



Rapport 1
SMART energie
Energie kosten en levering
3-7-2020

#SMARTcirculair



@The.Aesthetics

Voorwoord – Project ‘Vriendenhofje’

Het echtpaar Olav Arnold en Clara Pietersen, wonend aan de buitenzijde van Roosendaal, beschikken over een woonboerderij met een groot erf dat functioneert als tuin. Met geen kinderen en nalatenschap, wilt het echtpaar deze vrije ruimte gebruiken om iets achter te laten.

Hun visie is om op dit erf een klein woonwijk te realiseren met een sociale zorgfunctie, genaamd ‘Het Vriendenhofje de Heerlijkheid Buiten Gewoon’, waar ouderen kunnen wonen in duurzame, zorgvriendelijke chalets met jonge starters als burens.

Het project “Het Vriendenhofje” was de afgelopen maanden de focus van onze projectgroep, The ÆSTHETICS. Wij bestaan uit zeven studenten van de Bouwkunde opleiding van ROC Landstede Harderwijk. Wij, allen in ons derde leerjaar, met meerdere stages achter de rug, pakten dit project zeer enthousiast aan. Met de focus op haalbaarheid, toekomstbestendigheid en kwaliteit, willen wij onze visie naar voren laten komen door onze verschillende praktijkervaringen te bundelen tot een product, dat al onze kennis reflecteert. Voor ons is duurzaamheid en circulariteit in onze producten geen doel meer; het is een norm geworden, want voor al onze projecten hebben wij geleerd dat de toekomst ligt in duurzame bouwmaterialen. Ons doel voor ‘het Vriendenhofje’ is een product dat zo dicht bij de natuur komt als mogelijk is.

1.1 Installaties TimberUnit

Met een streven naar natuurlijke woning, is er bij de TimberUnit gekeken naar passieve en duurzame installatie mogelijkheden. De droom was om de woning ook energieopwekkend te maken, met energie neutraal als tweede doel. In dit verslag worden de uitkomsten van die gedachtesgangen besproken beginnend met de innoverende plannen voor de verwarming.

1.2 Installatieplan Infrarood Panelen

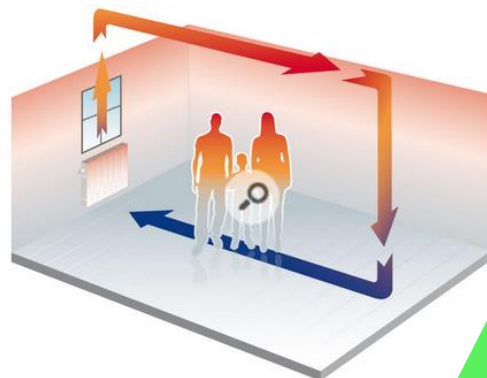
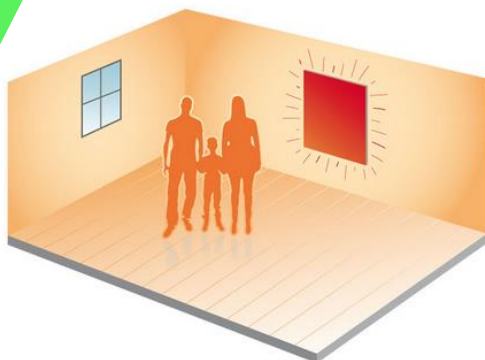
In tegenstelling tot een traditioneel maar vergankelijk verwarming systeem met radiatoren, of zelfs een relatief duurzaam LTV radiator systeem, hebben wij gekozen voor een compleet nieuwe aanpak: Infrarood Panelen.

Straling en convectie

Het verschil tussen de een radiator en deze Infrarood Panelen (IR-panelen) is de manier waarop de verhitte van de ruimte plaatsvind. Een IR-paneel doet doormiddel van straling, dit is een elektromagnetische vorm van straling.

Geproduceerd door infraroodverwarming, heeft elektromagnetische straling het vermogen een voorwerp te verwarmen. Als deze straling een oppervlakte raakt, bijvoorbeeld een het menselijke lichaam, een meubelstuk of een muur, dan wordt de stralingsenergie opgeslagen en omgezet in warmte. Aangezien de straling zich geleidelijk verdeelt over de ruimte, en de ruime vult, word de warmte ook geleidelijk verdeeld. Alle objecten die de straling hebben ontvangen en de energie hebben omgevormd tot opgeslagen warmte, geven deze warmte ook geleidelijk weer af. De ruimte blijft dus warm voor een langere tijd.

Een radiator daar in tegen warmt alleen de lucht in de ruimte op, dit word convectie genoemd. De verwarmde lucht stijgt op, en vult het plafond van de ruimte. Dit verdeelt de warmte ongelijk, met het grootste gedeelte van de warmte recht boven de radiator. Bijvoorbeeld zal bij een volledige radiator cyclus de temperatuur van het bovenliggende plafond rond de 24° C, op manshoogte 20°C en op de vloer maar 16°C. Daarnaast neemt de warmte in de lucht ook weer snel af. En zal de ruimte nooit volledig verwarmt worden. De afgekoelde lucht daalt weer, en zal een luchtstroom creëren in de ruimte.



1 Visualisatie verschil tussen straling en convectie

Argumentatie

Op 1 Juli, 2018 was in een nieuw bouwbesluit besproken dat Nieuwbouw woningen gasloos opgeleverd moeten worden. Dit houdt in dat meerder traditionele installaties te komen vervallen, en niet meer toegepast mogen worden. Hierdoor vervallen o.a.: CV-ketels, gasfornuis, radiatoren en gashaarden.

Aanleidend tot gasloos wonen, was de keuze gemaakt om de TimberUnit te verwarmen met de IR-panelen. Naast de eis om gasloos te bouwen, zijn wij uitgekomen op de conclusie dat IR-panelen duurzamer zijn. Goedkoper dan radiatoren en met minder warmte verlies, kunnen wij deze keuze dan ook onderbouwen.

Berekeningen

Om de toepassing van IR-panelen te onderbouwen, zijn er extensieve berekeningen verricht. Om duidelijkheid te krijgen in deze berekeningen, is het proces opgedeeld in 5 stappen:

- ▽ Inhoud berekenen
- ▽ Vermogen / m³ bepalen
- ▽ Correctie voor isolatie en type ruimte
- ▽ Benodigd vermogen berekenen
- ▽ Toepassing TimberUnit

1. Inhoud

- ▽ Bereken het oppervlak van de ruimte: door de lengte met de breedte te vermenigvuldigen. Bijvoorbeeld: lengte x breedte = 5 x 4 = 20 m².
- ▽ Bereken de inhoud van de ruimte: door het oppervlak te vermenigvuldigen met de hoogte tot het plafond. Bijvoorbeeld: oppervlak x hoogte = 20 x 2,6 = 52 m³.

2. Vermogen /m³ bepalen

Kies de gewenste maximale temperaturen in de ruimte. Daaruit volgt een richtlijn voor het benodigd vermogen per m³.

Warmte in °C	Watt per m ³
18 graden Celsius	20 Watt
19 graden Celsius	23 Watt
20 graden Celsius	26 Watt
21 graden Celsius	29 Watt

Warmte in °C	Watt per m ³
22 graden Celsius	32 Watt
23 graden Celsius	35 Watt
24 graden Celsius	38 Watt
25 graden Celsius	41 Watt

3. Correctie voor isolatie en type ruimte

- ▽ Is de ruimte slecht geïsoleerd of is er veel beglazing? 5 Watt /m³ optellen bij het benodigd vermogen.
- ▽ Is de ruimte gemiddeld geïsoleerd, of is dat niet bekend? Geen correctie van het benodigd vermogen.
- ▽ Is de ruimte goed geïsoleerd? -5 Watt / m³ aftrekken van het benodigd vermogen.
- ▽ Is het een badkamer of natte cel? 10 Watt /m³ optellen bij het benodigd vermogen.

4. Benodigd vermogen berekenen

Het benodigde vermogen van de infraroodverwarming wordt als volgt berekend:
inhoud x (vermogen /m³ met correctie)

5. Toepassing TimberUnit

De TimberUnit bestaat uit 3 ruimtes; Woonkamer/keuken, slaapkamer en badkamer.
Op deze manier is er berekend hoeveel IR-panelen er nodig zijn voor de woning.

Woonkamer/keuken:

$10,5 \times 4,5 = 47,25 \text{ m}^2$; $47,25 \times 4,8 = 226,8 \text{ m}^3$; $226,8 \times 24 = 5449 \text{ Watt} = 6 \text{ panelen van } 1000 \text{ Watt}$

Slaapkamer:

$3,7 \times 4,2 = 15,50 \text{ m}^2$; $15,50 \times 3,2 = 49,75 \text{ m}^3$; $49,75 \times 15 = 746 \text{ Watt} = 1 \text{ paneel van } 780 \text{ Watt}$

Badkamer:

$3,7 \times 2,5 = 9,25 \text{ m}^2$; $9,25 \times 3,2 = 29,6 \text{ m}^3$; $29,6 \times 43 = 1273 \text{ Watt} = 2 \text{ panelen van } 710 \text{ Watt}$

Verbruik per uur

Ruimte:	Vermogen:	Panelen:	Prijs:
Woonkamer/keuken	5450 Watt / 5,45kWh	6 st. 1000 Watt	€799,00 / €4794,00
Slaapkamer	750 Watt / 0,75 kWh	1 st. 780 Watt	€699,00 / €699,00
Badkamer	1275 Watt / 1,275kWh	2 st. 710 Watt	€639,00 / €1278,00
TimberUnit	7475 Watt / 7,475 kWh	9 st. per Unit	€6741,00

Verbruik per jaar

Ruimte:	Vermogen per uur:	Tijd per seizoen / jaar:	Vermogen per jaar:
Woonkamer/keuken	5450 Watt / 5,45kWh	$270 + 360 = 630 \text{ uur}$	3440 kWh
Slaapkamer	750 Watt / 0,75 kWh	$45 + 22,5 = 67,5 \text{ uur}$	50 kWh
Badkamer	1275 Watt / 1,275kWh	$45 + 45 = 90 \text{ uur}$	115 kWh
TimberUnit	7475 Watt / 7,475 kWh	787,5 uur	3605 kWh



1.3 Warmtepomp systeem – ICEM module

Aangesloten op de TimberUnit komt aan de achterzijde van iedere woning een externe CV-module.

De 'Integrated Climate and Energy Module' of ICEM, is een product van innovatiegroep 'FactoryZero'. Deze module is voorzien van een scala aan installaties met in het midden een warmtepompboiler. De prestatie van een warmtepompboiler is afhankelijk van de omstandigheden en omliggende temperatuur. Om dit variabel vast te stellen, is de ICEM voorzien van een geïsoleerde behuizing, waardoor de temperatuur en prestatie van de installaties altijd consistent zijn. Doormiddel van deze gegarandeerde waarden hebben wij ook vast kunnen stellen dat de ICEM een geschikte toevoeging is op de TimberUnit.

Verder is de ICEM ook voorzien van een mechanisch ventilatie systeem, een ingebouwde transformator voor de toevoeging van zonnepanelen en als laatste een digitaal besturing en meetsysteem waardoor het gebruik van de CV-kast vervanger in kaart kan worden gebracht. Met deze installatie zijn wij van plan het water van keuken en badkamer te verwarmen. Het ventilatie systeem maakt het hergebruik van lucht mogelijk, waardoor de verwarming van het water weer wat lichter gemaakt. En als laatste is dankzij de ingebouwde transformator de toepassing van zonnepanelen mogelijk.

De ICEM heeft als laatste wat opties voor behuizing, met een selectie van een houten exterieur sluit de module perfect aan op de TimberUnit.

2 De ICEM module



Inhoudelijk document betreffend de ICEM, bestand onderaan bijgesloten in bijlagen:

https://factoryzero.nl/wp-content/uploads/2017/05/iCEM_aanbod_specs_V3.02.00_220317.pdf

1.4 Installatie Zonnepanelen

Aangezien de TimberUnit gasloos gebouwd word, en de installaties die zijn verkozen zijn dan ook geheel elektrisch. Om de woningen te voorzien van de gewenste hoeveelheid elektriciteit, zijn er verschillende mogelijkheden overwogen om binnen het project energie op te wekken. Hoewel oplossingen zoals een biogas batterij, gevuld met de ontlasting van de bewoners poëtisch is, produceren de meeste oplossingen lang niet genoeg. Daarom is het besluit genomen om, doormiddel van grondig onderzoek en berekeningen, de keuze onderbouwde keuze te maken voor traditionele zonnepanelen.

Zonnepanelen hebben het rendement waardoor energieneutraal, of zelfs energie wekkend, nog realistisch haalbaar is. Het nadeel is het huidige stigma rond zonnepanelen, dat ze niet circulair zijn. Dit kunnen wij niet ontkennen, en het traditionele zonnepaneel word gemaakt van zeldzame materialen die moeilijk te recycleren kunnen zijn. Wel is er één bedrijf in Frankrijk daar stappen in het scheiden en hergebruik van zonnepaneel materialen. Daarom hebben wij ook gekeken naar nieuwe innovaties, en duurzamere opties.

Recycle firma Frankrijk: <https://www.veolia.nl/media/nieuws/veolia-opent-de-eerste-europese-fabriek-die-volledig-gericht-op-het-recyclen-van>

Een paar veelbelovende alternatieven waren zeer hoopgevend, zoals het 'HeliaSol' van de Duitse fabrikant 'Heliatek.' Deze zonnefolie is demontabel en te plaatsen op ieder oppervlakte van een gebouw. Gemaakt van veelvoorkomende materialen en compleet demonteerbaar, is dit product ook tot enige zin recyclebaar. Getest, gekeurd en al wereldwijd toegepast heeft dit folie lang niet het vermogen en de prestatie die nodig is voor de TimberUnit.

Webstie HeliaTek: <https://www.heliatek.com/product/>

Ook waren wij gestuit op een nieuwe Nederlandse innovatie, zonnemodules gemaakt van Perovskiet. Dit product word nu ontwikkeld door een partner tussen de TU Eindhoven en enkele bedrijven uit België. De module word gemaakt van beschikbare materialen zou volledig afbreekbaar zijn. Dit Perovskiet model zou dan ook de eerste volledige circulaire zonneoplossing zijn. Ondanks deze positieve vooruitzichten, hebben wij er bewust voor gekozen om deze nieuwe module niet toe te passen.

Aangezien de Perovskiet-zonnemodules nog in ontwikkeling zijn, is er nog geen testdata betreffende vermogen en prestatie. Zonder deze data kunnen wij niet met zelfvertrouwen zeggen dat deze modules geschikt zijn voor de TimberUnit.

Recentste artikel vooruitgang Perovskiet:

<https://www.solliance.eu/nl/2020/opgeschaalde-perovskiet-zonnemodules-doorstaan-drie-kritische-stabiliteitstests/>

Bij het onze keuzeproces bij het selecteren van het juiste zonnepaneel hebben wij daarom niet meer gekeken naar het materiaal. Wetend dat die kwestie van materiaal niet verholpen kan worden met de huidige staat van de zonne-technologie. Er is specifiek gekeken naar prestatie, vermogen en afmetingen. De panelen moeten op de daken van de woningen passen en genoeg produceren. En onze selectie is uitgekomen op een recente lijn van LG.



Opties voor zonnepanelen

	Naam:	Afmeting	Wattpiek verm.	Rendement	Prijs
1	LG 400 Wp LG NeON®	2m ²	400Wp	19.3%	€325
2	LG NeON R Prime	1.7m ²	370Wp	21.4%	€390
3	LG 365Wp Neon r	1.7m ²	365Wp	21.1%	€379

1. <https://solargarant.nl/zonnepanelen/monokristallijn/lg-solar/lg-400wp-lg-neon-2-bifacial-zonnepaneel/>
2. <https://solargarant.nl/zonnepanelen/monokristallijn/lg-solar/lg-neon-r-prime-mono-370-back-contact/>
3. <https://solargarant.nl/zonnepanelen/monokristallijn/lg-solar/lg-365wp-zonnepaneel-neon-r-mono-zwart-frame/>

Onze keuze

Wij hebben gekozen voor de 'LG NeON R Prime'. Dit zonnepaneel is voor het project het meest gunstige paneel, door o.a.: de grootte, het Wattpiek vermogen en het rendement. Hoewel prijzig, zijn deze panelen eerder een investering dankzij de onderhoudsarme kwaliteiten en lange levensduur.

Opbrengst zonnepanelen

Dit betreft het doorberekende vermogen van de het gekozen zonnepaneel, om te berekenen welke hoeveelheid panelen vereist is, en de kosten daarvan.

Opbrengst 12 zonnepanelen

Met een opbrengst van 370 kWh per zonnepaneel aanhoudt, levert een systeem van 12 zonnepanelen $12 \times 370 = 4.440$ kWh op. Uitgaande van een elektriciteitsprijs van 23 cent per kWh, zal dat €1.021,20 per jaar besparen.

Opbrengst 16 zonnepanelen

Met dezelfde opbrengst van 370 kWh per zonnepaneel, levert een systeem met van 16 zonnepanelen $16 \times 370 = 5.920$ kWh. Dit zou op de energierekening €1.361,60 per jaar besparen.

Opbrengst 20 zonnepanelen

Als laatste, met het vermogen van 370 kWh, levert een systeem van 20 zonnepanelen $20 \times 370 = 7400$ kWh op. Dit zou omgerekend per woning €1.702,00 besparen op jaar basis.



Verwerking zonnepanelen

IR-panels	Warmtapwater	WTW-ventilatie	Koken & licht	Totaal TimberUnit
3605 kWh	1530 kWh	350 kWh	2015 kWh	7500 kWh

Als er gekeken wordt naar het verbruik van de TimberUnit, en alle installaties in kaart worden gebracht, komt eruit dat de woningen 7.500 kWh verbruiken op jaarbasis. Met de keuze om 19 zonnepanelen te plaatsen op het dak van iedere woning, zal dit 7.030 kWh opleveren aan energie op jaarbasis. Ondanks dit hoge aantal, komt dit nog steeds 470 kWh tekort. Daarom stellen wij ook voor om 36 panelen te plaatsen op het dak van de bestaande schuur. De tekortkoming van iedere woning wordt hiermee gecompenseerd met 2 zonnepanelen. Daarnaast zijn er dan 18 zonnepanelen beschikbaar om de samenkomstruimte en de rest van het hofje te voorzien van elektriciteit.

Dit houdt in dat niet alleen de gezamenlijke keuken en wasserette hierdoor voorzien zijn, maar ook de eventuele verlichting in het hofje. Het aantal zonnepanelen wat wij nu voorstellen is heel groot, en om het gehele project te voorzien van dit voorstel is prijzig. Maar dankzij de achterliggende berekeningen kunnen wij wel onderbouwd argumenteren dat hierdoor het project energieneutraal is.

1.5 Installaties Samenkomstruimte

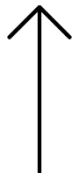
Betreffende de installaties van de gezamenlijke keuken en de wasserette is er ook een combinatie van verschillende apparaten toegepast. Net als de TimberUnit zal de schuur voorzien zijn van een warmtepompboiler, aangesloten en aangevoerd door de zonnepanelen op het dak voor een kleine hoeveelheid aangedreven warmte. Daarnaast zal bij de wasserette een nieuwe innovatie geplaatst worden, in de vorm van een Zouthydraatbatterij.

Zouthydraat warmtebatterij

Op gunstige dagen waar energie opgewekt word door de zonnepanelen is het mogelijk om de gewonnen energie op te slaan. De voor de hand liggende optie om het op te zetten naar elektriciteit, of om de energie op te slaan als warmte in een warmtebatterij. De zouthydraat batterij is een oplossing van de 'TU/e' en 'TNO', en bied de nieuwe oplossing op het gebied van opslag zonder warmteverlies.

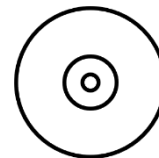
De warmtebatterij werkt met twee componenten: waterdamp en een zouthydraat. Wanneer deze twee elementen bij elkaar worden gebracht vormt dat een chemische reactie waar de twee binden en zoutkristallen kunnen ontstaan. Wanneer het water zich hecht aan het zout, produceert de reactie warmte. Dit proces is ook omkeerbaar, door nieuwe warmte in de batterij te brengen scheiden de twee elementen ook weer van elkaar af. Zolang het zouthydraat en de waterdamp gescheiden zijn, blijft de warmte opgeslagen. En wanneer de twee elementen weer binden, komt de warmte vrij. Deze oplossing maakt het proces stabiel zonder energieverlies, en gaat bij juist gebruik minstens 20 jaar mee.

Voordelen



Een groot voordeel is dat de warmtebatterijen helpen om de piek momenten in het verbruik op het energienet op te vangen. De opdrachtgever had het bij het eerste gesprek over een aggregaat als de stroom uit zou vallen als noodstroom. De warmtebatterij dient hier eigenlijk als aggregaat voor de opslag van stroom.

Het is een compacte oplossing; door de koelkastformaat opslag biedt het voldoende warmte aan een gemiddeld gezin om 2 weken van te douchen. De energiedichtheid van het systeem ligt daarmee op minimaal 10 x die van wateropslag.



Het is een betaalbare oplossing, met een kostprijs die ver (factoren) beneden die van elektrische opslag ligt én in huis past. Waarschijnlijk ligt de prijs tussen de 4000 en 6000 euro.

Toepassing

Deze warmtebatterij wordt toegepast bij de gezamenlijke wasserette in de schuur. Gecombineerd met een warmtepomp en de bovenliggende zonnepanelen kan de hoogst mogelijke rendement behaald worden. Ook in energiearme momenten kan de warmtepompboiler de batterij een start geven. De zonnepanelen produceren de warmte die de warmtepompboiler gebruikt. Alle overige warmte gaat de batterij in, en kan terug geleverd worden aan de boiler. Daarom vormt deze combinatie een harmonische samenwerking.

Met deze installaties willen wij de gezamenlijke ruimtes en faciliteiten voorzien van warm water. De oorspronkelijke hoeveelheid energie die vereist zou zijn is aanzienlijk verminderd. En met deze sprong willen wij het warme water gebruiken voor de wasmachines in de gezamenlijke wasserette. Daarnaast kan het water ook gebruikt worden om de eetruimte te verwarmen.



3 De warmtebatterij met K_2CO_3 (kaliumcarbonaat) als basismateriaal

2.0. Bronvermelding en bijlagen

Bronvermelding

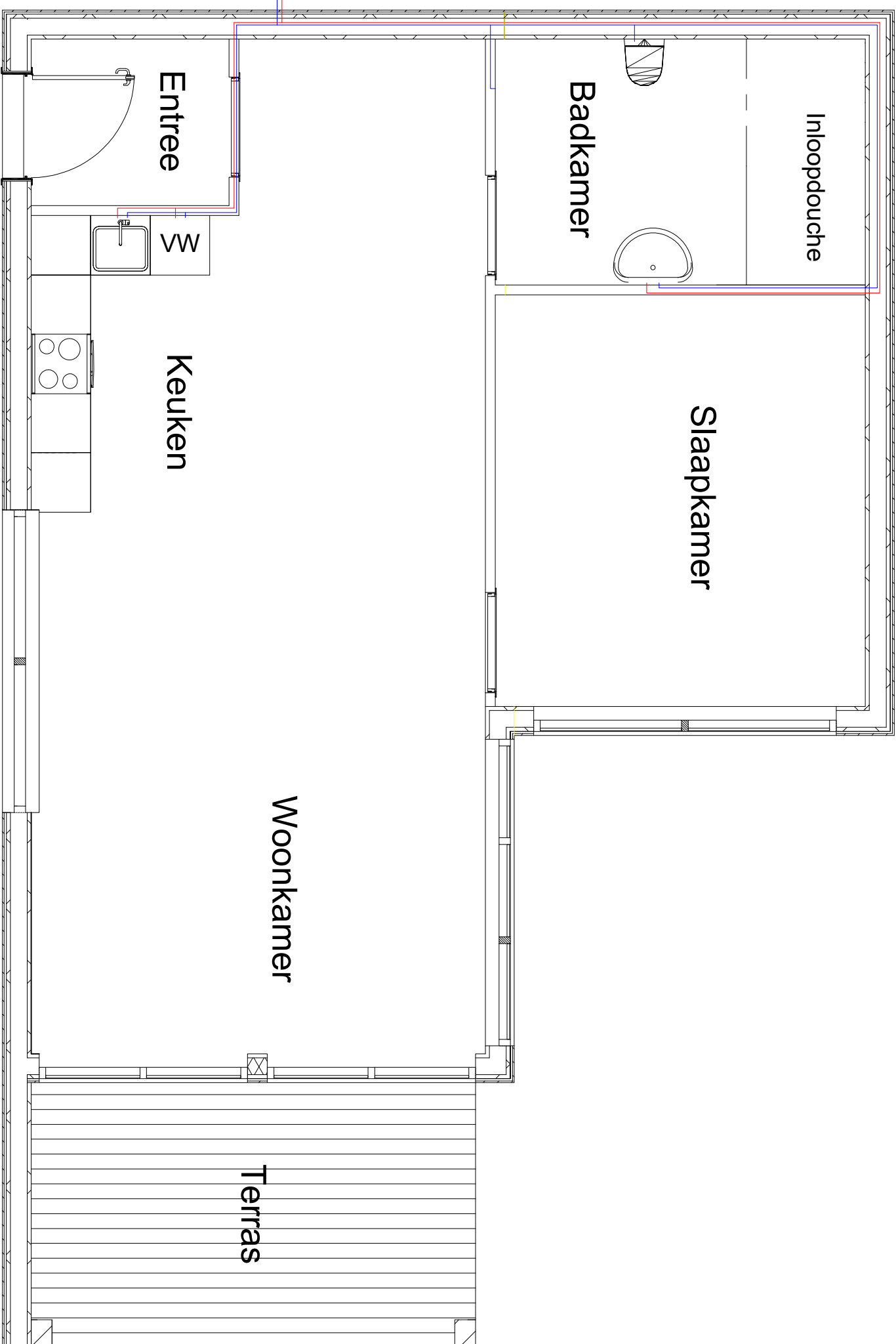
1. Verwarminghandel. (z.d.). *FAQ infrarood panelen*. Geraadpleegd op 10 juni 2020, van <https://www.verwarminghandel.nl/faq/infrarood-panelen/faq-veelgestelde vragen/#C1>
2. *Vermogen infraroodverwarming berekenen / SmartHomeSupply*. (z.d.). Geraadpleegd op 10 juni 2020, van <https://www.smarthomesupply.nl/infrarood-verwarming/vermogen-berekenen>
3. *Wat is het verbruik van infrarood panelen en wat zijn de kosten?* (z.d.). Geraadpleegd op 10 juni 2020, van <https://www.verwarminghandel.nl/faq/infrarood-panelen/verbruik/>
4. *Rendement Berekening Zonnepanelen*
<https://www.zonne-paneel.net/rendement-zonnepanelen>
5. *Energie prijs*
<https://goedkopeenergieengas.nl/energie/prijs-per-kwh/>
6. *Technisch document ICEM module*
https://factoryzero.nl/wp-content/uploads/2017/05/iCEM_aanbod_specs_V3.02.00_220317.pdf
7. *Recent artikel betreffend Zouthydraat-batterij*
<https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/industrie/roadmaps/sustainable-chemical-industry/warmtebatterij-voor-in-huis/>



Installatietekeningen

Circulair Vriendenhofje
Buitengewoon Roosendaal

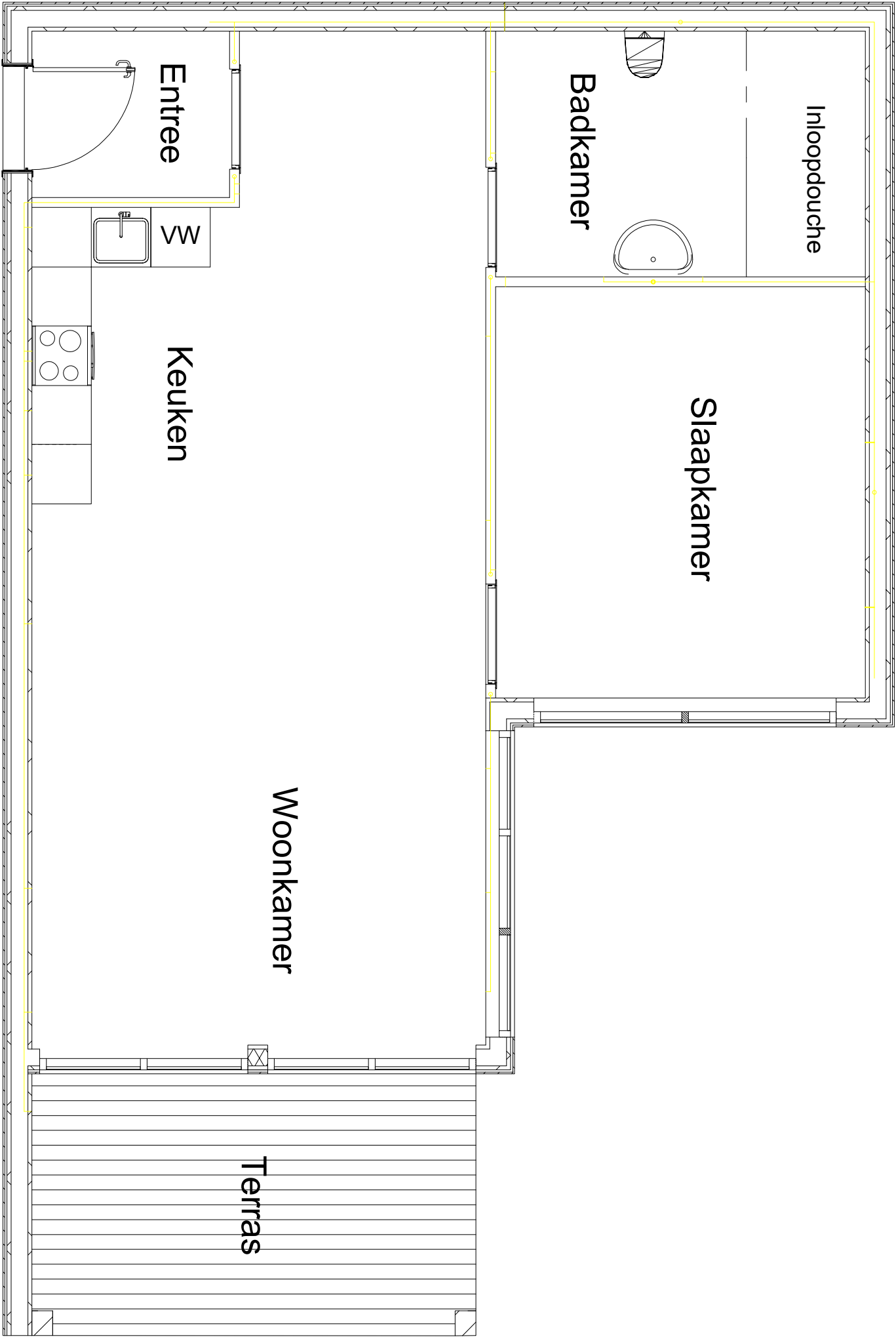
1:50



Waterplan leidingen

A3

1:50



Elektraplan Beganegron

A3

Technische indeling Timberunit

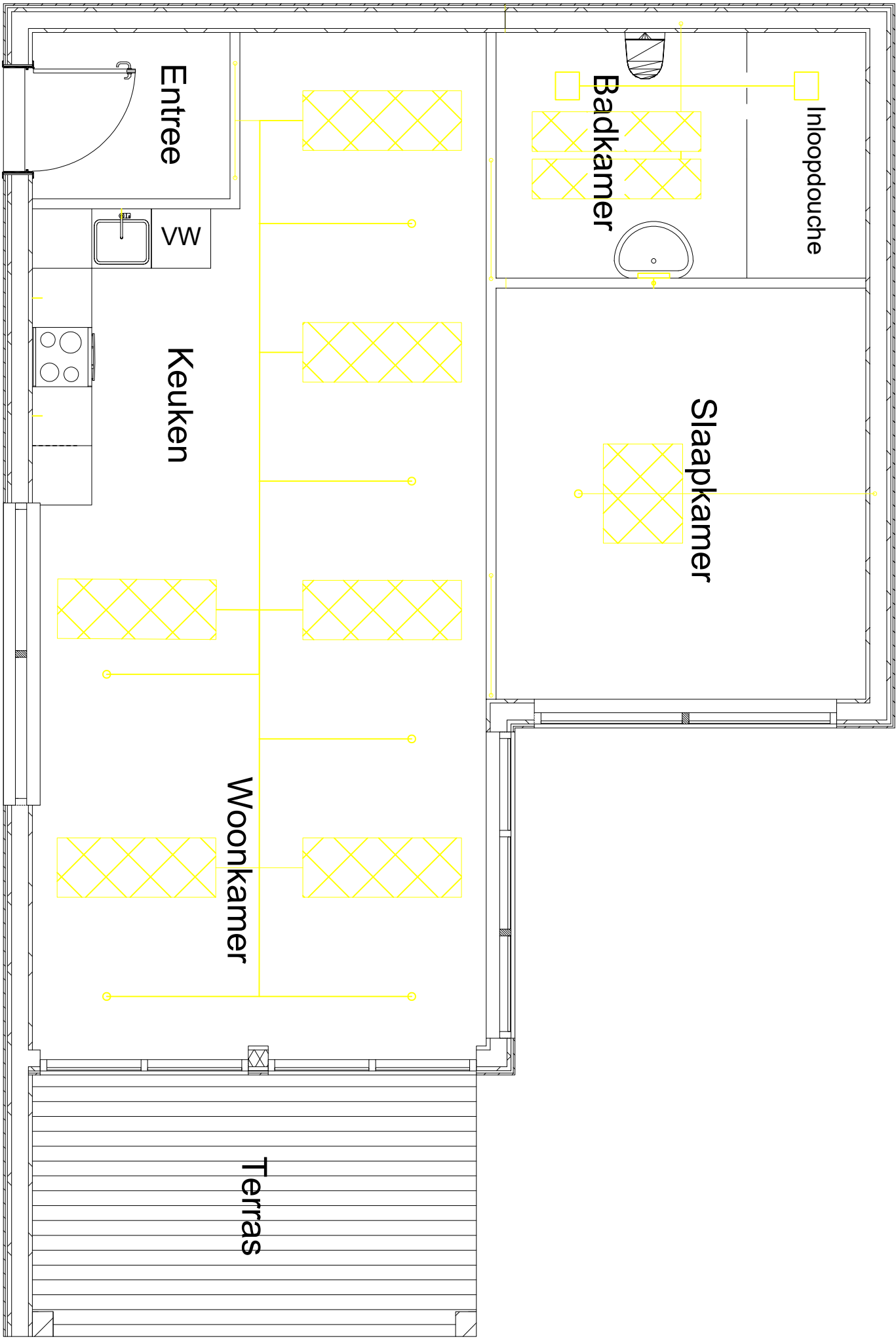
Elektraplan

Project: Vriendenhofje Roosendal

Datum: 10-06-2020



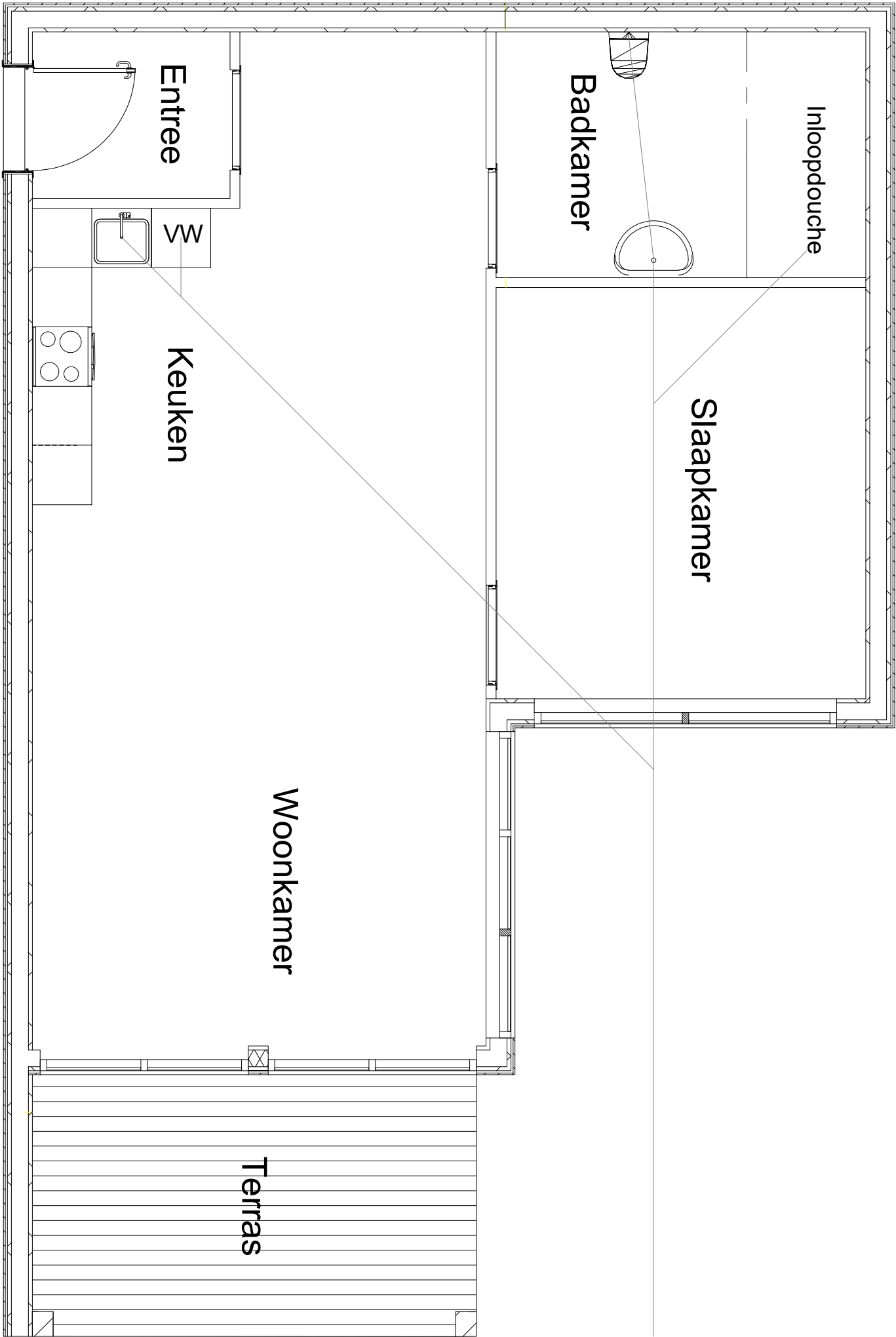
1:50



Elektraplan Dak

A3

1:50



Afvoerplan

A3