Voorzien van een aanvullend verwarmingstoestel?			nee
Combinatieverwarmingstoestel met warmtepomp			nee
Aanvullende informatie voor de geïntegreerde temperatuurregelaar			
Klasse van de temperatuurregelaar			II
Bijdrage van de temperatuurregelaar aan de seizoengebonden energie-efficiëntie voor ruimteverwarming		%	2,0
Verwarmingsvermogen bij deellast, bij een binnentemperatuur van 20 °C en buitentemperatuur Tj			
Tj = - 7 °C (gemiddelde klimaatomstandigheden)	Pdh	kW	9,5
Tj = + 2 °C (gemiddelde klimaatomstandigheden)	Pdh	kW	5,6
Tj = + 7 °C (gemiddelde klimaatomstandigheden)	Pdh	kW	5,1
Tj = + 12 °C (gemiddelde klimaatomstandigheden)	Pdh	kW	6,0
Tj = bivalente temperatuur (gemiddelde klimaatomstandigheden)	Pdh	kW	10,1
Tj = uiterste bedrijfstemperatuur	Pdh	kW	7,1
Voor lucht-water-warmtepompen: Tj = - 15 °C (als TOL < - 20 °C)	Pdh	kW	7,1

Gegevens op het moment van afdrukken. Nieuwste versie beschikbaar op internet.

Bijlage 4: Specificaties Nefit EnviLine 17TS-T



Monoblock 17 TS-T

7736701167

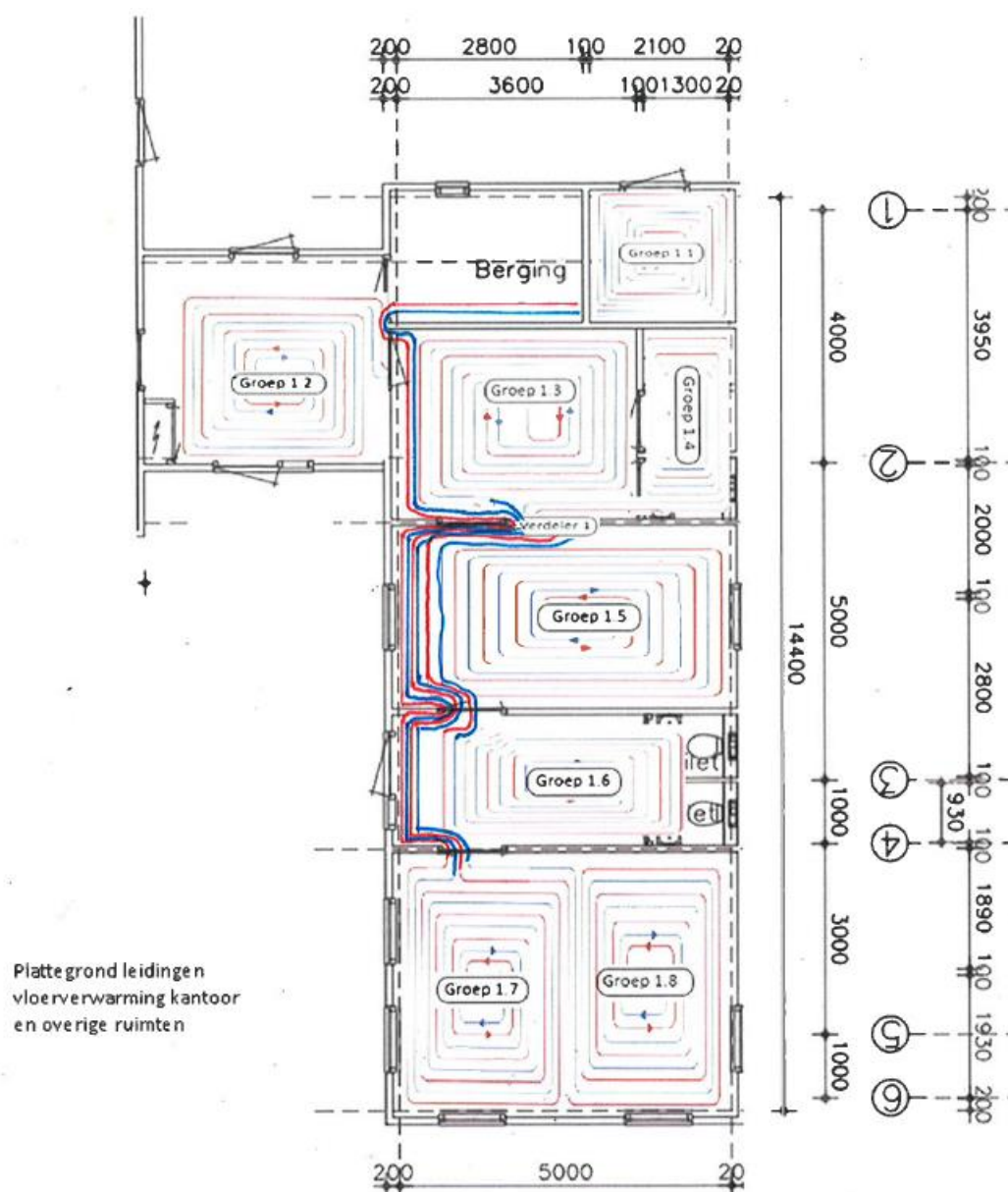
Unit	Specificaties	
Buitenunit	Verwarmingsvermogen (A7/W35) ¹	17
	COP (A7/W35) ¹	4,8
	Koelvermogen (A35/W18) ¹	11,9
	EER (A35/W18) ¹	3,3
	Aansluitspanning	3x400
	Zekering	3x16
	Geluidsdruk niveau op 1m afstand	40
	Geluidsvermogen niveau ² bij 40% vermogen (vermeld op het energielabel)	53
	Geluidsvermogen niveau ² bij 100% vermogen	68
	Silent mode (nachtbedrijf)	-3
	Afmetingen (hxbxd)	1680x1200x580
	Gewicht	132
Binnenunit	Aansluitspanning	3x400
	Zekering	3x16
	Afmetingen (hxbxd)	1800x600x660
	Gewicht	125
F-gasinfo	Vulhoeveelheid koudemiddel (R410A)	4.000
	Vulhoeveelheid koudemiddel (R410A)	8.352
	Aardopwarmingsvermogen (GWP)	2.088
	Koelcircuit hermetisch gesloten	X

¹ EN 14511; ² Geluidsvermogen niveau conform EN12102 bij A7/W55

Energetisch advies Pro-PIE nieuwe Tesla garage



Bijlage 6: Verdeling vloerverwarming overige ruimtes



WERKING WARMTEPOMP

LUCHT/WATER WARMTEPOMP

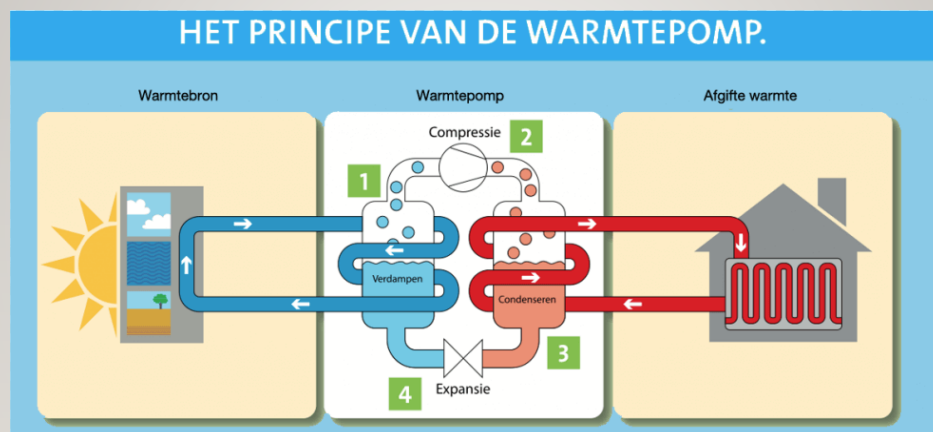
ONDERDELEN

Een lucht/water warmtepomp bestaat uit een binnen- en een buitenunit. De buitenunit wordt op de grond (dit kan ook op het dak) of aan een muur bevestigd.



WERKING

- De buitenunit van de lucht/water warmtepomp haalt warmte uit de buitenlucht door middel van een koelmiddel en condensor.
- Daarna stuurt hij dit naar de binnenunit die dit op zijn beurt gebruikt om water op te warmen. Dit warme water gaat naar de verwarmingselementen en/of de waterleiding.



ZUINIG

- Een lucht/water warmtepomp verwarmt op een heel energiezuinige manier. Er wordt namelijk voor driekwart aan energie gratis uit de lucht gehaald. Voor het andere kwart heeft de warmtepomp elektriciteit nodig.

KOELEN

- Door de werking van de warmtepomp om te draaien, kan deze op warme dagen ook het huis koelen. Het haalt hierbij hitte uit de Cv-installatie en geeft deze via de buitenunit weer af aan de buitenlucht.

Bijlage 8: Presentatie Vmbo over de driewegklep

Dia 1



Dia 2



LEERDOEL

- WAT IS EEN DRIEWEGKLEP?
- WAAR WORDEN DRIEWEGKLEPPEN TOEGEPAST?
- WAAROM GEBRUIKEN WE DRIEWEGKLEPPEN?
- HOE WERKT DE DRIEWEGKLEP?
- VOORDELEN?

WAT IS EEN DRIEWEGKLEP?

T-STUK MET KLEPBEDIENING

- BEHUIZING
 - VAN METAAL (GIETIJZER, BRONS, KOOLSTOFSTAAL OF MESSING)
- VORM AFSLUITER
 - CILINDRISCH, KOGEL OF CONISCH
 - KLEP SLUITING VIA SPAN- OF PAKKINGBUS
- BESTURING
 - HANDMATIG, ACTUATOR (MOTOR) OF ELEKTRONISCH (MAGNEET)



WAAR GEBRUIKEN WE DRIEWEGKLEPPEN?

- CV COMBIKETEL
- CV KETEL MET (ZONNE)BOILER
- WARMTEPOMP SYSTEMEN
- INREGELEN VAN RADIATOREN



Slecht ingeregelde CV-installatie:
 Hoog gasverbruik
 Mogelijk slechte ruimtes

Goed ingeregelde CV-installatie:
 Laag gasverbruik
 Hoog comfort

WAAROM GEBRUIKEN WE DRIEWEGKLEPPEN?

- HET KUNNEN REGELEN VAN:
 - VERSCHILLENDE WARME WATERSTROMEN IN EEN SYSTEEM (SCHEIDEN)
- EEN COMBINATIE VAN WARME EN KOUDE WATERSTROMEN IN EEN SYSTEEM (MENGEN)



- COMFORT VERHOGEN
- ENERGIEVERBRUIK BEHEERSEN
- LEVENSDUUR VERWARMINGSSYSTEEM VERLENGEN

WAAROM GEBRUIKEN WE DRIEWEGKLEPPEN?

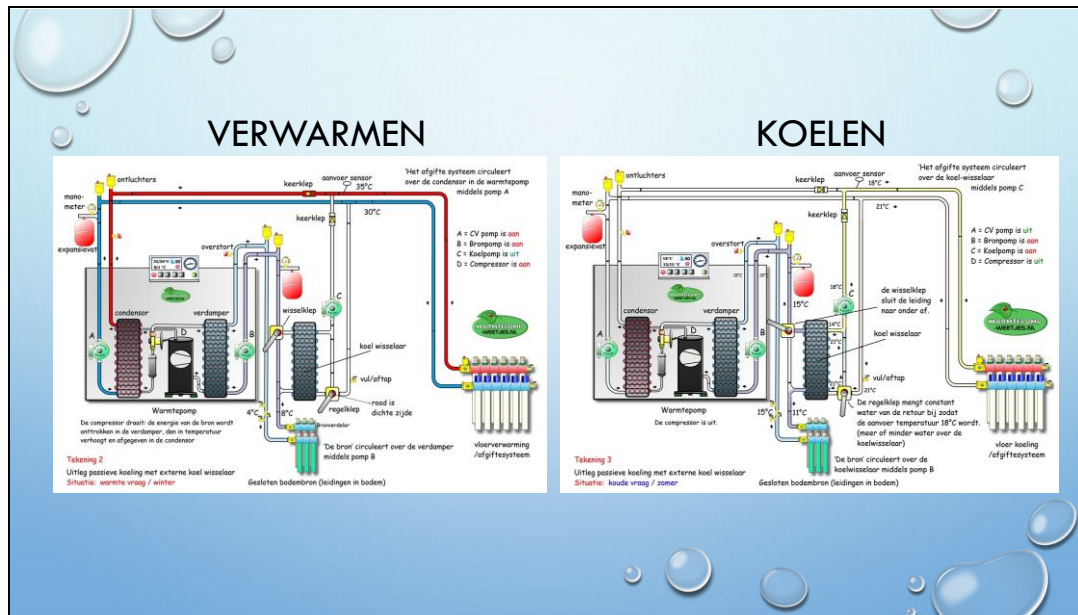
- TAPWATER EN CV WATER TE KUNNEN VERWARMEN
- HET REGELEN VAN VLOER- EN RADIATOR VERWARMING
- HET REGELEN VAN KOELING



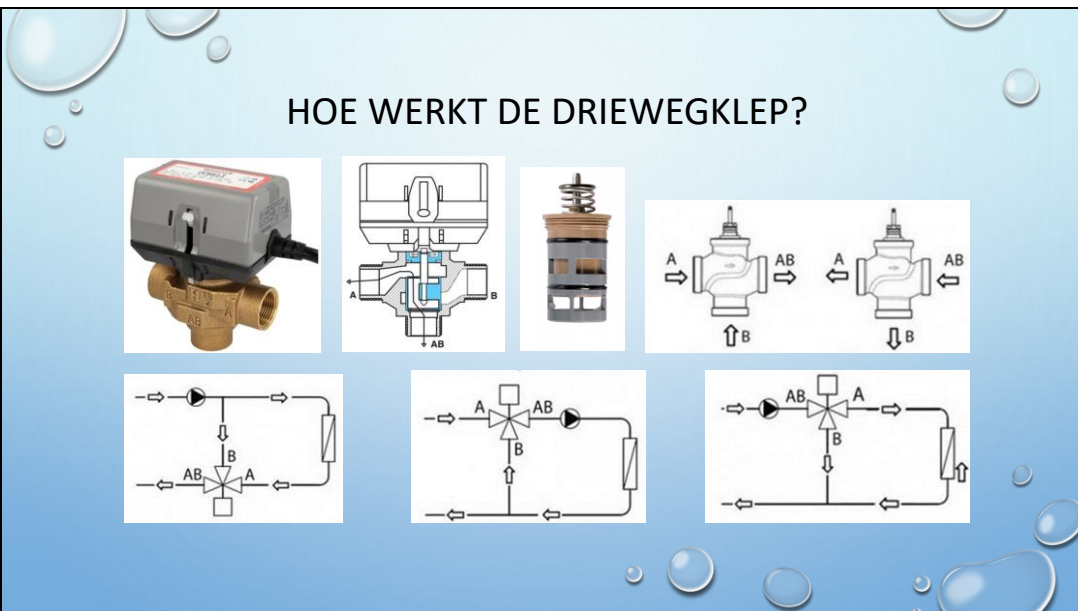




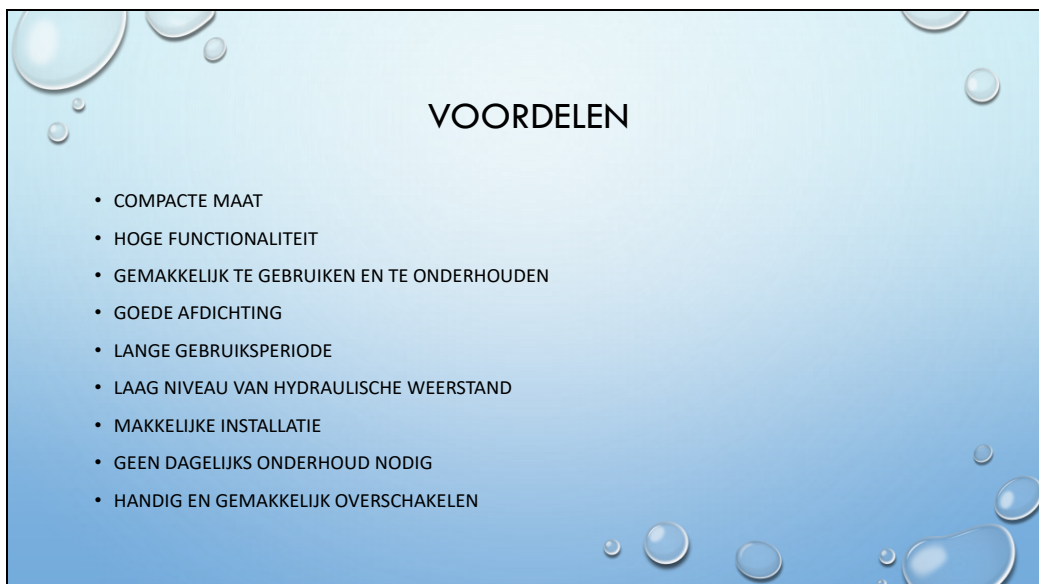
Dia 7



Dia 8



Dia 9



Dia 10





De innovatieve, elektrisch verwarmde HDS E 8/16-4M warmwaterhogedrukreiniger is ontwikkeld voor een uitstekende energie-efficiëntie en een bijzonder hoge bedrijfstemperatuur. Dankzij de innovatieve, uiterst doeltreffende boilerisolatie uit speciaal schuim wordt het stroomverbruik van het apparaat drastisch beperkt in de continue stand-bystand. Zo wordt tot 40% energie bespaard. De eco!efficiency-stand zet het apparaat automatisch in deze bijzonder efficiënte stand van 60 °C en bespaart op die manier waardevolle hulpbronnen. De bijzonder hoge bedrijfstemperatuur van max. 85 °C is vooral geschikt voor vet- en olievlekken, waarbij een constante temperatuur tot 80 °C kan worden behouden dankzij de Servo-Control. Een snelverwarmingskamer verkort de voorverwarmingstijd aanzienlijk. De warmwaterhogedrukreiniger kan worden gebruikt op plaatsen waar uitlaatgassen ongewenst of zelfs verboden zijn, bv. in de voedingsmiddelenindustrie, ziekenhuizen, grootkeukens of industriële bedrijven.

Kenmerken en voordelen

- Bijzonder energie-efficiënt, voor grote kostenbesparing
 - Door het hoogisolierende isolatiemateriaal tot 40 procent energiebesparing in de stand-bystand.
 - Unieke eco!efficiency-stand.
- Bijzonder hoge werkteemperatuur
 - Groot warmwaterreservoir (max. 85 °C)
 - Tot 30 °C bij continu gebruik
- Kracht- en tijdsbesparing: EASY!Force-hogedrukpistool en EASY!Lock-snelsluitingen
 - Eindelijk werken zonder vermoeid te raken met het easyforce-hogedrukpistool
 - Easy-lock snelsluitingen, duurzaam, robuust en 5x zo snel als schroefverbinding

Technische gegevens

- Vermogen: 17,5 kW, verwarmingsvermogen 12 kW
- Elektrische aansluiting: 3 fasen, 400V, 50 Hz.

Meer info: <https://www.kaercher.com/nl/professional/hogedrukreinigers/warmwater-hogedrukreinigers/speciaalklasse.html>

Bijlage 10: Tesla Powerwall 2



Figuur Tesla Powerwall 2 met Gateway

De Tesla Powerwall 2 is een thuisbatterij (oplaadbare lithium-ionbatterij) met een van de hoogste opslagcapaciteiten beschikbaar op de markt.

Het kan een goede toepassing zijn om samen met de back-up gateway uw woning of bedrijfspand onderbroken van elektrische energie te voorzien opgewekt door uw zonnepanelen en eventueel aangevuld met energie uit het elektriciteitsnet.

U kunt tot 10 batterijen met elkaar verbinden indien nodig.

De onderstaande info geeft een overzicht met de belangrijkste feiten om een keuze te maken.

De Tesla Powerwall 2 is:

- een volledig geautomatiseerde batterij die geen onderhoud nodig heeft.
- beschikt over een ingebouwde omvormer voor elektriciteit uit zonnepanelen, waardoor de installatie eenvoudig en niet duur is.
- aantrekkelijk en dun in ontwerp (15cm dikte) en hierdoor vrijwel overal gemakkelijk te plaatsen zonder veel ruimte in te nemen.
- aan de muur of zelfs op de vloer te monteren en is combineerbaar met maar liefst 10 batterijen, zodat u volledig zelfvoorzienend kan worden.
- Vrij van losse draden waardoor het veilig is voor huisdieren en kinderen. De batterij kan ook niet overhit raken.
- volledig weerbestendig, dus kan desgewenst buiten worden geïnstalleerd.
- slim, zijn monitoring houdt uw verbruik ten alle tijde in de gaten. Met de Tesla App kunt u direct waarschuwingen en inschattingen van het energieverbruik ontvangen.
- Te gebruiken als back-up in het geval van een stroomstoring, met de toevoeging van een Backup Gateway 2

Back-up Gateway: Ononderbroken stroomvoorziening

In tegenstelling tot elke andere batterij op de markt, is de Tesla Powerwall 2 in staat om uw huis te voorzien van een ononderbroken stroomvoorziening (UPS) met de toevoeging van een Back-up Gateway 2. Het grote voordeel van deze Gateway 2 is dat u nog steeds bent voorzien van stroom als er een stroomstoring optreedt. De Gateway 2 is kleiner dan de Powerwall en zal dus niet veel extra ruimte in beslag nemen. (Tesla Powerwall 2 review, sd)