

# Eindrapportage

## Comfortabel & Duurzaam leven (TSE Haalbaarheidsstudie)



Initiatief van:

**JOOST.**  
thuis in  
de meierij

**freijmans**

VISIETECH  


**FAAM** architects  
for architecture and more

Opgesteld door: N.V. Vader  
Datum: 18-9-2019  
Status: Definitief

## **Inhoudsopgave**

1.	Gegevens project .....	3
2.	Samenvatting .....	3
3.	Inleiding .....	4
4.	Doelstelling .....	5
5.	Werkwijze .....	5
6.	Uitvoering van het project.....	5
7.	Resultaten.....	8
8.	Discussie .....	10
9.	Conclusie en Aanbevelingen .....	12

## 1. Gegevens project

Projectnummer: TESN118034  
Projecttitel: Comfortabel & Duurzaam leven  
Penvoerder: Woonstichting JOOST (Voorheen Woonstichting St. Joseph)  
Medeaanvragers: Heijmans N.V.  
Visietech B.V.  
FAAM Architects B.V.  
Projectperiode: 2 juli 2018 tot en met 30 juni 2019

## 2. Samenvatting

Het samenwerkingsverband 'Het Collectief' heeft zich ten doel gesteld om De Kleine Aarde in Boxtel nieuw leven in te blazen door het ontwikkelen van De Kleine Aarde 2.0. Het terrein van De Kleine Aarde wordt daartoe herontwikkeld tot een kennis- en expertisecentrum op het gebied van duurzaamheid en circulaire economie. Schone energie en oneindig hergebruik van materialen staan hierin centraal.

Eén van de ontwikkelingen die gaat plaatsvinden op De Kleine Aarde 2.0 is het bouwen van een zelfvoorzienend appartementencomplex, onder meer op energiegebied, in het ideale geval zelfs autarkisch (geen aansluiting meer nodig op het openbare stroomnet). Het gebouw bevat straks vanuit 6 invalshoeken vergaande innovaties: materialen, energie, ecologie, water, gezondheid en gedrag. Juist de totaalaanpak maakt dit tot een uniek voorbeeldgebouw. Het appartementencomplex wordt ook regeneratief. Dat betekent dat er een paar jaar na oplevering meer biodiversiteit te vinden is dan nu.

Het appartementencomplex zal tevens openbaar toegankelijk zijn waardoor bezoekers zich kunnen laten inspireren. Bezoekers kunnen om en door het gebouw wandelen, een blik werpen in de techniekruimte en gebruik maken van de uitkijktoren.

Het ontwikkelen van een appartementencomplex dat een totaalsysteem van maatregelen heeft om zelfvoorzienend te zijn (minimaal gebruik van externe energiebronnen en maximaal gebruik van natuurlijke bronnen), regeneratief is en duurzaam gedrag stimuleert is innovatief in Nederland en een standaard aanpak ontbreekt dan ook.

Het doel van het project is het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie naar een aantal oplossingen voor problemen die bij het ontwikkelen van een zelfvoorzienend appartementencomplex zullen gaan optreden. Gedurende de haalbaarheidsstudie wordt het bufferen van lokaal opgewekte energie in een zeezout batterij en PCM buffervaten onderzocht, het integreren van de deze twee buffersystemen met de energievoorziening (zonnepanelen en zonnecollectoren) met als back-up een warmtepomp, basiswarmte systeem, integratie met slimme terugkoppeling en datavoorziening van het gedrag van de individuele huishoudens.

Daarnaast is tevens een doelstelling van het project, het realiseren van een maximaal circulair appartementencomplex, het stimuleren van duurzaam gedrag bij bewoners en het stimuleren van de biodiversiteit van het gebouw in haar omgeving.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

### 3. Inleiding

De Kleine Aarde is een centrum waar bewoners, bedrijven en bezoekers zich op verschillende manieren met duurzaamheid bezighouden. Dat wil onder meer zeggen dat aan hen de gelegenheid wordt geboden kennis te nemen van nieuwe technieken en inzichten om duurzaam om te gaan met voedsel, water en energie. Het centrum is gevestigd in Boxtel in Noord-Brabant.

Het oorspronkelijke centrum werd gesticht in 1972 maar werd in 2011 gesloten in verband met financiële tekorten en raakte in verval. In 2017 besloot Het Collectief om De Kleine Aarde 2.0 te ontwikkelen op hetzelfde terrein. De Kleine Aarde 2.0 moet een voorbeeldfunctie krijgen voor o.a. duurzaamheid, groene technologie en vernieuwing.



Woonstichting JOOST (voorheen genaamd woonstichting St. Joseph) koopt een deel van de grond van het park en kan daar een appartementencomplex van 22 appartementen op ontwikkelen. Het gebouw wordt zodanig ontwikkeld dat deze zelfvoorzienend is, onder meer op energiegebied en in het ideale geval zelfs autarkisch. In het appartementencomplex worden innovatieve en nieuwe installatieconcepten toegepast. Het is niet de bedoeling om enkel een duurzaam gebouw te realiseren, maar duurzaam en comfortabel leven in de breedste zin des woord (wonen, voedsel, mobiliteit, ecologie, etc.).

Het appartementencomplex moet met behulp van de integratie van nieuwe technologie zelfvoorzienend worden op energiegebied, zowel voor het complex als voor de individuele huurders, waarbij ook het waterverbruik wordt beperkt en de overall natuurbelasting tot het minimum wordt teruggebracht. Zo worden douches onderzocht die slechts 2,65 liter water per minuut verbruiken in plaats van de nu gebruikelijke circa 9 liter per minuut, zonder verlies aan douchecomfort. Behalve een enorme reductie in energieverbruik levert dit ook veel minder afvalwater op.

#### 4. Doelstelling

Doel is om vanuit alle disciplines een integraal, vernieuwend gebouw- en installatieconcept op te zetten voor een appartementencomplex waarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van de schaalgrootte van 22 woningen, de ligging, de variaties in het individuele verbruik in combinatie met nieuwe installaties en technieken op het gebied van hernieuwbare energie, dat als voorbeeld dient voor duurzame bouw. Het ontwikkelen van een woningcomplex dat een totaalsysteem van maatregelen heeft om zelfvoorzienend te zijn (minimaal gebruik van externe energiebronnen en maximaal gebruik van natuurlijke bronnen), regeneratief is en duurzaam gedrag stimuleert is innovatief in Nederland. Een standaard aanpak ontbreekt dan ook.

Daarnaast is het tevens de doelstelling van het project, het realiseren van een maximaal circulair appartementencomplex, het stimuleren van duurzaam gedrag bij bewoners en het stimuleren van de biodiversiteit van het gebouw in haar omgeving.

#### 5. Werkwijze

Ten behoeve van het gaan testen en mogelijk later toepassen in het feitelijke project zijn de verschillende concepten integraal bekeken tijdens diverse ontwerpessies. Een gekozen installatieconcept heft gevolgen voor het gebouw en voor het bouwconcept. Dit werd dan met alle disciplines aan tafel bediscussieerd. Onderstaand in het hoofdstuk 'uitvoering van het project' leest u welke concepten zijn onderzocht.

Heijmans streeft naar een maximaal circulair appartementencomplex, waarbij niet alleen de herkomst, maar ook de toekomstige waarde van ieder bouwelement wordt onderzocht en gedocumenteerd. Zowel productie als verwerking van bouwelementen worden getoetst op basis van CO<sub>2</sub> uitstoot, oorsprong, recyclebaarheid, demonteerbaarheid. Heijmans gaat het project aanmelden bij Madaster en maakt aan de hand van de GPR de duurzaamheid en circulariteit van het complex meetbaar.

#### 6. Uitvoering van het project

Ten behoeve van de bouwkundige uitwerking is er met diverse leveranciers gesproken. Met name de gesprekken van de houten casco-productgroepen is de meest relevant. Omdat dit ook de meeste consequenties heeft in relatie tot installaties zijn dit soort keuzes steeds naast elkaar gewogen. Voor wat betreft de installaties zijn de volgende concepten getest en beoordeeld in deze haalbaarheidsstudie:

- Infrarood vloerverwarming (verwarming)
- PCM zonnecollector i.c.m. circulaire douche (warmtapwater)
- Neveldouche i.c.m. elektrisch doorstroomtoestel (warmtapwater)
- Vacuümbuis zonnecollectoren (verwarming)
- Zeezoutbatterij (opslag van elektrische energie)
- Verkleining elektra aansluiting (elektrische energie)
- Energiemonitoring (monitoring)
- Lucht-water warmtepomp (verwarming/warmtapwater)
- Vacuüm wandcloset (sanitair)

Voor het gebouw zijn de volgende bouwkundige uitgangspunten gehanteerd:

- Gebruiksoppervlakte ca. 1.200 m<sup>2</sup>
- Infiltratie:  $Q_{v;10} = 0,50 \text{ dm}^3/\text{s}$  per m<sup>2</sup>

Voor de gesloten delen van de thermische schil is uitgegaan van hieronder genoemde warmteweerstanden:

Onderdeel	Warmteweerstand
Buitenmuur	$R_c \geq 4,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Vloer begane grond	$R_c \geq 3,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Plat dak	$R_c \geq 6,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

Voor de overige constructieonderdelen zijn de volgende warmtedoorgangscoefficienten gehanteerd:

Onderdeel	Warmtedoorgangscoefficiënt
Buitendeur met glas	$U_{bd} = 1,20 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
Raam	$U_{raam} = 1,20 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
ZTA-waarde glas = 0,60	

De appartementen krijgen een beukmaat van 7,5 meter en liggen rug aan rug. Hierdoor is er een beperking in warmteverlies.

Onderstaand staat uitgebreider beschreven wat er per onderdeel is getest en beoordeeld. Voor de meeste installatieconcepten is er getest in een testwoning. Deze testwoning is bewoond door een stel van rond de 20 jaar.

### Infrarood Vloerverwarming

In de testwoning is onderzoek uitgevoerd naar infrarood vloerverwarming voor de verwarming van de woning. De infrarood vloerverwarming is aangebracht onder de vloerbedekking (b.v. tapijt / zeil). Met name het energiegebruik en het comfort is onderzocht.

### PCM Zonnecollector i.c.m. circulaire douche

In de testwoning is voor warmtapwater onderzoek gedaan naar een PCM zonnecollector in combinatie met een circulaire douche. Een PCM zonnecollector is vacuümbuis-zonnecollector voorzien van fase overgangsmateriaal (Phase Changing Material) voor het opwekken van warmtapwater door de zon. PCM zorgt voor een grotere opslagcapaciteit van energie ten opzichte van gewoon water. Met name zijn de technische prestaties, de energiebesparing en het comfort onderzocht.

De PCM zonnecollector heeft een bepaalde opbrengst, alleen is deze niet toereikend om in de volledige warmtapwaterbehoefte te voorzien. Om deze reden is voor het onderzoek de PCM zonnecollector gecombineerd met een elektrische boiler van 15 liter.

De circulaire douche is een douche die douchewater hergebruikt. De douche is voorzien van twee standen:

- **Spaardouche:** om te wassen en werkt als een gewone douche. Het (zeep) water spoelt weg en wordt niet meer gebruikt. De afvoer wordt afgescheiden van het reservoir met een plug.
- **Wellness cyclus:** om te genieten en werkt als een circulatiedouche. De douche begint met vers water. Het water wordt vervolgens gefilterd door een membraan in de plug, gepurificeerd met UV en ververst met warm water voordat het water terug bij de gebruiker komt.

### **Neveldouche**

De neveldouche past speciale technologie toe om water te vernevelen tot miljoenen kleine druppeltjes met een hoge snelheid. Door het traject van de miljoenen waterdruppels te optimaliseren komt er meer water in contact met de huid terwijl het debiet wordt verminderd in vergelijking met een traditionele douche. Doordat de neveldouche minder water verbruikt ten opzichte van een traditionele douche is er minder energie benodigd om het water te verwarmen. De neveldouche is getest om de energie- en water besparing te bepalen. De resultaten van het onderzoek naar de energiebesparing heeft als input gediend voor het opstelling van een gelijkwaardigheidsverklaring voor de huidige EPC-berekeningsmethode NEN 7120. Bij de neveldouche is ook het comfort van de douche uitgetest.

### **Vacuümbuis Zonnecollector**

Op De Campus van Visietech zijn testen uitgevoerd met verwarming middels een zonnecollector in combinatie met een buffervat. Tijdens het onderzoek was het buffervat tevens voorzien van een elektrisch element voor naverwarming indien de zonnecollectoren niet in de benodigde warmte konden voorzien. De zonnecollectorinstallatie was aangesloten op de vloerverwarmingsinstallatie van de keuken en toilet-ruimte van het hoofdgebouw van De Campus.

Voor de zonnecollectoren zijn de technische prestaties onderzocht. Met name wanneer en welke hoeveel warmwater er door de zonnecollectoren geleverd moet kunnen worden tijdens de verschillende perioden van het jaar en wanneer het elektrisch element ingezet moet worden.

### **Zeezoutbatterij**

Voor het onderzoek van het energieopslagsysteem is de testwoning aangesloten op een zeezoutbatterij. In de zeezoutbatterij wordt de door de zonnepanelen opgewekte elektrische energie opgeslagen die niet direct in de woning gebruikt wordt. De opgeslagen elektrische energie wordt weer ontladen als de zon niet schijnt of als er onvoldoende elektrische energie wordt geproduceerd dan gebruikt wordt. Door toepassing van een zeezoutbatterij is het ook mogelijk dat de woning autarkisch kan blijven functioneren gelijk aan als deze aan het elektranet gekoppeld zou zijn. Tijdens het gebruik is onderzoek gedaan naar de technische prestaties van de zeezoutbatterij en het comfort.

### **Verkleining van elektra aansluiting**

Standaard worden de meeste woningen/appartementen in Nederland aangesloten met 1 x 35/40A of 3 x 25A. Voor de testwoning is onderzocht of het mogelijk is om te kunnen volstaan met een lagere huisaansluiting.

### **Lucht-Water Warmtepomp**

Door de leverancier van de warmtepompen is onderzoek gedaan naar de prestaties van de warmtepomp. De warmtepompen zijn onder andere getest op de COP voor verwarmen, koelen en productie van warmtapwater. Daarnaast zijn de warmtepompen ook getest op heat-recovery, waarbij warmte uitgewisseld wordt tussen koeling en productie van warmtapwater. Tevens is er onderzoek gedaan naar het energiegebruik en comfort.

### **Vacuümtoliet**

Een vacuümtoliet maakt gebruik van vacuüm techniek waardoor er minder (drink)water benodigd is voor het doorspoelen van de toiletten. Als onderdeel van deze studie is er een werkbezoek geweest bij de leverancier en bureaustudie uitgevoerd naar de technische prestaties en comfort.

## 7. Resultaten

De verschillende installatieconcepten als omschreven in voorgaand hoofdstuk zijn onderzocht op onder andere de technische prestaties, energiegebruik, energiebesparing en comfort. Niet voor alle installatieconcepten is onderzoek gedaan naar alle onderzoekspunten. In dit hoofdstuk worden de onderzoeken van de verschillende installatieconcepten nader toegelicht en worden de resultaten besproken.

Voor de verschillende onderzoeken die zijn uitgevoerd door onder andere Visietech zijn uitgebreide onderzoeksresultaten beschikbaar. Echter worden deze niet in dit document gepubliceerd. De onderzoeksresultaten zijn namelijk vertrouwelijk en mogen (nog) niet gepubliceerd worden. Om toch de resultaten van de onderzoeken weer te kunnen geven is onderstaand een tabel weergegeven waar middels + + + en - - - het resultaat van de onderzoeken gedeeld kunnen worden.

Installatieconcept	Technische prestaties	Energiegebruik	Energiebesparing	Comfort
Infrarood vloerverwarming	++	---	n.v.t.	+
PCM zonnecollector	--	n.v.t.	++	++
Circulaire douche	-	n.v.t.	+++	++
Neveldouche	++	n.v.t.	+++	+
Vacuümbuis zonnecollector	++	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Zeezoutbatterij	++	n.v.t.	n.v.t.	++
Verkleinen elektra aansluiting	++	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Lucht-lucht warmtepomp	++	++	n.v.t.	+++
Vacuüm toilet	++	n.v.t.	n.v.t.	++
	+++	heel goed	-	onvoldoende
	++	goed	--	slecht
	+	voldoende	---	heel slecht

Naast het technisch testen zijn verschillende concepten ook in een dagelijkse situatie toegepast. Onderstaand een kort verslag van de gebruikservaring van de bewoners (man en vrouw van begin 20) van de testwoning:

- **Infrarood vloerverwarming:** *"De infrarood vloerverwarming is door ons als zeer comfortabel ervaren. Echter als primaire verwarming was dit te weinig en kregen wij de ruimte niet warm. Straling werkt op het moment dat het aanstaat maar op het moment dat de vloerverwarming uitging bleef het ook koud."*
- **PCM zonnecollector:** *"Onze bevindingen zijn hierin redelijk neutraal omdat wij niet veel verschil hebben gemerkt in warm watergebruik. Hetgeen wel voor problemen zorgde was het feit dat de buizen waar het water doorheen stroomt van kunststof waren. Het kunststof kon de warmte die de PCM collector produceerde niet aan en schoot los van de koppeling waardoor er water onze woning in kwam. Niet heel handig."*



- **Circulaire douche:** *“Deze douche was eigenlijk nog in de pre-test fase en was daarom ook nog niet helemaal geschikt om particulier te testen. Wij hebben er veel problemen mee gehad (disfunctioneren, kokend water uit de douchekop) waardoor wij soms dagen niet konden douchen. Inmiddels is deze douche uitgetest en heeft zijn intrede in de markt gemaakt. Voor de makers was het wel heel functioneel en nuttig dat wij deze tests deden.”*
- **Neveldouche:** *“Bevalt heel goed. Een zuinige douche met eindeloos warm water. De douche zelf bevalt ook heel goed. Genoeg water en warme nevel.”*
- **Verkleining elektra aansluiting:** *“Hier merken wij niet heel veel van.”*



## 8. Discussie

Door het testen van de verschillende concepten en door deze integraal te bespreken aan tafel wordt de toepasbaarheid voor het project op De Kleine Aarde beter inzichtelijk. Onderstaand treft u aan een korte opsomming van voor en tegens van diverse concepten die toegepast zouden kunnen worden in het appartementencomplex op De Kleine Aarde.

**Infrarood vloerverwarming:** met infrarood verwarming wordt gesteld dat de ruimtetemperatuur naar beneden gebracht kan worden. Uit het onderzoek komt naar voren dat dit alleen maar als prettig wordt ervaren als de infraroodverwarming aanstaat of als de ruimtetemperatuur wordt bereikt net als bij traditionele verwarming. De infraroodverwarming wordt dan niet meer gebruikt waarvoor deze bedoeld is, maar als traditionele elektrische verwarming wordt gebruikt met het bijbehorende energiegebruik. Dit is zowel van toepassing van infrarood vloerverwarming als panelen. Uit het onderzoek blijkt dat infrarood verwarming niet geschikt is als hoofdverwarming van een woning. Wel kan infraroodverwarming (panelen) ingezet worden voor snelle opwarming van slaapkamers. Over het algemeen is tijdens de nacht een lagere temperatuur gewenst dan tijdens bijvoorbeeld het maken van huiswerk door de kinderen. De infrarood verwarming werkt dan als elektrische verwarming. In plaats van infraroodverwarming kunnen ook elektrische radiatoren toegepast worden. De vloerverwarming op De Kleine Aarde zal dan ook traditioneel plaatsvinden indien gewenst.

**PCM zonnecollector:** met de PCM zonnecollector is het mogelijk de zonne-energie op te slaan in zonnecollector zelf, zodat er geen buffervat benodigd is. Uit het onderzoek blijkt dat de opslag van energie (warmte) middels PCM goed werkt. Echter zijn de investeringskosten van PCM vrij hoog, waardoor vanuit financieel oogpunt de PCM zonnecollector geen goede optie is.

**Circulaire douche:** buiten de ervaringen tijdens de testfase van de circulaire douche werkt de douche goed na het oplossen van de technische problemen. De circulaire douche is echter niet de optimale douche voor de appartementen van De Kleine Aarde.

**Neveldouche:** de neveldouche heeft een kleiner waterdebiet ten opzichte van een traditionele douche met een vergelijkbare douche ervaring. Hierdoor wordt er minder water en energie voor energie gebruikt ten opzichte van een traditionele douche.

**Vacuümbuis zonnecollector:** uit het onderzoek naar de vacuümbuis zonnecollectoren in combinatie met elektrische naverwarming komt naar voren dat de installatie voorzien moet zijn van een goede regeling van de zonnecollectoren, zodat optimaal gebruik gemaakt kan worden van zonne-energie en dat het elektrisch element voor naverwarming zo min mogelijk ingezet zal worden. Daarnaast blijkt dat de vacuümbuizen niet voor alleen maar verwarming ingezet moeten worden. Voor een optimaal gebruik van de zonne-energie kunnen de vacuümbuizen het beste ingezet worden voor warmtapwater of een combinatie van verwarming en warmtapwater. In de zomermaanden heeft de zonnecollector de grootste bijdrage, maar op een zonnige winterdag leveren de vacuümbuizen ook nog een grote bijdrage aan de warmtevraag.

**Zeezoutbatterij:** uit het onderzoek komt naar voren dat er voor het batterijmanagement systeem in combinatie met het energie management systeem nader onderzoek en ontwikkeling uitgevoerd moet worden.

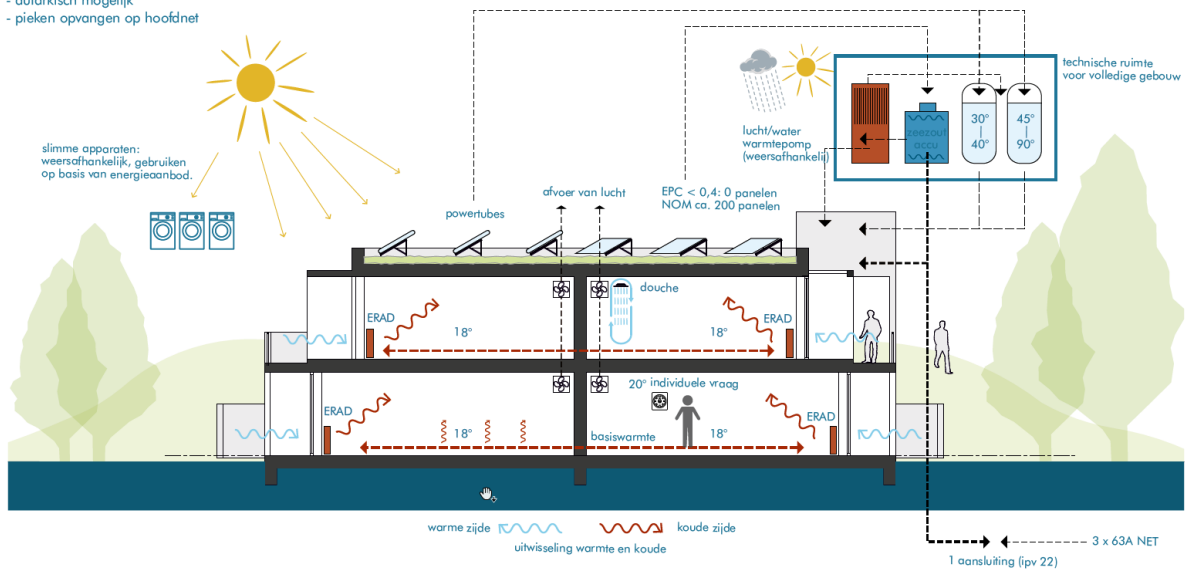
**Verkleining elektra aansluiting:** een elektra aansluiting kan verkleind worden. Hierbij is het wel van belang dat er een goede analyse gemaakt moet worden van het maximum vermogen van de installatie, zeker in combinatie met zonnepanelen. Als tijdens de donkere dagen van het jaar de zonnepanelen onvoldoende elektrische energie opwekken en er meer stroom van het elektranet benodigd is, moet de elektra aansluiting het gevraagde vermogen kunnen leveren. Als het gebouw een te kleine elektra aansluiting heeft, klapt de zekering eruit. Een weersgestuurde regeling kan een bijdrage leveren aan de verspreiding van het energiegebruik afgestemd op het weer. Door toepassen van een zeezoutbatterij is het ook mogelijk om de elektra aansluiting te verkleinen, alleen hiervoor moeten de managementsystemen nog verder ontwikkeld worden.

**Lucht-Water warmtepomp:** het voordeel van de lucht water warmtepomp is tevens dat deze ingezet kan worden voor koeling. Tijdens koelbedrijf kan er warmte uitgewisseld worden tussen koelen en de productie van warmtapwater, zogenaamde heat-recovery. Door de leverancier is het recovery systeem verder doorberekend. In samenwerking met de leverancier van de warmtepompen is Visietech bezig om software te ontwikkelen om de warmtepompen weersgestuurd in te gaan zetten.

**Vacuüm toilet:** na het werkbezoek en de bureaustudie van Visietech staan de deelnemers positief tegenover het toepassen van een vacuüm toilet, zowel technisch als qua comfort bezien

## INSTALLATIEPRINCIPE

- gebruik van basiswarmte
- batterij / accu op zeezout
- buffervaten met PCM
- sturing op weersvoorspelling
- autarkisch mogelijk
- pieken opvangen op hoofdnet



## 9. Conclusie en Aanbevelingen

Deze haalbaarheidsstudie heeft enorm bijgedragen in het uitwerken van een goed pakket aan maatregelen voor het appartementencomplex op De Kleine Aarde. Middels de verschillende onderzoeken door de deelnemers en de samenwerking met leveranciers van de verschillende installatieconcepten zijn we tot (voorlopige) samenstelling gekomen van het duurzame installatieconcept voor het appartementengebouw. Voor een aantal installatieconcepten is nog verder onderzoek nodig, dit wordt in aanbevelingen (aan het einde van dit hoofdstuk) nader toegelicht.

**Verwarming:** collectieve vacuümbuis zonnecollectoren met als back-up lucht-water warmtepompen. In de appartementen wordt voor de basisverwarming vloerverwarming toegepast, die vanuit de collectieve installatie gevoed wordt. De vloerverwarming zorgt voor de basisverwarming met een temperatuur van 18°C. Met elektrische radiatoren in de verblijfsruimten en badkamer kunnen de bewoners de betreffende ruimte verwarmen tot op de gewenste ruimtetemperatuur.

**Warmtapwater:** collectieve vacuümbuis zonnecollectoren met als back-up lucht-water warmtepompen, gelijk aan verwarmingsinstallatie. In de appartementen wordt een afleverset in combinatie met booster geplaatst. Om het energiegebruik voor warmtapwater te beperken wordt een neveldouche toegepast.

**Ventilatie:** ventilatiesysteem D – mechanische toevoer en mechanische afvoer met warmteterugwinning. Het ventilatiesysteem is CO<sub>2</sub> gestuurd.

**Zeezoutbatterij:** heeft een groot toekomstpotentieel, alleen is er nog nader onderzoek nodig voor het batterijmanagementsysteem in combinatie met het energiemangement-systeem. Met de zeezoutbatterij is het voor het appartementengebouw van De Kleine Aarde mogelijk om het gebouw autarkisch te laten zijn of kan volstaan worden met een kleinere elektra aansluiting.

**Koeling:** goede isolatie en luchtdichtheid van een gebouw zorgt ervoor dat er minder warmteverlies is de bouwkundige constructie, hierdoor is er minder energie benodigd om het gebouw te verwarmen. Een nadeel van goede isolatie en luchtdichtheid is dat tijdens de warmere perioden van het jaar de ruimten in het gebouw langzaam opwarmen door onder andere transmissie door de bouwkundige constructie, zoninstraling en interne warmtelast. De warmte wordt niet via de bouwkundige constructie afgevoerd. Voor een aangenaam binnenklimaat en het tegengaan van overmatige opwarming wordt koeling in het gebouw toegepast.

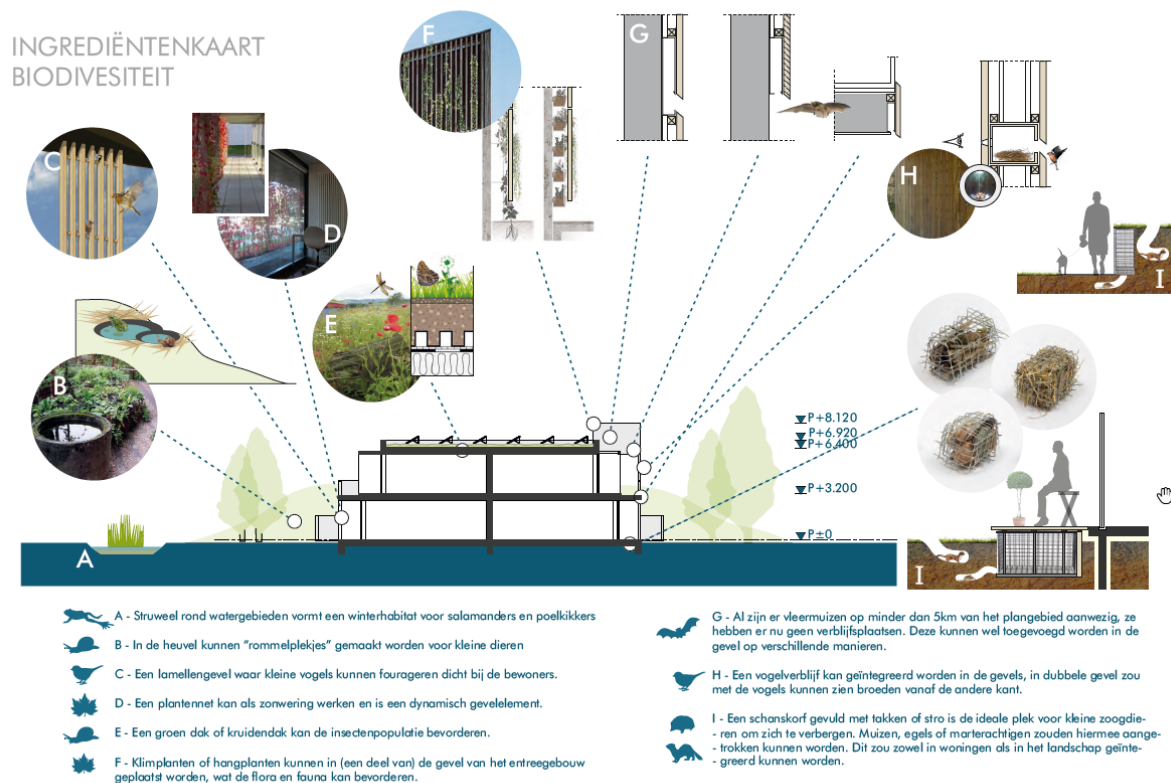
**Sanitair:** om het watergebruik in het appartementengebouw te beperken wordt een vacuüm toilet toegepast.

Naast bovenstaande installatieconcepten waar onderzoek naar gedaan is, worden er ook nog installaties toegepast voor het appartementengebouw van De Kleine Aarde waar geen nader onderzoek voor is uitgevoerd.

De appartementen wordt in de basis voorzien van ventilatiesysteem D – mechanische toevoer en mechanische afvoer met warmteterugwinning. In de berging wordt een warmteterugwin-unit (WTW) geplaatst met een warmtewisselaar, Itho Daalderop WTW HR 200. Deze warmtewisselaar heeft een rendement van meer dan 90%. De ventilatielucht wordt in woon-/slaapkamer ingeblazen en afgezogen in de keuken, badkamer en berging. Circa 90% van warmte van de afgezogen lucht wordt in de warmtewisselaar overgedragen aan de verse buitenlucht welke in de woning wordt ingeblazen, waardoor met een hogere temperatuur wordt ingeblazen dan de temperatuur van de buitenlucht, dit zorgt voor energiebesparing. Het ventilatiesysteem is CO<sub>2</sub> gestuurd, bij toename van de CO<sub>2</sub> concentratie in het appartement zal de ventilatieunit optoeren voor extra toevoer van verse buitenlucht. Hierdoor zal de CO<sub>2</sub> concentratie afnemen, zodat een optimaal binnenklimaat wordt gerealiseerd.

Op het dak van het appartementengebouw worden zonnepanelen toegepast. De zonnepanelen wekken met name de benodigde elektrische energie op voor het gehele gebouw, met name voor de collectieve verwarmingsinstallatie, de algemene voorzieningen en de appartementen.

Verder komt uit het projectteam naar voren dat met de focus op het inzetten van circulair bouwen en het maximaal inzetten van duurzame bronnen er gedacht wordt aan de volgende maatregelen: Massieve houtbouw, lokale materialen, all-electric installaties, helofytenfilter ten behoeve van hergebruik water, centrale wasvoorziening, opvang zwart water ten behoeve van de biomassacentrale en maximale inzet van de opgevangen warmte en elektra.



FAAM architects

Het realiseren van een gebouw in zijn omgeving heeft impact op verschillende biologische factoren, zoals landschap, flora, fauna, waterhuishouding. Ook het realiseren van een circulair gebouw heeft impact op De Kleine Aarde. De bestaande biologische situatie van de natuur is gedocumenteerd aan de hand van de Ecological Performance Standard, waardoor veranderingen in de loop der jaren goed meetbaar zijn. Het gebouw is zo ontworpen dat de biodiversiteit en waterhuishouding van het terrein na vijf jaar is verbeterd. Vanaf de start werken ecologen mee, zodat het woongebouw straks een huis is voor verschillende dier- en plantensoorten. Dat kan door de materialisering, waterberging of groene gevels. Het woongebouw is een gebouw waar de natuur in is 'geïntegreerd', en heeft ook tot doel de toekomstige bewoners bewust te maken van hun impact op de leefomgeving. Duurzaam leven is meer dan wonen in een duurzaam gebouw. Het gebouw is slechts een klein onderdeel van de impact op de CO<sub>2</sub> besparing. Om impact te maken zullen we ook iets met gedrag moeten doen.

Daarom gaat het collectief met de huurders en andere geïnteresseerden aan de slag met mobiliteit, spullen, afval en voedsel. Samen proberen we een definitie te vormen van duurzaam leven, wat beïnvloed kan worden en welke samenwerkingen je hierin aan kunt gaan. Bijvoorbeeld door elektrische deelauto's te gebruiken, een voedselvermaler in de keuken en spullen als wasmachines gezamenlijk te gebruiken. Maar bovenal door te laten zien dat duurzaam leven ook comfortabel wonen kan zijn, voor iedereen.

Behalve de betonnen fundering is de constructie van de 22 appartementen volledig opgebouwd uit kruisgelamineerd hout: massieve houten platen die bestaan uit drie of vijf lagen geperst en kruislings gelijmd hout. Hout past perfect bij een duurzame en circulaire oplossing. Tijdens de groei absorberen bomen koolstofdioxide, dat gevangen blijft in het hout, terwijl bij productie van bijvoorbeeld beton juist CO<sub>2</sub> vrijkomt. En waar beton een levensduur heeft van maximaal 100 jaar, gaat kruisgelamineerd hout wel 1.000 jaar mee.

Circulair is massieve houtbouw ook, omdat het een droogbouwsysteem is. Je hebt enkel schroeven nodig om het gebouw in elkaar te zetten, daardoor kun je het in theorie zo uit elkaar halen en ergens anders weer opbouwen, hout is het enige constructiemateriaal dat in de natuur groeit.

Een uitdaging voor het wooncomfort is het trillen van de vloer. Doordat hout zo licht is, trilt het sneller. Als je daar geen rekening mee houdt in een appartementencomplex, voelen de burens de vloer trillen als jij in je appartement loopt. Om dat op te lossen, maken we een doos-in-doos constructie. Ieder appartement heeft zijn eigen constructieve wanden, die losstaan van die van de burens.

Dit project heeft een enorm herhalingspotentieel, omdat deze innovatieve energietechnologie kan worden toegepast bij appartementencomplexen die nog gebouwd moeten worden of die gerenoveerd gaan worden. Heijmans bouwt alleen al ca. 500 appartementen per jaar waar deze technologie toegepast zou kunnen worden. Daarnaast bouwen en renoveren Woonstichting JOOST en andere woningcorporaties appartementen die hiervoor ook in aanmerking komen

## **Aanbevelingen**

De Nederlandse gasinfrastructuur is erop gebaseerd dat woningen verwarmd worden met gas en niet met elektra. De transitie die de komende jaren plaats zal vinden om van het gas af te gaan zal gaan zorgen voor een grote belasting op het elektranet. Het huidige elektranet in Nederland is namelijk niet ontworpen en aangelegd om naast het persoonlijke energiegebruik (koelkast, tv, koken, verlichting enz.) tevens te voorzien in elektrische energie voor verwarming, koken, warmtapwater en ook steeds meer de elektrische auto. Ook van invloed op de belasting van het elektranet is de opkomst van particuliere zonnepanelen installaties. Bij zonnepanelen installaties wordt de meeste elektrische energie midden op de dag opgewekt. Midden op de dag zijn de meeste bewoners niet thuis, het energiegebruik is dan ook laag, terwijl de opbrengst van de zonnepanelen dan hoog is. Als spin off vanuit de voorgaande onderzoeken gaan er nu onderzoeken komen die te maken hebben met het ontlasten van het elektriciteitsnetwerk.

Zo staan de volgende onderzoeken en ontwikkeling op de planning:

- Het batterijmanagementsysteem in combinatie met het energiemanagementsysteem.
- Zonnepanelen produceren energie bij dag/zonlicht en niet als het donker is. Kleine windturbines kunnen bij geen daglicht ook elektrische energie produceren. Het onderzoek zal bestaan uit het onderzoeken van de bijdrage die een kleine windturbine kan leveren;
- Gelijkwaardigheidsverklaring neveldouche voor nieuwe EPC-berekeningsmethode NTA 8800;
- Onderzoek naar Smart Grids waarbij de woningen via een slim elektranetwerk aan elkaar gekoppeld zijn. Met het Smart Grid kan onderling elektrische energie uitgewisseld worden en opslag in zeezoutbatterij.
- In voorbereiding onderzoek toepassen van waterstof in gebouwen in combinatie met Smart Grid.