

2011



Aardehuizen / Permacultuur Meerstad Groningen

Onderzoeksrapport

Studenten:

Bram van loon

Joost Schreuder

Benjamin Boerma

Datum: 27-06-2011

Onderzoeksrapport

Aardehuizen / Permacultuur Meerstad Groningen
Boerderij

Datum:
Groningen 27-06-'11

Studenten:
Benjamin Boerma
Studentnr. 307676

Joost Schreuder
Studentnr. 311673

Bram van Loon
Studentnr. 323460

Opdrachtgever:
Alex van Spijk

Afstudeerbegeleider:
Robert Ovbiagbonhia

Lezer
Ronald de Vrieze

Opleiding:
Hanzehogeschool
Bouwkunde- Architectuur 1^e fase
Atelier D

Samenvatting

Het ontwerp van het plangebied 'Buiten Gebied Project Meerstad' ligt aan de start van ons afstudeerproject. De vraag aan ons is: ontwerp vanuit de permacultuur principes een multifunctioneel agrarisch bedrijf dat past binnen dit plangebied.

Dit onderzoek is opgesplitst in verschillende deelonderzoeken. In het eerste onderzoek is permacultuur onderzocht. Dit onderzoek gaat in op de ontwerpprincipes van permacultuur. Het onderzoek legt daarna uit wat ontwerpkenmerken zijn. Vervolgens worden er voorbeelden gegeven van permacultuur principes die vertaald zijn naar ontwerpkenmerken. Tot slot wordt er beschreven hoe de principes in het ontwerp zijn toegepast.

In het tweede deelonderzoek is onderzocht hoe een agrarisch bedrijf functioneert binnen de permacultuur principes. Het agrarisch bedrijf zal de motor van de wijk worden. Het bedrijf zal de wijk voorzien van voedsel en het afval zal worden verwerkt tot energie. Het bedrijf vervult een centrale rol binnen de opzet van de wijk. Deze samenleving werkt nauw samen om voedsel te produceren en te verwerken.

In het derde deel is het concept Earthship bestudeerd. Dit onderzoek heeft voornamelijk betrekking op de toepassing van materialen en technische systemen waarvan verschillende Earthships gebruik maken. Aan de hand van deze twee onderwerpen worden de Earthships geanalyseerd, vanuit het bouwkundig en architectonisch oogpunt en met de voorafgaande onderzoeken in het achterhoofd.

Het onderzoek naar de architectonische en bouwkundige vormgeving heeft betrekking op de constructie, vormgeving, plattegrondindeling en exterieur aanzicht. Veel materialen en installaties die voor Earthships worden gebruikt zijn niet toepasbaar zijn in een Nederlandse situatie. Dit blijkt uit een analyse van het Earthship te Zwolle. De oorzaken hiervan zijn

het klimaat, de bestaande materialenkringloop en de Nederlandse regelgeving. Er zijn verschillende alternatieve materialen en installaties die wel geschikt zijn om toe te passen in een Nederlandse situatie. Hieronder vallen strobalen, turf, vacuümbuiscollectors en leemkachels.

Uiteindelijk na aanleiding van het onderzoek 'Earthships' hebben we ook het hockerton housing project onderzocht / bestudeerd. Dit project komt meer overeen met ons ontwerp en een permacultuur samenleving. Het ontworpen agrarisch bedrijf is eigenlijk een combinatie van permacultuur, earthship en Hockerton housing.

In het aanvullend materiaal onderzoek worden verschillende materialen en installaties vergeleken door middel van een literatuur onderzoek en een multi-criteria analyse.

Het laatste onderzoek gaat in op passieve warmte. Dit onderzoek gaat over de werking van thermische massa en de principes van passieve warmtewinning. In dit rapport staat ook de rekenkundige controle van de passieve warmte principes, samen met een conclusie en aanbevelingen voor de installaties en aanbevelingen voor verder onderzoek.

Deze onderzoeken vormen samen de basis van ons ontwerp en worden samengevat in het adviesrapport.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	10
2. Deelvraag 1.....	11
2.1. Wat is permacultuur?.....	12
2.1.0 Permacultuur	12
2.1.1 Achtergrond informatie	12
2.2. Wat zijn de kenmerken van permacultuur?	13
2.2.1 Inleiding	14
2.2.2 Observeer en ga een reactie aan	14
2.2.3 Vang en sla energie op	15
2.2.4 Verkrijg een surplus.....	16
2.2.5 Pas zelfregulatie toe en accepteer feedback	16
2.2.6 Gebruik en waardeer hernieuwbare bronnen en diensten	16
2.2.7 Produceer geen afval.....	17
2.2.8 Ontwerp van patroon naar detail	17
2.2.9 Integreren in plaats van scheiden	17
2.2.10 Gebruik kleine en langzame oplossingen	18
2.2.11 Gebruik en waardeer verscheidenheid	18
2.2.12 Gebruik randen en waardeer de marge	18
2.2.13 Reageer op en gebruik veranderingen op een creatieve manier.....	18
2.3. Wat is een permacultuur samenleving?.....	19

2.4. Wat zijn ontwerpkenmerken?.....	20
2.4.1 Inleiding.....	20
2.4.2 Context.....	20
2.4.3 Elementen	20
2.4.4 Verband.....	21
2.5. Hoe zijn de permacultuur principes te vertalen naar ontwerpkenmerken?.....	22
2.5.1 Inleiding.....	22
2.5.2 Uitgangspunten	22
2.5.3 Randvoorwaarden	22
2.5.4 Architectuur beschouwing	22
2.5.5 Ontwerpproces.....	22
2.5.6 Ruimtelijke elementen.....	24
2.5.7 Tektonische instrumenten	24
2.5.8 Tactiele instrumenten.....	24
2.5.9 Fysische elementen	25
2.5.10 Functionele elementen	25
2.5.11 Structuur	25
2.5.12 Compositie	26
2.5.13 Concept.....	26
2.6 Hoe passen wij de Permacultuur principes toe?.....	27
2.7. Eigen mening.....	28

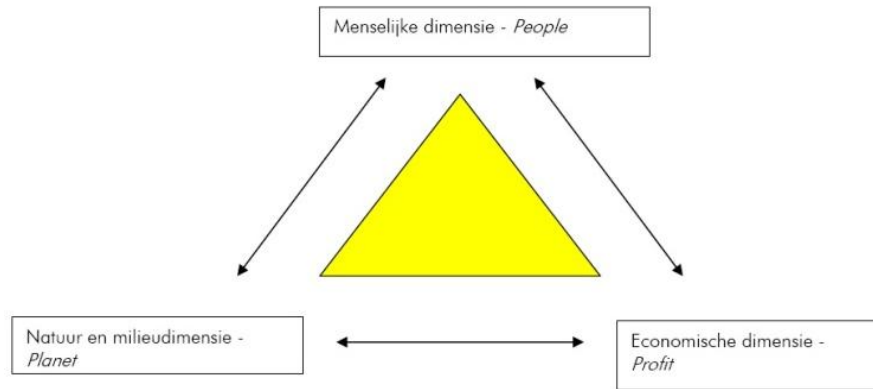
2.7.1 wat is transitie?.....	28	4.10 Waar is het materiaal toegepast, binnen de Eartship?	38
3. Deelvraag 2.....	29	4.11 Wat zijn de bouwkundige eigenschappen van het materiaal?	38
3.1 Wat is de functie?	30	4.12 Waarom is er voor gekozen om dit materiaal toe te passen?	39
3.2 Welke activiteiten vinden er plaats?.....	30	4.13 Van welke systemen maken Eartships gebruik?	39
3.3 Hoe groeit het bedrijf mee met de populatie?.....	30	4.14 Wat voor systeem is het?	40
3.4 Welke relatie heeft het bedrijf met de omgeving?.....	30	4.15 Wat zijn de (fysische) eigenschappen van het systeem?.....	40
3.5 Waarom Biodiversiteit?.....	31	4.16 Waarom is er voor dit syteem gekozen?	40
3.6 Hoe regelen we de water beheersing?	31	4.17 Wat zijn de voor- en nadelen van dit systeem?.....	41
3.7 Hoe regelen we de afval beheersing?.....	31	5. Hockerton Housing Project.....	42
3.7.1 Welke materialen komen in aanmerking voor vergisting?.....	33	5.1 Inleiding	43
3.8 Hoe regelen we de ruimtelijke Organisatie?	33	5.2 Regeling functies woningbouw	44
4. Deelvraag 3.....	34	5.3 Ontwerp.....	44
4.1 Hoe is of wordt een Eartship opgebouwd, bouwtechniek?	35	5.4 Het gebouw.....	45
4.2 Hoe zit een Earthship constructief in elkaar?.....	36	5.5 Oriëntatie	45
4.3 Waarom is gekozen voor deze vorm?.....	36	5.6 Ruimteverwarming en warm water	45
4.4 Waarom is er gekozen voor deze plattegrondindeling?	37	5.7 Ventilatie.....	45
4.5 Hoe en op welke manier voldoet een Earthship aan het conform van deze tijd?	37	5.8 Energieverbruik	46
4.6 Is een Earthship plaats afhankelijk en waarom is gekozen voor deze situering?.....	37	5.9 Monitoring binnenklimaat	47
4.7 Van welke materialen maken Eartships gebruik?.....	38	5.10 Conclusies en ontwerp lessen	48
4.8 Wat voor materiaal is het?	38	6. Aanvullend Materiaal onderzoek.....	49
4.9 Waar komt het materiaal vandaan?	38	6.1 Energie.....	56
		6.1.1 Geothermische-energie	56

6.1.2 Elektriciteit uit aardwarmte.....	56	6.6.2 Zwartwater.....	65
6.1.3 Aardwarmte in Nederland.....	56	6.7 Gemaakte keuzes.....	66
6.1.4 Zonne-energie.....	57	6.7.1 Plafondafwerking.....	66
6.1.5 Windenergie.....	58	6.7.2 Kozijnen.....	66
6.2 Warmte.....	60	6.7.3 Buitenwanden (Thermisch).....	66
6.1.1 Thermische massa.....	60	6.7.4 Beglazing.....	66
6.3 Water:.....	61	6.7.5 Isolatie.....	67
6.3.1 Drinkwater.....	61	6.7.6 Energie.....	67
6.3.2 Waterfilters.....	61	6.7.7 Waterhuishouden.....	68
6.3.3 Omgekeerde osmose installatie.....	61	6.7.8 Temperatuur beheersing.....	68
6.3.4 Destillatie.....	61	6.7.9 Warm tapwater bereiding.....	68
6.4 Waterwinning.....	62	6.7.10 Ventileren.....	69
6.4.1 Hemelwater.....	62	6.7.11 Bouwtechniek.....	69
6.4.2 Oppervlaktewater.....	62	6.7.12 Vloerconstructie.....	69
6.4.3 Grondwater.....	63	6.7.13 Fundering.....	69
6.5 Warmwater.....	63	6.7.14 Vloerafwerking.....	69
6.5.1 Zonneboiler.....	63	6.7.15 Binnenwanden.....	70
6.5.2 Kachel.....	63	6.7.16 Deuren.....	70
6.5.3 Vacuümbuiscollector.....	63	6.7.17 Dakconstructie.....	70
6.5.4 Warmtepompboiler.....	64	6.7.18 Dakbedekking.....	70
6.6 Hergebruik van water.....	64	6.7.19 Waterafvoer.....	71
6.6.1 Grijs water.....	64	7. Passieve warmte en ventilatie.....	72

7.1. Strategieën	73	7.5.1 uiteindelijke toepassing	84
7.1.1 Strategie 1. Maximale winst van zonnestraling.	73	7.5.2 Aanbeveling toekomst	84
7.1.2 Strategie 2. Zomers minder zon inval, s' winters meer zon inval.	74	8. Bronnen	85
7.1.3 Strategie 3. Zonne-energie vangen en verplaatsen met geleiding.	75	9. Bijlagen	86
7.1.4 Strategie 4. Zonne-energie vangen en verplaatsen met convectie.	75	Bijlage 2. Bouwfysische gegevens huis.....	86
7.1.5 Strategie 5. Opslaan van zonne-energie.....	75	Bijlage 3. CASAnova modellen.....	87
7.1.6 Strategie 6. Voorkomen dat warmte energie weglekt	76	Bijlage 4. stationaire berekeningen.....	88
7.1.7 Verminderen warmtevraag.....	76		
7.2 Modellen.....	77		
7.1.2.1 Passieve warmtemodellen.....	77		
7.2.2. passieve ventilatie modellen.....	79		
7.2.3. Model 2. Lucht afkoelen door vegetatie en een fontein	79		
7.3 Toepassing.....	80		
7.3.1 Strategieën en methodes	80		
7.3.2 Modellen.....	80		
7.4 Rekenkundige controle	81		
7.4.1 grond	81		
7.4.2 dynamisch rekenmodel (CASAnova)	81		
7.4.3 stationair rekenmodel	82		
7.3.4 aannames voor de methodes en modellen	83		
7.5 Conclusie	84		

1. Inleiding

In deze unieke combinatie van aardehuizen en permacultuur worden alle aspecten van duurzaamheid gecombineerd:



Afb. duurzaamheid driehoek

People: Door het verbouwen van eigen voedsel, te werken aan de waterzuivering of windmolens te repareren, worden mensen ervan bewust waar hun energie, water en voedsel vandaan komt.

Omdat dit werk op de schaal van een wijk (i.p.v. bijvoorbeeld nationaal) gedaan wordt, wordt de gemeenschapszin vergroot.

Prosperity: Bij een toenemende brandstofprijs worden hernieuwbare energiebronnen steeds waardevoller, hierbij wordt er binnen ons project niet alleen naar elektriciteit gekeken, maar ook naar energie in vorm van warmte, water, voedsel en bouwmaterialen.

Planet: Door gebruik te maken van hernieuwbare bronnen en diensten, wordt de natuur niet uitgeput. In ons project gaan we zelfs een stap verder door de natuurlijke omgeving te optimaliseren, voor de mens en de natuur, aan de hand van natuurlijke ontwerpprincipes.

Dit rapport geeft antwoord op de vraag van onze afstudeeropgave:

“Ontwikkel een duurzame agrarisch bedrijf aan de hand van natuurlijke ontwerpregels”. Dit hebben wij gedaan in samenwerking met de toekomstige bewoners en onze opdrachtgever. Dit rapport vormt de aanleiding voor ons adviesrapport wat in combinatie met de definitieve ontwerptekeningen het uiteindelijke advies naar onze opdrachtgever toe vormt.

Dit onderzoeksrapport is onderdeel van de resultaten van het afstudeerproject “aardehuizen / permacultuur Meerstad” van Benjamin Boerma, Joost Schreuder en Bram van Loon. Allen studenten Bouwkunde – Architectuur 1^e fase aan de Hanze hogeschool te Groningen.

2. Deelvraag 1

Hoe kunnen de principes van permacultuur worden vertaald naar ontwerpkenmerken?

Om een agrarisch bedrijf te ontwerpen aan de hand van permacultuur principes moet eerst de bovenstaande deelvraag beantwoordt worden. Hierbij

- Wat is permacultuur?
- Wat zijn de kenmerken van permacultuur?
- Wat is een permacultuur samenleving?
- Wat zijn ontwerpkenmerken?
- Hoe zijn de permacultuur principes te vertalen naar ontwerpkenmerken?
- Hoe passen wij de Permacultuur principes toe?

Het doel van dit onderzoek is het ontwerp ondersteunen. Het onderzoek is daarom niet wetenschappelijk, maar informerend en sturend naar ons zelf toe.

2.1. Wat is permacultuur?

2.1.0 Permacultuur

Het begrip permacultuur had oorspronkelijk een agrarische betekenis:

“Permacultuur is een integraal en evoluerend systeem van vaste of zichzelf in stand houdende planten en dieren, die waardevol zijn voor de mens” (1)

Vervolgens werd het begrip toegepast op meerdere gebieden buiten de agricultuur en veranderde de betekenis naar:

“ Permacultuur is een bewust ontworpen landschap die de patronen en relaties in de natuur nabootst, daarbij brengt het systeem een surplus op van voedsel, vezels en energie” (1)

Permacultuur is meer dan alleen deze betekenis. Het omvat ook het proces naar deze visie toe:

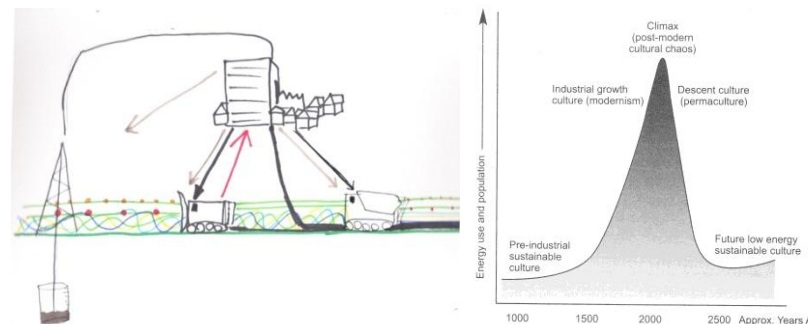
“Permacultuur is het gebruik van systeem denken en ontwerpprincipes die het georganiseerde raamwerk vormen voor de implementatie van de bovenstaande visie.” (1)

2.1.1 Achtergrond informatie

“Het doel van permacultuur is samenwerking tussen de mens en de omliggende natuur gericht op een lange termijn overleving van beide. Met permacultuur ontwerpt men een functioneel systeem om de mens heen met de sterkte en veerkracht van een ecosysteem.

Permacultuur is een vertaling van het Engelse woord 'permaculture'. Permaculture is een samengesteld begrip van Permanent Agriculture en

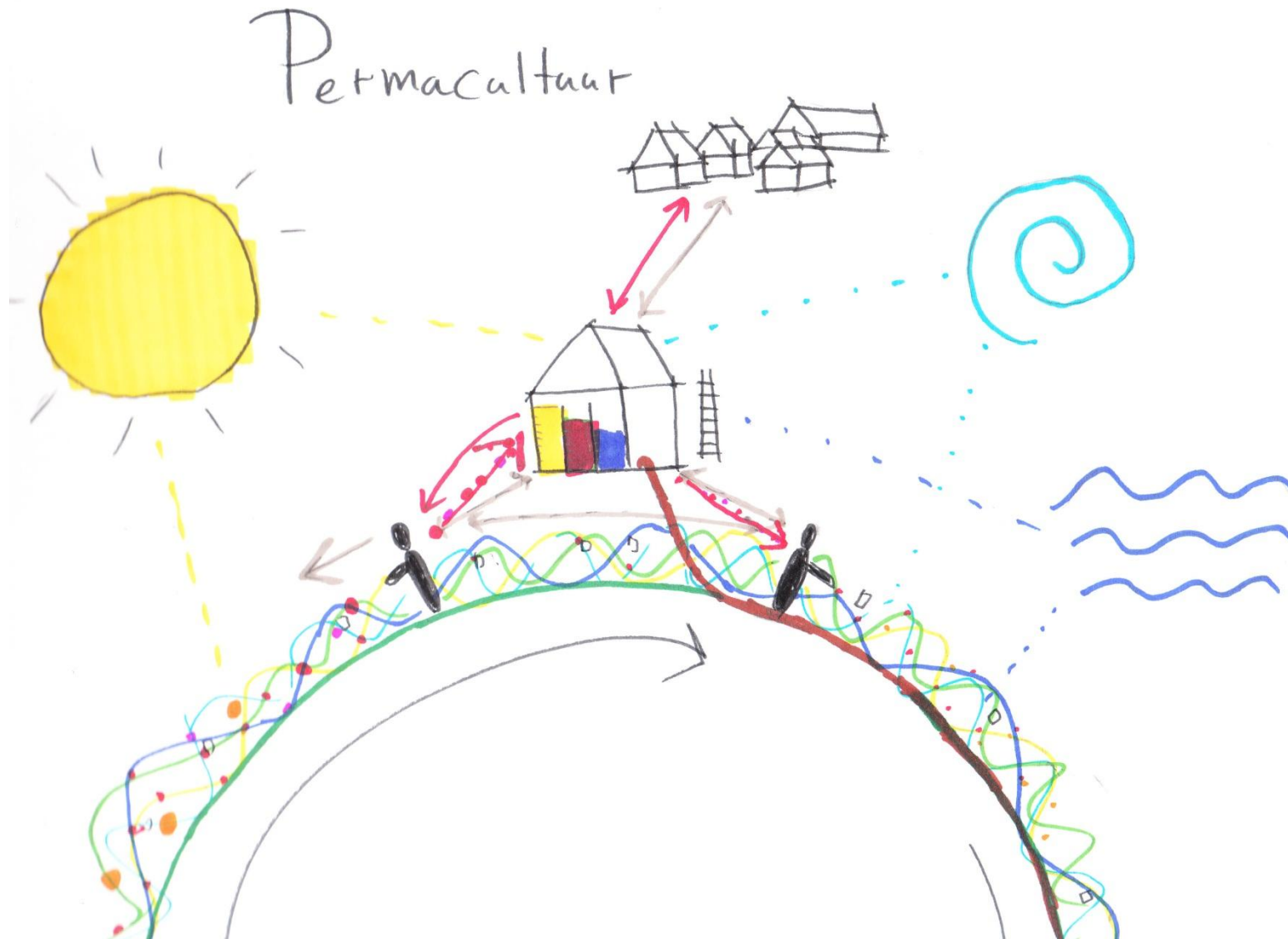
Permanent Culture. Het is in de jaren '70 aan de universiteit van Tasmanië (Australië) ontwikkeld door Bill Mollison en David Holmgren. De bedenkers hebben permacultuur ontwikkeld om oplossingen te vinden voor een groot aantal problemen die de monocultuur landbouw met zich meebrengt. In Australië namen verwoestijning en bodemerosie schrikbarende vormen aan. Daarnaast zijn problemen als kunstmest dat het grondwater vervuult, te veel bestrijdingsmiddelen en grootschalige ziekten in monocultuurproducten wereldwijd een groot probleem.



Afb. Monocultuur (fig 1) en de gevolgen (fig 2)

Permacultuur heeft voor deze problemen oplossingen gevonden door de ecologische wetten die opgaan voor een natuurlijk ecosysteem te bestuderen. Aan de hand van deze principes wordt een systeem ontworpen dat functies heeft voor de mens, bijv. voedselvoorziening, met de veerkracht van een natuurlijk ecosysteem. Hierin komt permacultuur in principe overeen met biologische landbouw, die zich ook baseert op ecologie. Permacultuur is echter als ontwerpsysteem verder doorgevoerd. Men ontwerpt de natuur letterlijk om de mens heen. In de praktijk is permacultuur meestal gericht op zelfvoorzienende landbouw, terwijl biologische landbouw meer productiegericht is, en in dit opzicht tussen permacultuur en chemisch-industriële landbouw instaat”(2)

2.2. Wat zijn de kenmerken van permacultuur?



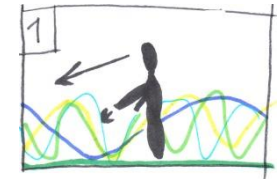
2.2.1 Inleiding

De kenmerken van permacultuur zijn het beste uit te leggen aan de hand van de 12 principes van permacultuur. Deze principes zijn bedacht door de grondleggers van permacultuur Bill Mollison en David Holmgren. Het zijn korte slogans die dienen als een soort checklist om een permacultuur systeem te ontwerpen, realiseren en onderhouden. De principes zijn:

1. Observeer en ga een interactie aan
2. Vang en sla energie op
3. Verkrijg een surplus
4. Pas zelfregulatie toe en accepteer feedback
5. Gebruik en waardeer hernieuwbare bronnen en diensten.
6. Produceer geen afval
7. Ontwerp van patroon naar detail
8. Integreren in plaats van scheiden
9. Gebruik kleine en langzame oplossingen
10. Gebruik en waardeer verscheidenheid
11. Gebruik randen en waardeer de marge
12. Reageer op en gebruik veranderingen op een creatieve manier

In dit hoofdstuk zullen alle 12 principes kort behandeld worden.

2.2.2 Observeer en ga een reactie aan



Een goed ontwerp volgt uit een vrije en harmonieuze relatie tussen mens en natuur, waarin nauwlettende observatie en doordachte interactie de inspiratie, het repertoire en de patronen leveren voor het ontwerp.

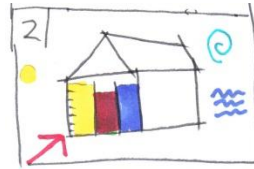
Het ontwerp kan niet in isolement worden gemaakt, maar door continue en wederzijdse interactie.

Belangrijke aandachtspunten zijn hierbij:

- Alle observatie is relatief.
- Top>bodem denken, bodem>top actie.
- Het landschap is het leerboek.
- Niet alleen kijken maar ook ruiken, voelen en proeven.
- Falen is bruikbaar zolang we er van leren.
- Elegante oplossingen zijn simpel, vaak zelfs onzichtbaar.
- Maak een zo klein mogelijke ingreep.
- Voorkom te veel van het goede.
- Het probleem is de oplossing.
- Onderken en breek uit de ontwerp dogma's.

2.2.3 Vang en sla energie op

Permacultuur gaat over het ontwerpen van een duurzame energieloop. Het herkennen, vangen en opslaan van energie is daarom erg belangrijk. Hieronder volgt een lijst van energiebronnen en hun toepassingen, ingedeeld in externe energie bronnen en interne energiebronnen.



Externe energiebronnen

Externe energiebronnen zijn bronnen en diensten die van buiten het energie systeem komen en niet beïnvloedbaar zijn.

De belangrijkste hiervan is Zonne-energie. De energie van de zon kan direct gebruikt worden om hout, gewassen en kleren te drogen. Zonne-energie kan ook opgeslagen worden in de vorm van biomassa (Fotosynthese!) in de vorm van warmte (warm water; zonneboiler en passieve warmteopslag in materialen) en in de vorm van elektriciteit (zonnepanelen)

Windenergie kan direct omgezet worden in kinetische energie, door middel van een molen of opgeslagen worden als elektriciteit d.m.v. een generator.

Stromend water is bruikbaar voor irrigatie, aquacultuur en energieopwekking.

"Afval" energie, de overblijfselen van het industriële tijdperk, zo stelt de permacultuur leer, zullen opnieuw gebruikt kunnen worden voor een andere functie. Bijvoorbeeld het gebruik van (de energie die opgeslagen is in de vorm van) autobanden als constructief materiaal. Deze bron is niet hernieuwbaar maar kan wel de transitie naar een permacultuur samenleving helpen.

Interne energiebronnen

Interne energiebronnen zijn bronnen en diensten die binnen het energiesysteem kunnen worden gebruikt. Maar deze bronnen moeten wel onderhouden worden en zijn in het systeem verbonden met elkaar.

De energie van een natuurlijk ecosysteem wordt opgeslagen in natuurlijke rijkdom. Hierbij gaat het over de kwaliteit en kwantiteit van

- water
- levende grond
- bomen
- Zaden

De eigenschappen van natuurlijke rijkdom zijn:

- mate van zelfregulatie.
- waarde neemt langzaam af.
- makkelijk te gebruiken zonder speciale kennis of dure technologie.
- weerstand tot monopolie, diefstal en geweld.

De energie kan opgeslagen worden in vorm van voedsel, vezels en zaden. Als we een energie systeem willen ontwerpen dat net zo efficiënt en duurzaam werkt als een natuurlijk ecosysteem moeten we investeren in natuurlijke rijkdom.

Ook de gebouwde omgeving is een vorm van opgeslagen energie.

En heeft als eigenschappen:

- klein in schaal.
- ontworpen voor een lange duur en gemaakt van makkelijk te hergebruiken materialen.
- makkelijk om te onderhouden.
- multifunctioneel en makkelijk aan te passen aan ander gebruik.

2.2.4 Verkrijg een surplus

In het vorige hoofdstuk werd uitgelegd dat we onze huidige rijkdom moeten investeren in natuurlijke rijkdom. Maar daarbij moeten we niet zelf het loodje leggen.

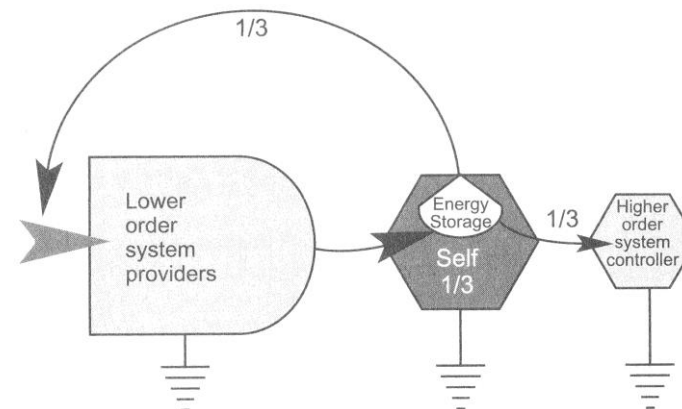
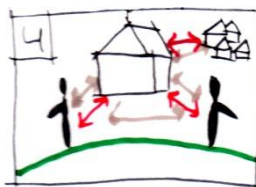
We moeten zelfonderhouden zijn in alle aspecten. Surplus of winst is wat het systeem in stand houdt en met de rest van de winst kunnen andere systemen (mensen, dorpen of samenlevingen) geholpen worden. Zie hiervoor ook het onderstaande principe.



2.2.5 Pas zelfregulatie toe en accepteer feedback

In een ecosysteem reguleren hoofd-predatoren vaak zelf hun eigen aantal. Zij houden zich, in tijden van voedselschaarste, zelf in stand door zich minder voort te planten. De mens zal in een permacultuur systeem ook moeten leren om zichzelf te controleren. Een bruikbaar concept hiervoor is de "Tripartite" die ook in de natuur voor komt. De energie die een organisme krijgt wordt in drieën verdeeld:

- zelf overleven (surplus verkrijgen).
- teruggeven om de toekomstige energie stroom te ondersteunen.
- bijdragen aan het hele systeem, in plaats van ons eigen overleven als doel te zien.



Afb. Tripartiete

2.2.6 Gebruik en waardeer hernieuwbare bronnen en diensten

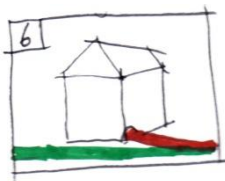
Als je een permacultuur systeem vergelijkt met een bedrijf, dan is het kapitaal van het bedrijf de niet hernieuwbare energie van het systeem en het inkomen de hernieuwbare energie.

Veel hernieuwbare bronnen en diensten van een ecosysteem zijn zeer bruikbaar maar worden pas gemist als ze niet meer werken. (bijvoorbeeld: waterzuivering, compostering)



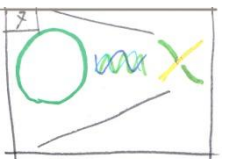
2.2.7 Produceer geen afval

Dit principe spreekt voor zich en is te vergelijken met het “cradle to cradle” principe van “afval is voedsel”. In een natuurlijk systeem bestaat er geen afval. Daarom moet er voorkomen worden dat er afval ontstaat in welke vorm dan ook, en als het ontstaat moet het zo goed mogelijk worden verwerkt. In tegenstelling tot de “cradle to cradle” leer gaat permacultuur niet uit van een “technosfeer” naarmate de olie opraakt zal de “technosfeer” in zijn geheel verdwijnen. De veranderingen in “afval” gedrag moet vanuit de samenleving komen en niet vanuit de industrie.



2.2.8 Ontwerp van patroon naar detail

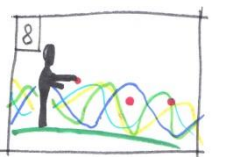
Bij het ontwerp van een permacultuur tuin, gebouw, locatie of samenleving, moet er altijd geredeneerd worden vanuit het grotere geheel. Er wordt gekeken naar de aarde als levende cel en vervolgens naar patronen, in de natuur, bij mensen en tot slot naar de details. Deze manier van naar de wereld kijken wordt *holistisch* genoemd.



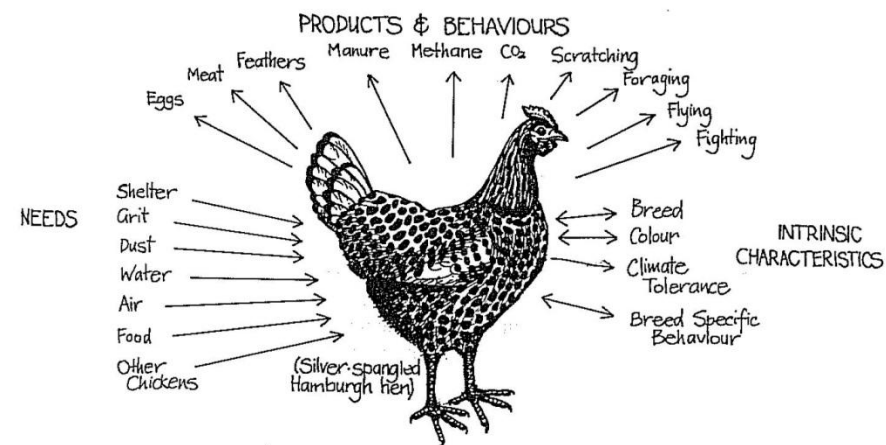
2.2.9 Integreren in plaats van scheiden

De connecties tussen verschillende organismen in een ecosysteem zijn net zo belangrijk als het organisme zelf. Het doel van een functioneel en zelfregulerend ontwerp is dat de elementen op zo'n manier te rangschikken dat ieder element de behoeften inwilligt en producten aanneemt van de andere elementen. De kenmerken van een zelfregulerend systeem zijn:

- ieder element voert meerdere functies uit

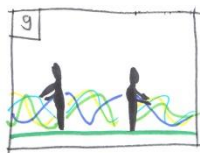


- elke belangrijke functie wordt door meerdere elementen ondersteunt. (als een soort back-up)
Hierbij gaat het om coöperatieve en symbiotische relaties in plaats van competitieve verhoudingen.



Afb. De kip en zijn connecties

2.2.10 Gebruik kleine en langzame oplossingen



Systemen moeten zo ontworpen worden, dat ze hun functies op een zo'n klein mogelijke schaal uitvoeren, die praktisch en energie-efficiënt is voor die functie.

Als de snelheid kleiner wordt kan die energie voor andere doeleinden gebruikt worden. Hieronder volgen twee relevante voorbeelden van dit principe

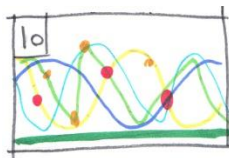
Ontwikkelingshulp

- kleine schaal.
- makkelijk om toe te passen en te onderhouden.
- arbeid intensief i.p.v. kapitaal- of energie-intensief.
- gebruik van lokale materialen.
- ondersteunt lokale markten.

Groot huis

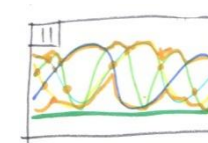
- Hogere schuld: wat leidt tot een levensstijl die je niet kan onderhouden.
- Meer ruimte stimuleert om meer luxe goederen te kopen.
- Meer ruimte moedigt een binnenhuis leven aan waardoor er minder tijd wordt gependend in de natuur en de gemeenschap.
- Hogere verwarmings-, schoonmaak- en onderhoudskosten.

2.2.11 Gebruik en waardeer verscheidenheid



In een goed systeem is er een balans tussen variatie en mogelijkheden en productiviteit en kracht.

2.2.12 Gebruik randen en waardeer de marge



De grondlaag is de belangrijkste “rand” voor mensen, dieren en planten in een ecosysteem. In de randen van (eco)systemen, de verbindingen tussen verschillende gebieden gebeuren de belangrijkste processen. In een permacultuur ontwerp worden randen vaak juist verlengt of verkort.

2.2.13 Reageer op en gebruik veranderingen op een creatieve manier



Dit principe heeft twee onderdelen

- Ontwerpen om gebruik te maken van verandering in een opzettelijke en coöperatieve manier.
- Ontwerpen om creatief te reageren op of aanpassen aan grote veranderingen die buiten onze invloed liggen.

2.3. Wat is een permacultuur samenleving?

Een samenleving die aan de hand van de permacultuur principes functioneert. In het boek "Permaculture" door David Holmgren wordt beschreven wat de eigenschappen zijn van een permacultuur samenleving:

- Erkennen en steunen van bruikbare contributies die vanuit een andere intellectuele discipline of vakgebied komen dan waar we mee bezig zijn.
- Leren en waarderen van kennis systemen en andere manieren van de wereld begrijpen buiten het wetenschappelijke rationalisme (onze dominante culturele paradigma).
- Sceptische blijven ten opzichte van officieel gezag en formele kwalificaties in elk beroepenveld, tenzij ze ondersteund worden vanuit een lokale aanbevelingen en aantoonbare resultaten.
- Erkennen van de waarde van de pre-industriële cultuur (van plaats, i.p.v. het huidige non-plaats samenleving) waarbij we vrij onderdelen over kunnen nemen, die in de lokale context van toepassing zijn.
- Bijdragen aan de evolutie van een cultuur van plaats, door het ondersteunen en het vieren van het lokale, in plaats van het internationale, in kennis, voedsel, kunst en cultuur.
- De immense kracht van media en de informatietechnologie, met een sceptische bedachtzaamheid te benaderen, door complete afhankelijkheid en verlies van andere communicatie middelen (geheugen en interpretatie) tegen te gaan.

Ook een meer algemene vergelijking wordt in het boek gegeven:

Eigenschap	Industriële cultuur	Duurzame cultuur
Energie basis	Niet-hernieuwbaar	Hernieuwbaar
Materiaal stroom	Lineair	Cyclische
Natuurlijke bezit	Consumptie	Opslag
Organisatie	Gecentraliseerd	Verdeeld netwerk
Schaal	Groot	Klein
Verplaatsing	Snel	Langzaam
Feedback	Positief	Negatief
Focus	Middel	Rand
Activiteit	Episodische verandering	Ritmische stabiliteit
Denkbeeld	Reductie	Holistische

Ten slotte worden een aantal kenmerken van deze samenleving genoemd:

- Lokale en bioregionale politieke en economische structuren.
- Kruisbestuiving van genen, cultuur en kennis, waarin natuurlijke hybriden krachtig zijn.
- Toegang tot- en weinig afhankelijk van dure en gecentraliseerde technologie.
- In staat om stapsgewijs te ontwikkelen met feedback en verfijning.

2.4. Wat zijn ontwerpkenmerken?

2.4.1 Inleiding

Over de filosofische kant van deze vraag zou je een heel boek kunnen schrijven. Wij zijn geïnteresseerd in de architectonische kant van dit verhaal. “Instrumenten van de architectuur” van Evert Kleijer geeft een goede indeling van deze kenmerken, die hij instrumenten of elementen noemt. Een gebouw heeft kenmerken in de volgende drie categorieën:

- Context
- Elementen
- Verband

Hieronder staat de omschrijving van Evert Kleijer van alle kenmerken.

2.4.2 Context

Uitgangspunten dit zijn subjectieve, immateriële en/of algemene doelen of eisen.

Randvoorwaarden, dit zijn harde, objectieve, en/of materiele doelen of eisen. Vaak hebben deze te maken met het budget, de planning, de normen of de locatie.

Architectuur beschouwing: de opvattingen van de architect over de rol van architectuur in de huidige maatschappelijke, natuurlijke en culturele werkelijkheid. Potentiële waarde: relevantie.

Ontwerpproces: het ontwikkelen van een ontwerp met behulp van alle middelen die binnen het kader van de opgave, architectuurbeschouwing en werkelijkheid bruikbaar zijn. Deze middelen kunnen bijvoorbeeld zijn: menskracht, organisatie, netwerken, volgorde, hulpmiddelen enz.

2.4.3 Elementen

Ruimtelijke elementen: eenheden van ruimte en ruimtebepaling.

Verhouding, open en gesloten, hun benaming geeft uitdrukking aan de elementen: hof, baldakijn, podium, arcade, wand enz.

Waarden: beschutting, openheid, rust, beweging, (ruimtelijke) associaties.

Tektonische instrumenten: het vermogen van alle materiële elementen om krachten op te nemen en te dragen, zoals, zwaartekracht, wind, gebruiksbelastingen: van balken en kolommen tot trapleuningen en deurkrukken, potentiële waarden: veiligheid (sterkte), bruikbaarheid (stijfheid), beelding (tektoniek, krachtwerking)

Tactiele instrumenten: De kenmerken van materiële elementen die ervaren worden door feitelijke of fictieve aanraking: glad, ruw, hard, zacht, koud, warm. Fictief, waarnemen hoe het aan zou voelen, als je het aan zou raken. Tactiliteit kenmerkt alle materiële elementen die ons omringen: meubels, wanden, vloeren, stoffering, plafond, gevels, daken, bestrating, enz.

Waarden: sfeer (tactiele) associaties.

Fysische elementen: het vermogen van materiële elementen tot reflectie, transmissie, absorptie, accumulatie, isolatie en dergelijke, met betrekking tot fysische verschijnselen als, warmte, licht, (helderheid, kleur) geluid, ventilatie, aantasting, enzovoort. Potentiële Waarden: (fysische) comfort, duurzaamheid, (energie, levensduur), associaties.

Functionele elementen: alle ruimtelijke patronen ter vervulling van de gebruikseisen en –wensen met betrekking tot plaatsing, dimensionering, rangschikking, circulatie en dergelijke. Potentiële waarden: (gebruiks)comfort, duurzaamheid (flexibiliteit), veiligheid (bijv. vluchten).

2.4.4 Verband

Structuur:

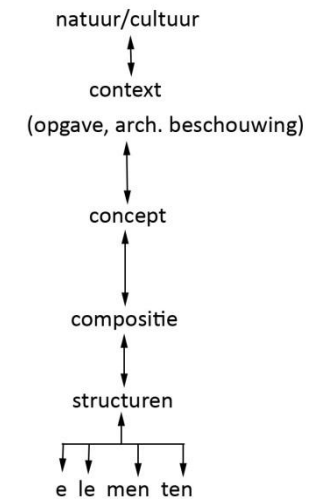
De verbinding van een verzameling elementen van een geheel. Afhankelijk van de beschouwde elementen of beschouwde relaties is er sprake van een ruimtelijke structuur, een materiële structuur, een maatstructuur, een topologische structuur, een kamstructuur, enzovoort. Potentiële waarden: coherentie, orde, leesbaarheid, oriëntatie, maakbaarheid.

Compositie:

De verhouding van een verzameling elementen van een geheel. De verhouding kan uiterst complex zijn, omdat simultaan sprake is van diverse ruimtelijke en materiële elementen met verscheidene kenmerken: positie, richtingen, afstanden, afmetingen, vormen, openheid, geslotenheid, materialen, texturen, helderheden, kleuren, enzovoort, waarden: coherentie, diversiteit, identiteit, beelding (van betekenissen).

Concept:

Idee of complex van ideeën, ontleend aan de opgave, architectuurbeschouwing en beschouwing van de werkelijkheid, dat de concepten en ontwikkeling van een compositie stuurt: potentiële waarden: betekenis.



Afb. Hiërarchie ontwerp

2.5. Hoe zijn de permacultuur principes te vertalen naar ontwerpkenmerken?

2.5.1 Inleiding

Aan de hand van de indeling uit het vorige hoofdstuk, zullen de instrumenten en elementen opnieuw opgesomd worden. Ditmaal zullen de principes en praktische uitwerkingen van permacultuur onder deze kopjes geplaatst worden, waardoor duidelijk wordt in welk gebied en welke fase van het ontwerp ze relevant zijn.

2.5.2 Uitgangspunten

De principes van permacultuur zijn allereerst uitgangspunten, maar kunnen universeel toegepast worden op alles, zelfs zonder dat het met permacultuur te maken heeft. Dit zijn uitgangspunten voor een organisch, functioneel, duurzaam (klassieke betekenis) en flexibel systeem.

1. Observeer en ga een interactie aan
2. Vang en sla energie op
3. Verkrijg een surplus
4. Pas zelfregulatie toe en accepteer feedback
5. Gebruik en waardeer hernieuwbare bronnen en diensten.
6. Produceer geen afval
7. Ontwerp van patroon naar detail
8. Integreren in plaats van scheiden
9. Gebruik kleine en langzame oplossingen
10. Gebruik en waardeer verscheidenheid
11. Gebruik randen en waardeer de marge
12. Reageer op en gebruik veranderingen op een creatieve manier

2.5.3 Randvoorwaarden

Permacultuur stelt geen randvoorwaarden aan het te ontwerpen systeem.

2.5.4 Architectuur beschouwing

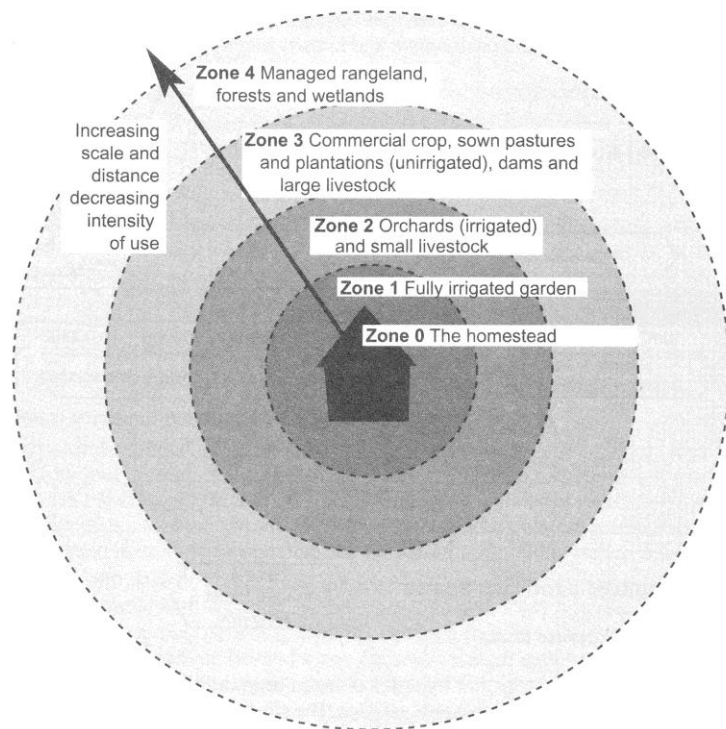
De rol van de ontwerper wordt heel groot in de toekomst. Maar de esthetische uitgangspunten zullen ondergeschikt worden aan de functionele elementen. Voor industriële revolutie weerspiegelde architectuur het bioregionale klimaat en de materialen die lokaal beschikbaar. Dit zal in de toekomst hetzelfde zijn. Maar er is wel veel ruimte voor persoonlijke experimenten en details.

2.5.5 Ontwerpproces

De analyse van het landschap en zijn energie systemen is het belangrijkste onderzoek van een permacultuur ontwerp. Deze analyse gebeurt aan de hand van de volgende stappen:

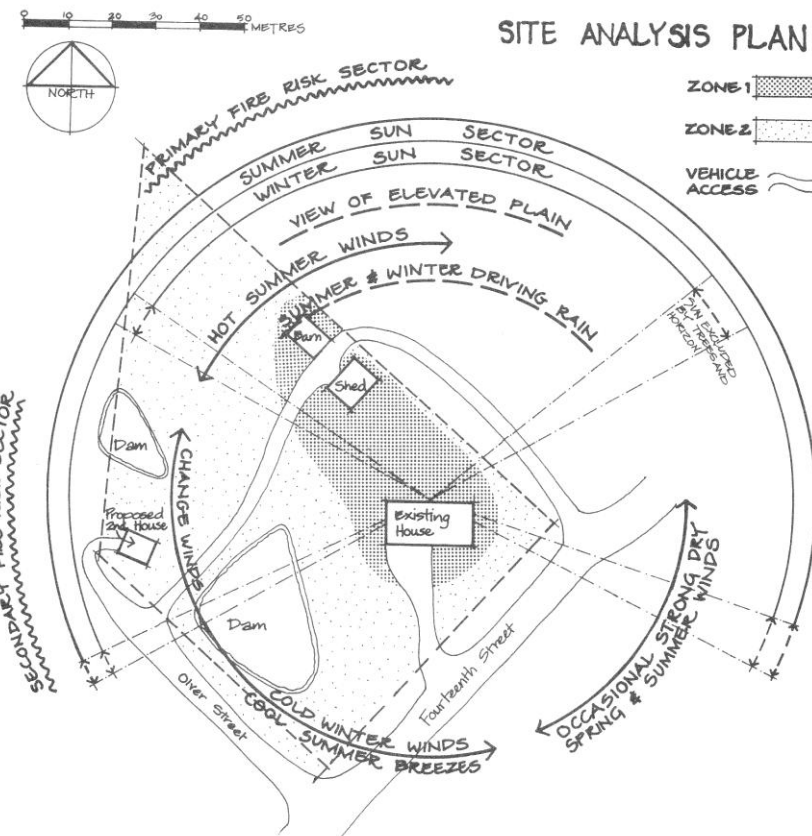
- Identificeer de mechanismes en opslag van water, nutriënten en koolstof in het systeem
- Identificeer, mogelijke lekpunten van water nutriënten en koolstof uit het systeem
- Vergelijk de relatieve effectiviteit van de omvang en risico van lekken met natuurlijke en wilde systemen die onder de zelfde omstandigheden zijn geëvolueerd

In de praktijk wordt er tijdens het ontwerpen gebruik gemaakt van de volgende hulpmiddelen: Zones en sectoren.



Afb. Zones

- 0. huis
- 1. geïntegreerde en bewaterde tuin
- 2. boomgaard en klein vee
- 3. commerciële gewassen, vee
- 4. onderhouden natuurgebieden



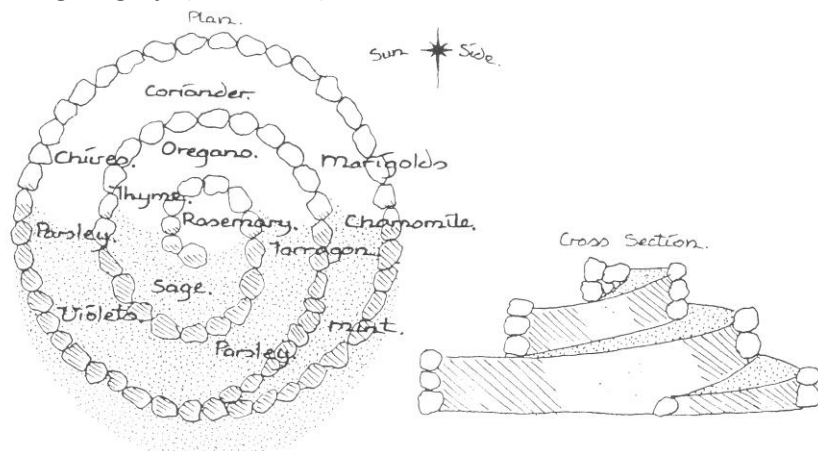
Afb. Sectoren

De sectoren geven uitgebreid weer hoe de zon verloopt in de verschillende seizoenen, maar ook de windrichting en andere relevante data zijn samengevat in dit schema.

Permacultuur maakt ook gebruik van kleinere ontwerpstappen, waarbij er telkens ingezoomd wordt van patroon naar detail.

2.5.6 Ruimtelijke elementen

Randen zijn belangrijk binnen permacultuur. Daarom worden er in de praktijk veel methodes gebruikt om zo veel mogelijk rand te maken of zo weinig mogelijk (cirkelvorm).



Afb. Spiraal tuinbed

Binnen agricultuur is er een belangrijke ruimte die in de praktijk veel gebruikt wordt: het microklimaat. Dit is een, al dan niet bewust, gecreëerde plek in de lufte van de wind, waar een ander klimaat heerst dan de rest van de tuin. De schaal van permacultuur ontwerp of systeem is vaak klein.

2.5.7 Tektonische instrumenten

Vanwege de energie die nodig is voor transport, is er voorkeur voor lokale producten. Deze producten moeten afbreekbaar of recyclebaar zijn. In de praktijk zal er vaak lokaal hout worden gebruikt.

De constructie moet een lange levensduur hebben en/of makkelijk te vervangen zijn.

De gebruikte methodes en materieel moet simpel en lowtech zijn.

2.5.8 Tactiele instrumenten

Permacultuur streeft naar een natuurlijke samenleving en voor de transitie naar die samenleving moet de vervreemding van de mens ten opzichte van de natuur hersteld worden.

Een gebouw moet natuurlijk voelen, in harmonie met de natuur. Door natuurlijke producten te gebruiken en de invloeden van de natuur (zonnestand, wind en water) voelbaar te maken in het ontwerp.

Bij permacultuur is het belangrijk dat alle zintuigen gestimuleerd en ontwikkeld worden, dus proeven en ruiken is ook een belangrijk onderdeel. De relatie met de omgeving en de bouwstijl, mag dan bio-regionaal bepaald zijn, binnen het ontwerp is er ruimte voor persoonlijke details en aandacht.



Afb. Persoonlijk detail

2.5.9 Fysische elementen

De verdeling van energie in een systeem is belangrijk voor een permacultuur systeem of ontwerp. Opgewekte warmte, in vorm van passieve warmtewinning of door actieve warmtewinning moet logische worden verspreid en gebruikt binnen het ontwerp. Als de warmte voor de belangrijkste doeleinden gebruikt is (voor de mens) kan deze bijvoorbeeld gebruikt worden voor planten die vorstvrij moeten blijven. Hierbij wordt er in de praktijk veel gebruik gemaakt van absorptie (zwarte kleur) en reflectie (glas, water, witte kleur) om extra energie op te wekken of op te slaan.

2.5.10 Functionele elementen

De functionele structuur is leidend in een permacultuur ontwerp.

De functionele elementen hebben de volgende eigenschappen:

- Multifunctioneel
- Flexibel
- Zelf te onderhouden
- Relatie met de omgeving
- Opslaan van energie

Hierbij gaat het over de volgende functionele systemen:

- Voedsel
- Water
- Warmte
- Elektriciteit
- Wonen
- Werken

In de praktijk wordt er veel gebruikgemaakt van hernieuwbare diensten van de natuur. Bijvoorbeeld “onzichtbare” diensten van de natuur;

Planten als water en nutriënten pomp, beschutting en heg.

Bodem als filter, zuiveraar en opslag van water en nutriënten

Stromen, moeras en andere waterweken, opslag en zuivering van water

Dieren, als grasmaaier of bemesting.

Het gebruik van werkdieren valt hier evengoed onder.

Ook belangrijk is de mogelijkheid tot opslaan van energie (zon, wind, water, biomassa en “afval”) in vorm van elektriciteit, brandstof, voedsel, vezels (voor bouw en kleding) en in natuurlijk kapitaal; water, levende grond, bomen en zaden

Hiervoor wordt er vaak gebruik gemaakt van een bosgebied. Bomen kunnen op de meest onherbergzame gebieden groeien. Zo’n gebied levert de volgende diensten:

- hout ,constructie en brandstof
- honing en milieu producten

Ook wordt er vaak gebruik gemaakt van zichzelf in stand houdende planten.

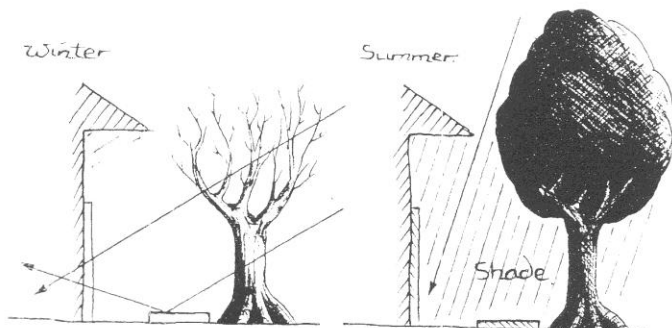
2.5.11 Structuur

De structuur van het systeem moet sterk zijn met veel verbindingen en systemen die andere systemen op kunnen vangen. De structuur moet ook open staan voor verandering (flexibel) en daarvoor los kunnen staan van andere netwerken (autarkie).

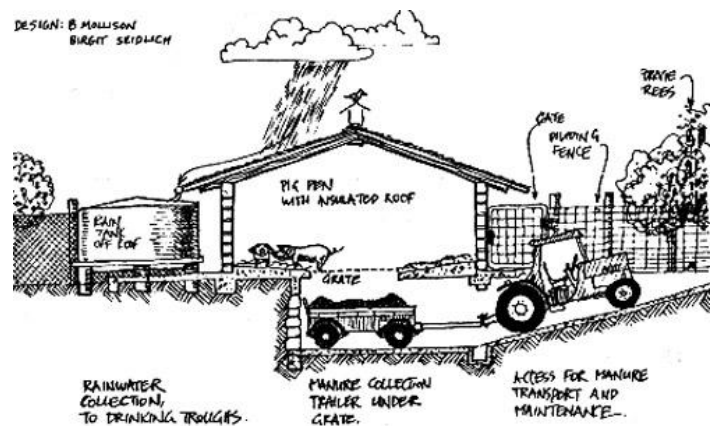
2.5.12 Compositie

Diversiteit en integratie zijn belangrijk bij de compositie. Permacultuur gaat over het combineren van natuurlijke en menselijke processen en de natuur met het gebouw combineren en in elkaar over laten lopen.

Deze connecties tussen de verschillende systemen, elementen en eigenschappen vormen een organische geheel met een permanente waarde.



Afb. Combinatie natuur en gebouw



Afb. Geïntegreerd plan

2.5.13 Concept

Het concept is niet van toepassing op een permacultuur ontwerp.

Alle projecten die wij hebben onderzocht zijn concept loos.

Kan permacultuur een concept zijn?

2.6 Hoe passen wij de Permacultuur principes toe?

Tijdens een overleg met onze opdrachtgever, hebben wij besloten om te beginnen met de belangrijkste bouwkundige energiestroom, de passieve verwarming van het gebouw door de zon. Om vanuit daar het gebouw verder uit te werken.

In het loop van het proces hebben we permacultuur principes toegepast in het concept, in de vorm van een microklimaat.

In het gebouw hebben we duurzame en lokale materialen gebruikt. Het gebouw is functioneel ingericht en het uiterlijk is modern en strak, maar er zijn wel materialen toegepast die goede tektonische eigenschappen hebben (leem)

2.7. Eigen mening

2.7.1 wat is transitie?

Naar mijn mening gaat het hier over de overgang tussen huidige duurzaamheid “trends” naar permacultuur of aanverwante vormen. Architectuur is, naar mijn mening, het ontwerpen van gebouwen die in een overgang zitten tussen de heersende stroming en nieuwe ideeën en uitgangspunten. Gebouwen die een vernieuwing in de cultuur manifesteren en huisvesten. Dit hoeft geen doel op zich te zijn van dit project, deels zou dit onbewust meespelen. Permacultuur laat ons opnieuw nadenken over esthetiek, comfort en functie. Permacultuur staat voor een toekomst waarin een andere cultuur heerst met andere ideeën en waarden.

3. Deelvraag 2

Hoe functioneert een agrarisch bedrijf binnen de permacultuur principes?

Dit onderzoek heeft betrekking op de rol van een agrarisch bedrijf binnen een permacultuur wijk. Het agrarisch bedrijf is de motor van de wijk en zal zich aanpassen aan het aantal personen dat de wijk bewoond.

De rol van het agrarische bedrijf wordt onderzocht aan de hand van subvragen.

3.1 Wat is de functie?

Het agrarisch bedrijf zal de motor van de wijk worden. Deze zal de wijk voorzien van voedsel en afval wordt verwerkt tot energie. Het bedrijf vervult een centrale rol binnen de opzet van de wijk. De boerderij vervult tevens een rol om de transitie van de hedendaagse cultuur naar een permacultuur samenleving te bevorderen. Deze samenleving werkt nauw samen om voedsel te produceren en om het voedsel te verwerken.

3.2 Welke activiteiten vinden er plaats?

De hoofdactiviteit die op het bedrijf plaats vindt is het produceren van voedsel. Er zal een grote diversiteit aan voedsel worden geproduceerd, om de bewoners van de wijk te voorzien divers van voedsel. Werkzaamheden die regelmatig worden uitgevoerd zijn, zaaien, oogsten, en het verzorgen van de beesten. Tevens is het verwerken van een ruwproduct tot verfijnt product, een bezigheid waar veel aandacht aan wordt besteed. Het verbouwen van het voedsel zal aan de hand van permacultuur principes worden uitgevoerd. Er wordt veel handmatig werk verricht om dit doel te bereiken.

3.3 Hoe groeit het bedrijf mee met de populatie?

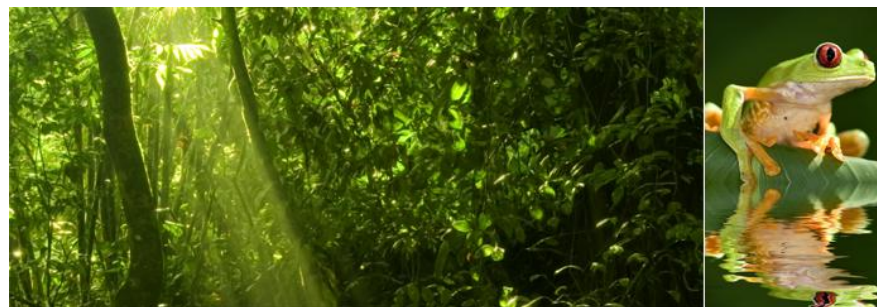
Het bedrijf zal zich aanpassen aan de hoeveelheid huishoudens dat het moet voorzien. Het agrarisch bedrijf moet een kleine groep huishoudens kunnen voorzien van voedsel maar op lange termijn een hele wijk. De werkzaamheden en de activiteiten zullen meegroeien naar de behoefte van de te voorziene huishoudens. Het bedrijf zal in eerste instantie een kleine groep mensen moeten voorzien van voedsel. Naarmate er meer voedsel geproduceerd moet worden moet er ook meer arbeid geleverd worden. In de boerderij worden ruimten gecreëerd waar buitenstaanders

kunnen leven. Deze buitenstaanders zijn mensen die geïnteresseerd zijn in permacultuur, de manier van leven en de manier van werken.

3.4 Welke relatie heeft het bedrijf met de omgeving?

Het bedrijf is georiënteerd op de zon. Het gebouw wordt verwarmd door passieve zonne-energie. Voor de bouw van het bedrijf zullen lokale duurzame materialen worden gebruikt. Alle materialen moeten volledig duurzaam zijn. Het gebouw zal inpasbaar zijn in haar omgeving en mag

Afb. natuur



daar geen afbreuk aan doen. Het gebouw zal aan de hand van permacultuur principes en aan de hand van het concept van een “earthship” ontworpen worden.

3.5 Waarom Biodiversiteit?

Hoe groter de diversiteit binnen een systeem, hoe veerkrachtiger het is tegen externe invloeden zoals klimaatverandering, en hoe groter vaak de ecosysteemdiensten.

Het leven op aarde kent vele variaties. Of het nu gaat om de kleinste bacteriën, schimmels en planten of de grootste dieren, de tropische regenwouden of de Nederlandse weilanden. Elke levensvorm, elk ecosysteem en elke genetische variatie is uniek en onvervangbaar. Deze grote verscheidenheid noemen we biodiversiteit.

Veel levensvormen op aarde zijn afhankelijk van elkaar. Daarin speelt variatie een belangrijke rol. Ook de mens kan zonder andere organismen niet bestaan. Biodiversiteit is behalve mooi, ook nuttig en noodzakelijk. Het zorgt niet alleen voor schoon water, vruchtbare grond en een stabiel klimaat, maar levert ook voedsel en grondstoffen voor huisvesting, kleding, brandstof en medicijnen. Deze natuurlijke hulpbronnen verschaffen bestaanszekerheid en vormen de basis voor onze welvaart. Biodiversiteit draagt bij aan de kwaliteit van leven en het welzijn van mensen.

Door wereldwijde klimaatverandering, toename van consumptie, vervuiling, introductie van vreemde soorten, overexploitatie van natuurgebieden en natuurlijke hulpbronnen wordt de biodiversiteit ernstig bedreigd. Plant- en diersoorten verdwijnen en ecosystemen raken verstoord. Schone lucht, zuiver water, een vruchtbare bodem en een stabiel klimaat zijn niet langer vanzelfsprekend. Dit treft mensen in arme landen, omdat zij vaak direct afhankelijk zijn van wat de bossen en het land voortbrengen, maar het treft ook onszelf. Aantasting van biodiversiteit en uitputting van natuurlijke hulpbronnen bedreigt uiteindelijk het voortbestaan van alle mensen.

3.6 Hoe regelen we de water beheersing?

Regenwater wordt opgevangen in reservoirs. Het water dat in de reservoirs wordt opgeslagen kan weer gebruikt worden om planten water te geven, als drinkwater en om de wc door te spoelen. Tevens beschikt het gebied over meerdere natuurlijke waterbassins die het water op een natuurlijke manier zuiveren.

Water in de natuur bevat allerlei micro-organismen. Deze zorgen er voor dat de afvalstoffen in het water na verloop van enige tijd worden afgebroken. Dit proces wordt biologische zelfreiniging genoemd en berust op een ongestoorde werking van voedselketens waarbij afvalstoffen van het ene organisme dienst doen als voedsel voor het andere organisme. Zo verteren bacteriën meststoffen tot mineralen. Deze mineralen worden door (microscopisch kleine) plantjes gebruikt om te groeien. Die plantjes worden vervolgens gegeten door bijvoorbeeld vissen.

Voor het verteren van afvalstoffen hebben micro-organismen onder andere zuurstof nodig. Daarom zal dit natuurlijke zuiveringsproces beter verlopen in goed belucht water zoals een klaterende bergbeek dan in stilstaand of warm water waar de zuurstofconcentratie veel lager is.

3.7 Hoe regelen we de afval beheersing?

Het afval wordt zoveel mogelijk verwerkt in een biogasinstallatie. Deze installatie zet organische afvalproducten om in gas. Het gas kan worden gebruikt om de huishoudens te voorzien van gas of het wordt omgezet in elektriciteit.

Vergisting is een biologisch proces waarbij bacteriën in een zuurstofvrije (anaerobe) omgeving biogas produceren. Uit organisch materiaal (mest /

organisch afval). De belangrijkste componenten in biogas zijn methaan en koolstofdioxide, evenals kleine hoeveelheden waterstofsulfide en ammoniak.

We kunnen de volgende fasen onderscheiden in het vergistingproces:

- * Hydrolyse: de organische massa wordt door bacteriën in kleinere deeltjes afgebroken.
- * Zuurfase: de kleine deeltjes worden door bacteriën tot organische zuren afgebroken.
- * Azijnzuurfase: de organische zuren en alcoholen worden door bacteriën tot azijnzuur, koolstofdioxide en waterstof afgebroken.
- * Methaangasfase: de verschillende micro-organismen kunnen voor dit proces leven in twee temperatuur optima.

Door vergisting van mest en co-producten ontstaat biogas dat in een (WKK)warmtekrachtkopeling installatie wordt omgezet in warmte en elektriciteit. De warmte wordt gedeeltelijk benut om de vergister op temperatuur te houden. De overschot aan warmte kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor ruimteverwarming. De elektriciteit kan gedeeltelijk door het eigen bedrijf worden benut, het overige deel kan de overige huishoudens voorzien van duurzame elektriciteit. Elektriciteit wat overblijft kan terug worden geleverd aan het net. Deze vorm van elektriciteit wordt als duurzaam gezien, waarvoor de overheid als vergoeding de zogenaamde "Groene Stroom Certificaten" geeft.

Uitgegist materiaal kan op het land worden uitgereden of worden verwerkt tot specifieke meststoffen. Door het vergistingsproces wordt de bemestende waarde namelijk hoger, doordat organisch gebonden nutriënten vrijkomen, zoals stikstof en fosfor, die hierdoor beter beschikbaar zijn voor de plant. Door organisch afval of mest te vergisten is er een reductie en zelfs volledige afstoting van pathogenen en onkruidzaden.

BIOMASSASTROMEN	Droge stof	Organische droge stof	Biogasproductie	
	(kg/ton)	(kg/ton)	(m ³ /kg ods)	(m ³ /ton)
Dierlijke mest				
Melk/zoogkoeien	90	66	0.35	23
Jongvee	40	30	0.35	11
Vleesstieren	110	82	0.35	29
Vleeskalveren	75	32	0.35	11
Vleesvarkens	80	71	0.35	25
Zeugen	56	40	0.35	14
Kippen	605	508	0.35	178
Reststromen uit de landbouw				
Gras	200-800	670-980	0.65	80-500
Maïs	300	285	0.65	185
Stro van maïs	860	620	0.65	403
Bieten	150-200	120-160	0.65	42-104
Agro-industriële reststromen				
Bermgras	530	290	0.65	189
Aardappelslib	120-150	108-135	0.65	70-88
Bietenkoppen	160	126	0.65	82

Tabel biomassastromen

3.7.1 Welke materialen komen in aanmerking voor vergisting?

Vrijwel alle organische materialen kunnen vergist worden. Het bekendst is uiteraard mestvergisting. Mest biedt een optimaal leefmilieu voor vergistingbacteriën. Het betreft hierbij onder andere de samenstelling, de vochtigheidsgraad en de aanwezigheid van sporenelementen. In de meeste gevallen wordt dunne mest afkomstig van varkens en of runderen gebruikt.

Vanwege de goede vergisting eigenschappen van mest worden ook andere organische reststromen vaak vergist met mest. Dit wordt co-vergisting genoemd. Door co-vergisting van mest met organische reststromen kan de biogasproductie en daardoor de rentabiliteit van de installatie aanzienlijk verhoogd worden. De gasopbrengsten van verschillende biomassastromen worden in onstaande tabel weergegeven.

De gas opbrengst is afhankelijk van:

- Droge stof en organische stof gehalte.
- Versheid van het product.
- In geval van co-vergistingstromen: de afbreekbaarheid van het materiaal.
- de verblijftijd

(Co) vergisting wordt op verschillende schaalgroottes toegepast. Het kan op boerderijniveau plaatsvinden waarbij bijvoorbeeld mest uit eigen bedrijf wordt vergist en organisch materiaal uit het eigen bedrijf wordt toegevoegd aan het vergistingproces. Het uiterste betreft grote industriële centrale vergistinginstallaties.

3.8 Hoe regelen we de ruimtelijke Organisatie?

De ruimtelijke organisatie zal voorkomen uit het PVE. Het PVE zal leidend zijn voor de ruimtelijke organisatie.

Conclusie: Hoe functioneert een agrarisch bedrijf binnen de permacultuur principes?

Het agrarisch bedrijf vervult een leidende rol binnen het concept van de wijk. Het bedrijf zorgt voor de verbouw van voedsel en zal een belangrijke rol spelen in de cyclus van afvalbeheersing. Een van de hoofdoelen is dat het gebouw zo weinig mogelijk energie verbruikt en zo weinig mogelijk afval produceert. Het gebouw zal volledig autarkisch functioneren. Uiteindelijk zal het gebouw transformeren tot lokale winkel/boerderij voor de hele wijk. De gehele wijk zal mee werken op de akkers en in ruil krijgen ze voedsel.

4. Deelvraag 3

Welke kenmerken van het Earthship concept kunnen toegepast worden Binnen de context van 'permacultuur'?

Na aanleiding van de voorgaande onderzoeken, hebben we een duidelijk beeld gekregen van het begrip 'permacultuur' met haar principes en van het begrip 'agrarisch bedrijf' binnen de permacultuur.

Dit onderzoek heeft voornamelijk betrekking op de toepassing van materialen en technische systemen waarvan verschillende Earthships gebruik maken. Aan de hand van deze twee onderwerpen worden de Earthships geanalyseerd, vanuit het bouwkundig en architectonisch oogpunt en met de voorafgaande onderzoeken in het achterhoofd.

Het onderzoek naar de architectonische en bouwkundige vormgeving heeft betrekking op de constructie, vormgeving, plattegrondindeling en exterieur aanzicht. De hierna komende onderwerpen (materialenonderzoek en onderzoek technische systemen) vallen samen met dit onderwerp. Om het goed te analyseren en om gestructureerd en gericht te kunnen werken, doen we onderzoek aan de hand van de subvragen die terug te vinden zijn op de volgende bladzijden.

4.1 Hoe is of wordt een Eartship opgebouwd, bouwtechniek?

Gebruikte autobanden worden met aarde gevuld en aangestampt zodat ze een erg stevige massa vormen. Wanneer de eerste laag banden gelegd is worden de volgende lagen net als bakstenen erop gestapeld. In de natte adobe (leem) tussen de banden worden soms gebruikte aluminiumblikjes of glasscherven gedrukt. Hierdoor wordt de adobe nog stabiel. De ruimten tussen de banden kunnen ook met mortel worden gevuld. Dit maakt echter niet veel uit voor de stevigheid.

Nadat de banden zijn gelegd worden de dwarsbalken voor het dak aangebracht. Ook de constructie van de plantenbak kan beginnen, met daarvoor een glazen voorgevel. De glazen voorgevel is een van de belangrijkste aspecten van het earthship omdat het zorgt voor het ideale klimaat voor de planten, die het water moeten zuiveren. Het licht dat door deze glazen wand komt speelt ook een grote rol om het huis te verwarmen. De bewoners kunnen kiezen tussen schuine beglazing en verticale beglazing. De hellingsgraad van de ramen hangt af van de breedtegraad waarop het earthship zich bevindt. Op plaatsen waar de zon heel laag staat in de winter kan men best schuinere ramen gebruiken. Zo kan de zon dieper doordringen in het earthship.

De autobandmuren worden ondertussen ook afgewerkt. Dit gebeurt met een aantal lagen leem waarmee alle holtes worden gevuld en er een egale muur ontstaat.

De niet-dragende muren bestaan uit lege blikjes en mortel. Na iedere laag mortel wordt een laag blikjes aangebracht. De kant met de klipjes van de blikjes wordt zoveel mogelijk naar de buitenkant gekeerd zodat de adobe zich er gemakkelijker kan hechten.

Andere muren worden dan weer met lege flessen op dezelfde manier geconstrueerd. Deze muren worden dan meestal niet gepleisterd maar zorgen voor een prachtig lichteffect.

Het dak wordt uiteindelijk bekleed met EPDM, omdat dit geen schadelijke stoffen afgeeft en alle technische systemen kunnen worden geïnstalleerd. Binnen kan men dan beginnen met de inrichting en de afwerking van vloeren en muren.

4.2 Hoe zit een Earthship constructief in elkaar?

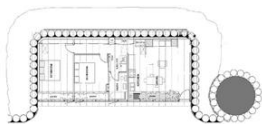
De buitenwanden / dragende wanden zijn opgebouwd uit (regels en) autobanden (gevuld met zand). De autobanden worden gestapeld zoals een bakstenen muur gemetseld is. De openingen tussen de banden worden gevuld met natte adobe (leem). Soms worden er ook gebruikte aluminiumblikjes of glasscherven bij ingedrukt, hierdoor wordt de adobe nog stabiel.

Het dak wordt voorzien van dwarsbalken en wordt op de buitenwanden gelegd.

4.3 Waarom is gekozen voor deze vorm?

Er zijn verschillende soorten en maten Earthships:

Packaged earthship: dit zijn earthships die bestaan uit één grote U-vorm, gebouwd met autobanden die zorgen voor de thermische massa. Alle binnenmuren worden met blikjes, flessen of afvalhout gemaakt en hebben weinig of geen thermische massa. Het waterreservoir wordt aan de zijkant gebouwd.



Gemoduleerd earthship: Een gemoduleerd earthship is opgebouwd uit modules die de basisstructuur vormen van de woning. De bedoeling van de modules is om de bewoners het zo gemakkelijk mogelijk te maken, om stap voor stap de woning uit te bouwen. Modulaire earthships hebben

meerdere in vorm verschillende ruimten dan packaged earthships. Omdat elke ruimte bandenwanden heeft is de thermische massa aanzienlijk groter en zal er een stabielere temperatuur beheersen.

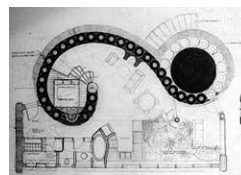
U-module: De U-module heeft een U-vorm, waarbij de wanden volledig zijn opgebouwd uit autobanden en er één opening is.



Hutmodule: De hutmodule heeft een uit autobanden geconstrueerde ronde vorm. De hutmodule is vooral erg veilig in gebieden waar veel aardbevingen voorkomen en is gemakkelijk en snel te bouwen.

Serremodule: De serremodule is het gedeelte waar al het licht binnen komt door de glazen wand. In de serremodule bevindt zich meestal de gang die alle vertrekken met elkaar verbindt. In de serremodule bevindt zich ook de zwart- en grijswatermodule.

Zwart en grijs watermodule: In deze module bevinden zich de waterzuiveringssystemen. In de serremodule bevindt zich de grijswatermodule waar het water door een plantenbak gaat. Buiten het huis bevindt zich de zwartwatermodule, waar het zwarte water door een andere plantenbak gaat.



Reservoir/ systeemmodule: In deze module bevindt zich de ‘motor’ van het Earthship. Alle systemen van water en energie komen hier samen. Hier bevindt zich het waterreservoir, de accu’s, pompen en andere technische systemen die het huis draaiende houden.

Nautilus earthship: Het Nautilus Earthship heeft een unieke spiraalvorm die geïnspireerd is op een zeeschelp. Hierdoor ontstaat een sprookjesachtig interieur.

Hybride earthships: Hybride earthships zijn een combinatie van Hut-, U – en Packaged earthship met verticale of horizontale glazen voorgevel. Alle combinaties zijn mogelijk. Op het voorbeeld hiernaast is er een combinatie gemaakt van een packaged earthship en een hut earthship.

Zoals je hierboven kunt zien zijn de earthships wel allemaal volgens één principe gebouwd, je hebt één opengevel en die is gesitueerd aan de zonzijde. Op deze manier vangt het gebouw het maximum aan zonlicht. Doordat zij- en achterwanden dicht zijn kan de warmte worden opgeslagen en kan dus niet weg. Aan de achterkant en de zijkanten is het huis grotendeels in de aarde verzonken. De koudere aarde koelt in de zomer de muren en daardoor ook het hele huis. In de winter is de aarde warmer en verwarmt ze het huis.

Het ontwerp is gebaseerd op het optimaal benutten van thermische massa. Waardoor de binnentemperatuur gestabiliseerd wordt en het gehele jaar door zonder bij te verwarmen, rond de 17 graden schommelt. Dit wordt onder meer bereikt door de huizen gedeeltelijk in te graven, de dragende muren uit met aangestampte aarde gevulde autobanden te vervaardigen en aan de zonkant een glazen serre aan te brengen.

4.4 Waarom is er gekozen voor deze plattegrondindeling?

De plattegrond indeling komt voort uit het ecologisch ontwerp.

4.5 Hoe en op welke manier voldoet een Earthship aan het conform van deze tijd?

Zowel voor in- als exterieur geldt dat het zeer uiteenlopend kan zijn, oftewel zelf te bepalen is. Het is in te richten naar de wensen van deze tijd.

4.6 Is een Earthship plaats afhankelijk en waarom is gekozen voor deze situering?

Nee, een earthship is niet plaatsafhankelijk. Het zou overal kunnen staan. De Earthships zijn zo gesitueerd, dat de open gevelzijde (dus de kant waar het meeste daglicht binnenkomt) op het zuiden ligt, op noordelijk halfmond en naar het noorden toe gesitueerd, op het zuidelijk halfmond. De open gevelzijde ligt dus altijd richting de zon, op die manier vangt het gebouw het maximum aan zonlicht!

Het *materialenonderzoek* heeft betrekking op verscheidene onderdelen: wanden, daken, vloeren en gevels. Om het materiaalgebruik goed te analyseren en gericht te kunnen onderzoeken, doen we het onderzoek aan de hand van de onderstaande vragen:

4.7 Van welke materialen maken Eartships gebruik?

Een eartship is veelal opgebouwd uit: autobanden (gevuld met aarde), lege blikjes, lege flessen, afwerking gepleisterd (adobe, leem of kalk), hout en EPDM.

4.8 Wat voor materiaal is het?

Autobanden: rubber gevuld met zand.

Lege blikjes: plaatstaal.

Lege flessen: glas.

Adobe: materiaal bestaande uit zand, water, klei en organische materialen (stro en mest).

Leem: grondsoort voornamelijk bestaand uit een fijnkorrelig samenstel van klei en silt.

Kalk: is een aanduiding voor een aantal alkalische zouten van calcium.

Hout: is het voornaamste bestanddeel van (vooral) bomen en struiken.

EPDM: afkorting van "Ethyleen – Propyleen – Dieen Monomeer" en slaat op een groep van synthetische rubbers.

4.9 Waar komt het materiaal vandaan?

Het streven is om alle materialen uit de omgeving te halen. Veelal zullen de meeste afgedankte materialen uit de naaste omgeving of regio komen. Uitzonderd zijn de installaties die elders vandaan zullen komen.

4.10 Waar is het materiaal toegepast, binnen de Eartship?

Autobanden: constructieve- / buitenwanden.

Lege blikjes: niet dragende binnenwanden.

Lege glazen flessen: traptreden / binnenwanden.

Afwerking pleisterwerk: voor het strak maken van de binnenwanden.

Hout: wand- en dakconstructie.

EPDM: dakbekleding.

4.11 Wat zijn de bouwkundige eigenschappen van het materiaal?

Autobanden: werkt thermisch en constructief.

Lege blikjes: werkt thermisch.

Lege glazen flessen: voor lichteffect en -inval.

Afwerking pleisterwerk: voor het strak maken / werkt egaliserend.

Hout: constructief.

EPDM: *Lichtgewicht*: Het gewicht van het membraan is slechts 1,4 kg/m² (1,2 mm).

Elastisch: Rekbaar tot meer dan 400%. Het membraan breekt niet, maar komt, na uitrekking, terug in zijn oorspronkelijke toestand.

Weerstaat temperatuur-schommelingen: Tussen -40°C en 110°C. Breekt niet bij het vriezen en smelt niet bij grote hitte.

Praktisch geen onderhoud: Aangezien er met deze dakbedekking feitelijk niets kan gebeuren volstaat het normaal onderhoud.

Wortelvast: Zeer geschikt als ondergrond voor een SEDUM-dak (groendak)

Ecologisch recyclebaar: Het membraan bevat geen schadelijke stoffen. Men kan het ook tot poeder fijnmalen en opnieuw verwerken in diverse rubberartikelen.

Waterdicht: Diktes tot 2 mm, biedt meer veiligheid dan meerdere lagen uit traditioneel materiaal.

Weerstand aan veroudering: Door uitzonderlijke weerstand aan ozon en UV-stralen, kan een levensduur van tientallen jaren verwacht worden.

4.12 Waarom is er voor gekozen om dit materiaal toe te passen?

Het zijn afgedankte materialen die goed te gebruiken zijn voor de opbouw van eartships, zowel constructief als thermisch. Ook zorg je er op deze manier voor dat het huidige probleem van de afvalbergen gereduceerd worden.

4.13 Van welke systemen maken Eartships gebruik?

Warmte Het earthship wordt vooral verwarmd en afgekoeld door de muren en de aarde. Aan de achterkant en de zijkanten is het huis grotendeels in de aarde verzonken. De koudere aarde koelt in de zomer de muren en daardoor ook het hele huis. In de winter is de aarde warmer en verwarmt ze het huis. De met aarde gevulde autobanden hebben een grote thermische massa waardoor ze veel zonlicht kunnen absorberen en de warmte kunnen opslaan. De muren zijn meer dan een meter dik en isoleren het huis dan ook perfect. De voorgevel van een earthship is altijd naar de zon gekeerd. De gevel bestaat bijna volledig uit dubbel glas en zonnepanelen. De zon houdt de vertrekken warm en de muren en vloer absorberen de hitte. De muren waar de zonnestralen op vallen worden donker geverfd om zo de hitte optimaal te kunnen absorberen. 's Avonds geven de muren de opgeslagen warmte weer af waardoor de temperatuur in het earthship aangenaam blijft. In de zomer staat de zon zo hoog aan de hemel dat de zonnestralen, die door de voorgevel naar binnen vallen, de muren niet raken. Hierdoor kan dus ook geen warmte worden geabsorbeerd en blijven de muren koel. De ramen kunnen worden afgedekt om het zonlicht tegen te houden. Laag in de voorgevel

en hoog achter in de vertrekken zijn openingen voorzien die geopend kunnen worden om zo de kamers te ventileren.

Watervoorziening Voor de watervoorziening van het earthship zijn de bewoners volledig afhankelijk van de regen en smeltwater dat op het dak naar één punt wordt afgevoerd. Het water gaat dan door een bed van puimsteen om er het grootste vuil uit te filteren. Daarna komt het water terecht in een reservoir waar het tijdelijk wordt opgeslagen. De plaats van het reservoir zal zo hoog mogelijk boven de grond zijn om zo elektriciteit te besparen om het water door het huis te pompen. Er zijn verschillende systemen voorzien voor verschillende 'soorten' water. Zo is er het drinkwater, badwater, 'grijs' water en 'zwart' water. Hiervoor zijn er verschillende pompen, filters, aan- en afvoerbuizen in het earthship aanwezig. Het water uit het reservoir gaat door drie fijnmazige nylonfilters die steeds kleinere deeltjes verwijderen. Dit water kan dan gebruikt worden voor de wasmachine en de douche. Een deel van dit water gaat naar de zonneboiler. Het drinkwater gaat door een Katadyn-filter: een chemische filter waar micro-organismen in het water worden gedood. Het 'grijze' water (dat werd gebruikt in de douche of de keuken) wordt door grote plantenbakken geleid die gevuld is met stenen, puimsteen en teelaarde. De planten nemen de nodige voedingsstoffen op uit het water en produceren zo zuurstof en eventueel voedsel. Wanneer het water aan de andere kant van de plantenbak er weer uit wordt gepompt is het gefilterd en kan het worden gebruikt om het toilet door te spoelen. Het afvalwater uit de WC (zwart water) wordt afgevoerd naar een tank buiten met een op het zuiden gerichte glazen wand. Het zonlicht stimuleert de biologische afbraak. Het overloopwater wordt naar een plantenbak, die buiten staat, gevoerd, waar het weer gefilterd en afgebroken door de planten, totdat het een acceptabel niveau aan nitraten heeft en het de bodem niet kan verzuren. Er bestaan vandaag de dag ook droge toiletten. Hier wordt geen gebruik gemaakt van water om het toilet door te spoelen. Het afvalmateriaal wordt opgevangen in een metalen 'oven' waar hitte wordt opgewekt door het zonlicht dat wordt

weerkatst. Het metaal wordt gloeiend heet en verkoolt het afval tot volkomen onschadelijke korrels welke erg geschikt zijn om als meststof te gebruiken.

Elektriciteit Earthships produceren hun eigen elektriciteit door middel van zonnepanelen en eventueel ook windturbines. Deze energie wordt opgeslagen in accu's. "Overtollige" energie kan eventueel naar het leidingnet worden geëxporteerd.

4.14 Wat voor systeem is het?

Er wordt gebruik gemaakt van een ecologisch verantwoord systeem.

Warmtevoorziening: wanden en aarde (grond).

Watervoorziening: opvang van regenwater / smeltwater.

Elektriciteit: zonnepanelen (opslag accu's).

4.15 Wat zijn de (fysische) eigenschappen van het systeem?

Een belangrijke eigenschap is dat het onafhankelijke / opzichzelfstaande energievoorzieningen zijn.

4.16 Waarom is er voor dit systeem gekozen?

Zo kan het Earthship autonoom gebouwd worden, zelfvoorzienend.

4.17 Wat zijn de voor- en nadelen van dit systeem?

Een groot voordeel is autonoom en olie onafhankelijk zijn en dus ecologisch verantwoord.

Een nadeel is dat je toch afhankelijk bent van de natuur. Door de toegepaste vooruitstrevende technologie, kan het soms niet aan bepaalde voorschriften van het bouwbesluit voldoen.

Methode: Dit onderzoek wordt uitgevoerd door middel van literatuuronderzoek en precedentenonderzoek.

Resultaat: Documentatie van alle bevindingen (dit document).

Conclusie: Welke kenmerken van het Earthship concept kunnen toegepast worden Binnen de context van 'permacultuur'? Het is een autonoom gebouw, gemaakt vanuit een zeer milieuvriendelijke gedachtegang.

Een earthship wordt in principe volledig gemaakt van hergebruikte en natuurlijke materialen, voor de bouw. En voorzien van onafhankelijke energievoorzieningen. Dit betekent dat het concept earthship volledig toepasbaar is binnen de context van permacultuur.

5. Hockerton Housing Project

5.1 Inleiding

Het “Hockerton housing” project is zijn in Engeland het eerste aarde bedekte woningen die zelfvoorzienend zijn. De huizen zijn ontworpen door Robert en Brenda Vale en zijn voornamelijk gebouwd door de bewoners. Het “Hockerton housing” project is een vervolg case van een eerder gerealiseerd project van de ontwerpers in Nottinghamshire. Het oorspronkelijke concept van het project was dat 5 gezinnen een ecologisch gevoel van leven aanleren /evenaren in een landelijke omgeving waar zij zelfvoorzienend worden in voedsel, water en energie. Het project bestaat uit een serie van 5 woningen die lineair geschakeld zijn. De woningen beschikken niet over moderne installaties maar worden op een natuurlijke manier geregeld. Het gebouw is georiënteerd op maximale zonnewarmtebelasting in winter. Aan de zuidzijde ligt een serre (conservatorium) over de volledige breedte van elke woning. Alle aangrenzende kamers zijn georiënteerd op het zuiden. De wanden en het plafond van het gebouw zijn van 300 mm dik beton, dit beton is bedekt met 300 mm isolatie en 400 mm aarde. De aarde bedekking zorgt voor een stabiele interne temperatuur onafhankelijk van temperatuurschommelingen van de buitenlucht. Hoewel er op zeer hoog niveau thermische massa en isolatie is gebruikt in de schil is er in de praktijk weinig functionele noodzaak voor het afdekken van de aarde geweest.

Het energieverbruik ligt 75% lager vergeleken met een doorsnee woning. Hoewel er een kleine hoeveelheid elektriciteit is gebruikt voor keukenapparatuur, verlichting en het produceren van warm water.

De bewoners zijn toegewijd aan het leven op een manier die milieuvriendelijk is. Elk huishouden is beperkt tot het bezit van slechts een auto, die rijdt op fossiele brandstof. Voor gemeenschappelijk gebruik is er een elektrische auto beschikbaar.

Alle huizen hebben een privé tuin waarin ze volgens permacultuur principes voedsel kunnen verbouwen, tevens is er ruimte voor het houden van (kleine) dieren.

Deze studie geeft een overzicht van de belangrijkste kwesties met betrekking tot:

- Ontwerp en uitvoering
- Energie verbruik
- Interne temperaturen
- Ontwerp lessen

Het “Hockerton housing” project heeft een aantal ontwerpkenmerken die zorgen voor minimaal energie verbruik, zoals hoog isolatie niveau en veel gebruik maken van thermische massa.



Afb. “Hocherton Housing Project” met vooraan helofyten filter

5.2 Regeling functies woningbouw

Het hockerton housing project ligt op een stuk grond van ca. 10 ha. De bouw is in overeenstemming met strenge milieueisen gerealiseerd. Het grote gebied stelt de bewoners in staat om te overleven in een duurzame zelfvoorzienende omgeving.

Het gebied is opgedeeld in diverse onderdelen; gewassen en telen en het fokken van kleine dieren. Het werken op de akkers wordt afgewisseld door de bewoners. Dit wordt gedaan door middel van een roulatiesysteem.

Het regelwater dat op het dak van de serre valt wordt gefilterd en verzameld zodat het als drinkwater gebruikt kan worden. Water voor de wasmachine en de wasserij is opgeslagen in een reservoir aan de noordzijde van het gebouw. Afvalwater wordt gezuiverd in een recreatie meer met een riet-bed. Organismen zuiveren dit water in samenwerking met het riet op een natuurlijke manier. Deze plas biedt een natuurlijk habitat voor organismen en andere wilde dieren. Het riet-bed wordt zorgvuldig onderhouden zodat er geen ongewenste groei wordt veroorzaakt. Het slib wordt opgevangen in diverse segmenten. Dit wordt af en toe verwijderd.

Een windmolen zal zorgen voor elektriciteit. Deze zal genoeg energie genereren, zodat de huishoudens niet aangesloten hoeven te worden op het vaste net.

Alle bewoners van het Hockerton housing project woonden oorspronkelijk in lokale woningen voordat zij naar hun nieuwe woningen vertrokken. De bewoners komen uit verscheidende achtergronden. Er wonen zelfs families met kinderen.



Afb. Luchtfoto "Hocherton Housing Project"

5.3 Ontwerp

De huizen zijn ontworpen door Robert en Brenda Vale en werden gebouwd door de bewoners.

Een van de eigenaars, een ervaren bouwer van lage-energie gebouwen, trad op als projectmanager. Voor het specialistische werk werden externe partijen aangesproken. Deze deden o.a. het metselwerk en het pleisterwerk.

Het project werd bedacht in 1994, het bouwen begon in 1996. De bouw van de huizen duurde 2 jaar langer dan gepland. Dit was te wijten aan vertragingen in de beschikbaarheid van aannemers. De eerste huizen werden in maart 1998 bewoond, de laatste in september 1998.

5.4 Het gebouw

De constructie van het gebouw bestaat voornamelijk uit beton; het dak is van 300 mm dik gewapend beton en de achtermuur is van 450 mm dik beton. De interne muren zijn onderverdeeld in secties van 3.2 meter. Deze zijn opgebouwd uit 200 mm dikke betonblokken. De gehele structuur is geïsoleerd met 300 mm geëxpandeerd polystyreen die zeer hoge thermische isolatie biedt. De ramen tussen de serre (conservatorium) en de woonruimten zijn van 3-dubbelglas met een coating die voor een zeer laag stralingsvermogen zorgt. De ramen van het conservatorium zijn van hoogwaardig dubbelglas. De zonne-ruimte wordt verwarmd door passieve zonne-energie. Om de warmteopdracht van de serre naar het woondeel te kunnen versnellen, kunnen ramen open worden gezet.

5.5 Oriëntatie

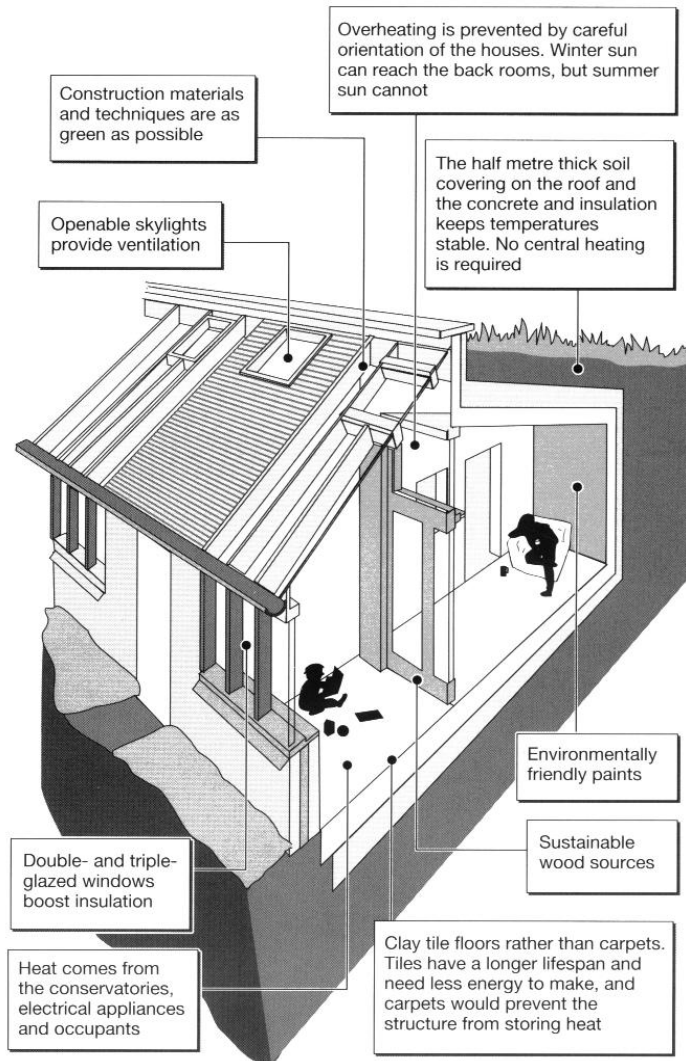
Het conservatorium is gericht op het zuiden, het zelfde geldt voor alle woonkamers, op deze manier wordt er maximaal geprofiteerd van de zon. In de winter wordt de zonne-energie direct verzameld als de zon laag staat.

5.6 Ruimteverwarming en warm water

De ruimteverwarming is volledig afhankelijk van warmte uit warmtebelasting door zoninstraling en incidentele winsten als gevolg van de bezetting. Deze warmte wordt opgeslagen in de betonnen structuur van de schil en wordt vrijgegeven wanneer de binnentemperatuur daalt. Het warme water wordt verwarmd door een lucht-naar-water –serie pomp, die in de serre is gesitueerd. Deze is aangesloten naar een opslag cilinder. Een vijfde deel van de cilinder wordt verwarmt door een kachel en de rest door de warmtepomp.

5.7 Ventilatie

De huizen worden in de zomer geventileerd door middel van een groot raam in de nok van de serre. Wanneer het te warm wordt in de zomer kan dit raam open worden gezet, zodat de warmte ontsnapt. In de winter wordt de lucht geëxtraheerd uit de badkamer, keuken en overige woonruimten. Deze wordt doorgegeven door middel van een warmtewisselaar.



Afb. Schematische weergave "Hockerton Housing Project"

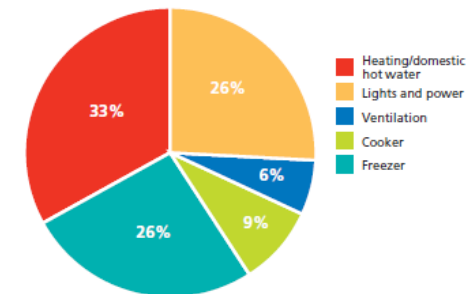
5.8 Energieverbruik

De totale energie verbruik bij de Hockerton project was 20.500 kWh "tijdens de periode van toezicht". Dit komt neer op iets meer dan 4.000 kWh per woning en ongeveer 11 kWh per huis per dag.

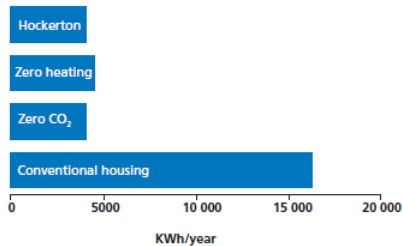
De dagelijkse energieverbruik schommelde tussen 6 kWh en 33 kWh. Het dagelijks verbruik in de zomer was rond de 25% lager dan tijdens de winter. Gedurende de zomermaanden was er minder gebruik van verlichting nodig en sommige van de bewoners maakten geen gebruik van de mechanische ventilatie.

De verdeling van de gemiddelde dagelijkse energieverbruik van 12 kWh is in de figuur rechts hiernaast weergegeven. Het verbruik kan worden gereduceerd met 4 kWh (33%) per dag door twee maatregelen toe te passen:

- Vervangen van de vriezer door een efficiëntere model.
- Gebruik van de warmtepomp voor warm water (werd tijdens het monitoren geen gebruik van gemaakt).



Afb. Weergave energie gebruik



Afb. Vergelijking energie verbruik

dan een passief huis (nulwoning).

5.9 Monitoring binnenklimaat

De temperaturen in de woningen werden elk half uur, het hele jaar door gevolgd. De temperaturen in de woningen zijn zeer stabiel, als gevolg van een hoog niveau thermische massa en isolatie. Tijdens de wintermaanden schommelde de temperatuur rond de 17 ° C. Tijdens de zomer stegen de temperaturen tot ongeveer 24 ° C. De temperatuur in de serre (die ontafgeschermd is) steeg regelmatig tot meer dan 30 ° C op zonnige dagen.

Gedurende de koudste week tijdens de winter van 1998, lagen de buitentemperaturen rond / minder dan de 5 ° C. Tijdens deze periode bleven de temperaturen constant op ongeveer 17 ° C.

De bewoners vertelden dat de huizen niet koud aanvoelden gedurende de winter, hoewel er incidenteel gebruik werd gemaakt van bijverwarming door elektrische kachels. Het stralende effect van de thermische massa zal hebben geleid tot een hogere netto resulterende temperatuur. Sommige

bewoners meldden dat de huizen in de nacht warmer waren dan in normale woningen.

Er is geen verband gevonden tussen de interne temperaturen in de winter en het niveau van de zonne-energie straling. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het dempende effect van de thermische massa.

De temperaturen tijdens de zomer waren ook zeer stabiel. De temperatuur bleef tussen 24 ° C en 26 ° C gedurende de week, behalve wanneer de temperatuur in een slaapkamer een keer steeg tot boven de 35 ° C. Dit was omdat het venster naar de serre was opengelaten en het conservatorium temperatuur stijgt als gevolg van zoninstraling.

Één paar bewoners klaagden dat hun slaapkamer te warm was in de zomer.

De mechanische ventilatie was niet in de woningen gebruikt tijdens het eerste deel van de toezicht in de winter. Meerdere bewoners klaagden over benauwdheid gedurende deze eerste periode en één huis ervaarde ernstige condensatie en schimmelvorming.

De bedoeling van de architect was dat de mechanische ventilatie zou aanstaan op een laag niveau tijdens de winter. Ooit was dit uitgevoerd in februari 1999. De vochtigheidsgraad daalde en geen verdere problemen zijn ervaren. De continue werking van de ventilator, tijdens de winter, heeft geen waarneembaar effect op de gebruiksoppervlak en het heeft geen impact op het energiegebruik.

5.10 Conclusies en ontwerp lessen

De Hockerton huizen is een succesvol experiment in energiezuinig ontwerpen. Ze zijn aantrekkelijk en aangenaam om in te wonen, hoewel sommige bewoners klachten hadden. Het ontwerp presenteert een duurzame levensstijl met zelfvoorziening in water en voedsel en zorgt voor een hoog niveau van voorzieningen voor de bewoner.

De huizen werden gebouwd tegen een kostprijs die vergelijkbaar is met een conventionele huisvesting, hoewel het zelfgebouwde element van het werk het geheel verstoord.

Veel elementen van de behuizing kunnen worden gerepliceerd in meer duurzame elementen, waaronder:

- Hoge mate van isolatie en luchtdichtheid.
- Het gebruik van thermische massa als een buffer voor warmte, van zonne-winst en de bewoners - dit resulteert in een zeer stabiele temperatuur het hele jaar.
- Het gebruik van een windturbine
- Het gebruik van de warmtepompen

Sommige zwakke punten van de woningen kunnen eenvoudig worden aangepakt:

- De interne relatief lage temperaturen tijdens de winter kan worden verbeterd door de installatie van kleine elektrische kachels.
- Vroege problemen met vochtige en luchtvochtigheid waren veroorzaakt door het niet gebruiken van de mechanisch ventilatiesysteem

6. Aanvullend Materiaal onderzoek

Materialen en installaties

Om tot een weloverwogen besluit te komen welke materialen en installaties we willen gaan toepassen maken we gebruik van een multicriteria-analyse (MCA). Dit hulpmiddel helpt ons bij het maken van keuzes zodat we doeltreffender te werk kunnen gaan met het kiezen van “juiste” materialen en installaties.

De te beoordelen materialen in de multicriteria-analyse zijn deels verworven uit een eerder gemaakt afstudeeronderzoek genaamd; Earth Ship Pro-wereldorp 2010. In het “onderzoeksrapport” naar materialen staan diverse duurzame materialen beschreven die voor ons project ook nuttig kunnen zijn.

We hebben een selectie gemaakt van materialen die voor ons project toepasbaar zouden kunnen zijn. Deze zijn terug te vinden in de multicriteria-analyse.

Om de verschillende materialen en installaties te kunnen beoordelen hebben we een lijst van beoordelingscriteria opgesteld. We hebben gekozen voor de volgende beoordelingscriteria:

Duurzaamheid:

Levensduur: Hoofddraagconstructie ca. 300 jaar

Functionaliteit: Werkend volgens principe “Hockerton housing”/ Passive woning. Leefbaarheid, behaaglijkheid. Logistiek (werkproces)

Hergebruik:

Kosten: Materiaal/ productie kosten reduceren

Bouwfysisch: Het creëren van een optimale woon/werk klimaat

Herkomst: Voorkeur gaat uit naar lokale materialen

Flexibiliteit: Mogelijkheid tot uitbreiding/veranderen van functie

Inpassing in het landschap: Integreren in het plangebied

Onderhoud:

Wegingsfactor

Aan bepaalde criteria stellen we hoge eisen. We hebben besloten om een wegingsfactor toe te passen. Door middel van deze wegingsfactor kunnen we een onderscheid maken tussen criteria die zeer belangrijk zijn en criteria die “iets minder” van toepassing zijn.

1 = minder belangrijk

2 = Belangrijk

3 = Zeer belangrijk

Criteria	Bram	Joost	Benjamin	Uitkomst
Duurzaamheid	3	3	3	3
Functionaliteit	2	2	2	2
levensduur	2	3	2	2
Hergebruik	3	1	2	2
Kosten	1	1	1	1
Bouwfysisch	3	3	3	3
Herkomst	2	2	2	2
Flexibiliteit	3	3	2	3
Omgeving	3	2	3	3
Onderhoud	3	3	3	3

	Duurzaamheid	Functionaliteit	Levensduur	Hergebruik	Kosten	Bouwfysisch	Herkomst	Flexibiliteit	Omgeving	Onderhoud	Index
Houtvezel isolatie platen	4	2	4	4	3	4	4	4	4	3	88
Leem	5	4	4	4	3	3	3	5	5	3	96
Gipswerk	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	74
Hennepe	4	5	4	4	2	4	4	5	5	3	99
Geen afwerking	5	4	4	5	4	2	5	5	5	3	100

Tabel: Plafondafwerking

	Duurzaamheid	Functionaliteit	Levensduur	Hergebruik	Kosten	Bouwfysisch	Herkomst	Flexibiliteit	Omgeving	Onderhoud	Index
Gecertificeerd hout	5	5	4	5	1	4	3	5	5	3	101
Rest hout	4	4	4	5	3	3	3	3	5	3	89
Kunststof	3	4	4	3	1	3	1	4	3	4	76
Staal	3	5	5	4	1	2	1	4	2	5	79
Aluminium	4	4	5	5	1	3	1	4	1	5	82

Tabel: Kozijnen

	Duurzaamheid	Functionaliteit	Levensduur	Hergebruik	Kosten	Bouwfysisch	Herkomst	Flexibiliteit	Omgeving	Onderhoud	Index
Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	
Autobanden	2	3	2	1	3	5	2	4	3	3	70
Stobalen + leem	5	3	3	4	3	1	5	3	5	4	87
Beton (Granulaat)	4	5	5	2	3	5	3	5	3	5	99
Zandzakken	4	3	4	5	4	4	3	3	3	3	85
Hennep (bouwblok)	5	4	3	4	2	2	5	2	5	3	85
Zwefkeien + beton	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3	86
Leemblokken	4	5	2	5	4	5	5	5	4	2	98

Tabel: Buitenwanden (Thermisch)

	Duurzaamheid	Functionaliteit	Levensduur	Hergebruik	Kosten	Bouwfysisch	Herkomst	Flexibiliteit	Omgeving	Onderhoud	Index
Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	
Gerecycled vakglas	4	3	4	4	2	1	3	4	5	4	84
Dubbelglas HR++	4	4	4	4	1	1	3	4	5	4	85
3-laags-glas	5	5	4	4	1	5	3	4	5	4	102

Tabel: Beglazing

	Duurzaamheid	Functionaliteit	Levensduur	Hergebruik	Kosten	Bouwfysisch	Herkomst	Flexibiliteit	Omgeving	Onderhoud	Index
Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	
Vlas en hennep wol	5	5	4	4	3	5	5	5	5	4	111
Schapenwol	4	3	4	5	2	3	5	4	5	4	96
Aangestampte aarde (noord)	5	5	5	5	3	4	5	5	5	4	112
Stro + leem	4	2	4	4	4	4	5	3	4	3	88
Kokos	4	4	4	3	2	3	1	4	4	4	83

Tabel: Isolatie (thermisch/geluid)

	Duurzaamheid	Functionaliteit	Levensduur	Hergebruik	Kosten	Bouwfysisch	Herkomst	Flexibiliteit	Omgeving	Onderhoud	Index
Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	
Windmolen	4	3	4	3	2	1	3	5	2	4	76
Zonne-energie (panelen)	4	5	4	2	2	2	3	5	3	4	84
Waterturbine	4	3	4	3	2	2	1	5	4	4	81

Tabel: Energie

Duurzaamheid
Functionaliteit
Levensduur
Hergebruik
Kosten
Bouwfysisch
Herkomst
Flexibiliteit
Omgeving
Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Hemelwater via dak	5	5	4	4	3	4	5	4	5	4	105
Oppervlaktewater	5	3	4	2	4	2	5	2	5	3	83
Grondwater	4	4	4	4	2	4	5	3	4	4	93

Tabel: Drinkwater winning

Duurzaamheid
Functionaliteit
Levensduur
Hergebruik
Kosten
Bouwfysisch
Herkomst
Flexibiliteit
Omgeving
Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Zon op zuidgevel (serre)	5	4	5	3	3	5	4	3	3	4	95
Kachel	3	3	4	2	2	4	3	3	2	4	74
Warmtepomp	3	4	4	2	2	4	3	3	2	3	73
Klimaatmatten in plafond	3	3	3	2	2	4	3	4	3	2	72
Energie dak	3	3	4	2	2	4	3	4	3	1	71

Tabel: Temperatuur beheersing

Duurzaamheid
Functionaliteit
Levensduur
Hergebruik
Kosten
Bouwfysisch
Herkomst
Flexibiliteit
Omgeving
Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Warmtepomp boiler	3	4	4	4	3	4	3	4	3	4	87
Leem-techel-palletkachel	3	2	5	3	4	3	3	4	3	3	78
Vacuumbuiscollector	4	5	4	4	3	4	3	3	2	4	86
Zonneboiler	4	5	4	4	3	4	4	3	2	4	88

Tabel: Warmtapwater bereiding

Duurzaamheid
Functionaliteit
Levensduur
Hergebruik
Kosten
Bouwfysisch
Herkomst
Flexibiliteit
Omgeving
Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Natuurlijke ventilatie	5	4	5	5	5	3	5	5	5	5	112
Planten	5	3	4	5	3	3	5	2	5	3	91
Mechanische ventilatie	3	4	3	2	2	4	2	3	3	4	75
Vraaggestuurde ventilatie	4	5	4	2	1	4	2	3	3	4	81

Tabel: Ventileren

Duurzaamheid
 Functionaliteit
 Levensduur
 Hergebruik
 Kosten
 Bouwfysisch
 Herkomst
 Flexibiliteit
 Omgeving
 Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Houtenvloer	5	3	4	5	3	2	5	4	5	4	97
Betonvloer	3	5	5	3	3	5	2	3	2	5	87
Kanaalplaat	3	4	5	3	4	5	3	3	3	5	91
Schilvoer	4	5	5	3	3	5	3	3	5	5	101

Tabel: MCA
 Vloerconstructie

Duurzaamheid
 Functionaliteit
 Levensduur
 Hergebruik
 Kosten
 Bouwfysisch
 Herkomst
 Flexibiliteit
 Omgeving
 Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Autobanden	1	3	4	1	1	4	1	3	1	3	55
Strokenfundering (beton)	3	3	5	3	2	5	3	5	3	5	93
Paalfundering + strook(beton)	4	5	5	3	4	5	3	5	4	5	105
Paalfundering (hout)	5	3	3	3	3	5	4	4	4	3	92
Betonplaat	4	3	5	3	4	5	3	5	4	5	101

Tabel: MCA Fundering

Duurzaamheid
 Functionaliteit
 Levensduur
 Hergebruik
 Kosten
 Bouwfysisch
 Herkomst
 Flexibiliteit
 Omgeving
 Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Kurk	5	1	3	2	5	1	2	3	3	3	66
Bamboe	4	2	4	2	2	1	1	3	3	3	62
Eco vloerbedekking / karpert	4	2	4	4	1	1	2	3	2	3	64
Leem	5	2	3	5	4	5	5	3	4	1	88
Tegels (hergebruik)	3	5	4	3	3	5	2	3	3	5	88
kleitegels	5	5	5	2	5	5	3	5	1	5	98
Hout (parket)	3	5	4	5	1	1	5	4	5	3	87
Houtsnipers	5	1	1	5	5	1	5	5	5	1	80

Tabel: MCA Vloerafwerking

Duurzaamheid
 Functionaliteit
 Levensduur
 Hergebruik
 Kosten
 Bouwfysisch
 Herkomst
 Flexibiliteit
 Omgeving
 Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
HSB	5	1	4	5	4	1	5	3	5	4	88
Blikjes (in beton)	2	4	4	1	4	4	2	2	2	4	68
Glazen flessen (in beton)	2	3	3	1	4	2	2	2	2	4	58
Leem met vlaskern	5	3	4	5	3	3	5	3	4	3	91
Vlasspaanplaat	5	4	4	4	3	3	3	4	3	4	90
Kalkzandsteen met schelpkalkmortel	4	3	5	3	3	3	2	5	2	5	86
Baksteen met schelpkalkmortel	4	4	5	3	3	4	3	4	3	4	90
Giet beton (+Granulaat)	4	5	5	2	3	5	3	5	3	5	99

Tabel: MCA
 Binnenwanden

Duurzaamheid
Functionaliteit
Levensduur
Hergebruik
Kosten
Bouwfysisch
Herkomst
Flexibiliteit
Omgeving
Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Vlasspaanplaat	1	4	4	5	3	4	3	4	3	5	86
Hout (lokaal)	5	3	5	5	2	4	5	3	3	5	88
Hout (gecertificeerd)	5	5	5	4	2	4	4	4	3	5	91

Tabel: MCA Deuren

Duurzaamheid
Functionaliteit
Levensduur
Hergebruik
Kosten
Bouwfysisch
Herkomst
Flexibiliteit
Omgeving
Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Hout (gelamineerd)	5	4	4	5	3	4	4	4	5	4	103
Beton	3	5	5	3	3	5	2	3	3	5	90
HSB-elementen	5	3	4	4	2	4	4	4	4	5	98
Staal	2	5	5	4	5	2	1	5	1	5	80

Tabel: MCA constructie serre

Duurzaamheid
Functionaliteit
Levensduur
Hergebruik
Kosten
Bouwfysisch
Herkomst
Flexibiliteit
Omgeving
Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
EPDM	3	4	4	3	3	3	1	4	1	3	69
Gras	5	4	4	3	2	5	5	4	5	4	103
Sedum- mos	5	4	4	3	2	5	5	4	5	4	103
Glas	3	5	4	3	3	5	5	4	5	4	100

Tabel: MCA Dakbedekking

Duurzaamheid
Functionaliteit
Levensduur
Hergebruik
Kosten
Bouwfysisch
Herkomst
Flexibiliteit
Omgeving
Onderhoud

Factor	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	Index
Grijswatercircuit	3	5	5	3	4	3	4	4	3	4	89
Helofytenfilter	5	5	4	5	4	3	5	3	5	2	96

Tabel: MCA Waterafvoer

6.1 Energie

6.1.1 Geothermische-energie (Aardwarmte/elektriciteit)

Een deel van de warmte in de kern van de aarde is terug te voeren op de vrijgekomen warmte bij het ontstaan van de aarde. De energie kan worden gewonnen door gebruik te maken van het temperatuur verschil tussen de aardoppervlakte en diep in de aarde gelegen warmte.

Aardwarmte kan worden onderscheiden in vindplaatsen met hoge temperatuur (hoge enthalpie) en lage temperatuur. De aardwarmte met een lage temperatuur is terug te vinden in niet-vulkanische gebieden.

Bij de winning van warmte uit de aarde kan onderscheid gemaakt worden uit 3 systemen;

Hydrothermale systemen: in de ondergrond voor handen warm water circuleert tussen 2 bronnen door natuurlijke waterhoudende lagen.

Petrothermale systemen: in een droge bodem worden kunstmatig spleten en kloven gemaakt, waarin water wordt gepompt wat vervolgens tussen 2 bronnen circuleert.

Diepe aardwarmte sondes: het warmtedragend medium circuleert in een gesloten circulatie in een boring in een U-bocht.

Het uiteindelijk toegepaste systeem is afhankelijk van de lokale situatie en de benodigde apparatuur.

6.1.2 Elektriciteit uit aardwarmte

Met deze techniek wordt water met een zeer hoge temperatuur opgepompt uit de aarde wat vervolgens gebruikt wordt om turbines aan te drijven. Het "rest" water wordt via een boorgat weer de aarde in gepompt. Het is van groot belang om het water te hergebruiken omdat geothermische bronnen zeer veel zouten bevatten die niet in het oppervlaktewater kunnen worden geloosd.

6.1.3 Aardwarmte in Nederland

In Nederland is de aardwarmte op een diepte van 5 km ca. 150/180 graden. Deze temperatuur is minder geschikt voor de opwekking van stoom. Echter is deze temperatuur wel uitstekend geschikt om gebouwen mee te verwarmen. Deze aardwarmte kan worden gewonnen met een warmtepomp. De warmtepomp haalt zijn warmte onbeperkt en kosteloos uit beschikbare warmtebronnen. In de zomermaanden kunnen ze gebruikt worden voor koeling van het gebouw.



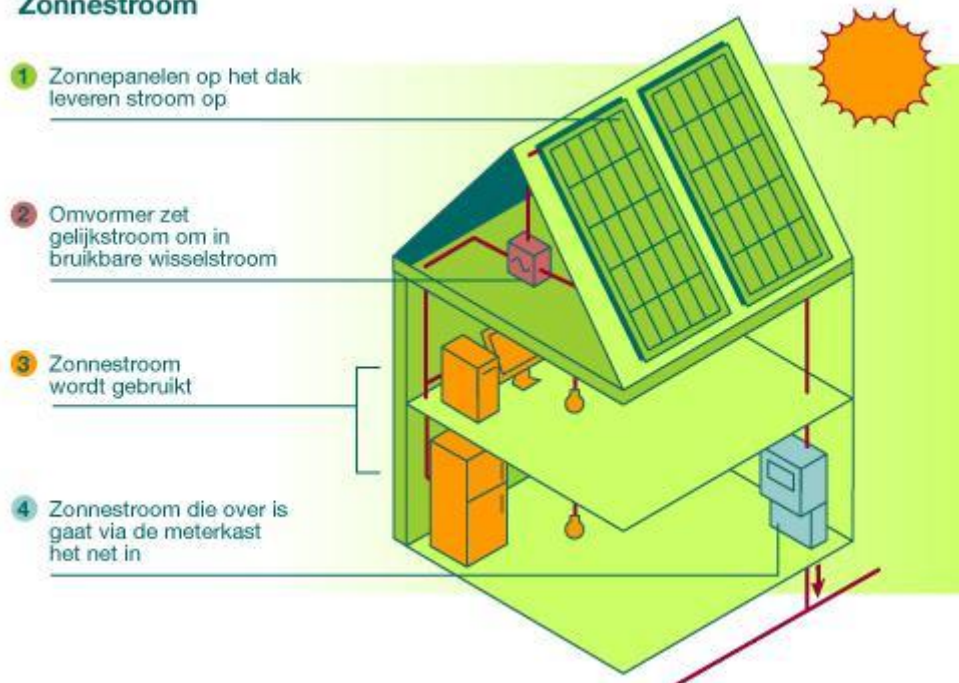
Afb. Schematische weergave systeem aardwarmte

6.1.4 Zonne-energie

Het bekendste zonnepaneel die elektrische energie opwekt is de fotovoltaïsche zonnecel. De elektrische stroom kan op 1 manier door de zonnecel heen lopen. Wanneer e elektromagnetische straling (zonlicht) op de zonnecel valt, worden elektronen losgeschoten. Deze gaan in een gewenste richting bewegen. De beweging van alle losgemaakte elektronen samen is de elektrische stroom die door de zonnecel heel loopt.

Om praktisch nut van deze cellen te hebben, worden deze meestal in een zonnepaneel gemonteerd dat dan de naam PV-paneel (Photo-Voltaïsch) krijgt. Een zonnepaneel levert gelijkstroom. Het kan aangesloten worden op een inverter om wisselstroom te krijgen. De energie kan meteen gebruikt worden door aangesloten apparaten. Er kan ook een accu mee opgeladen worden. Als een PV-paneel op het lichtnet aangesloten is, kan het daar eventueel stroom aan leveren. De wisselwerking tussen eigen opbrengst en terugleveren van overschotten aan het net is veel rendabeler dan opslaan op een batterij.

Zonnestroom



Afb. Schematische weergave systeem zonne-energie

6.1.5 Windenergie

Nederland is een geschikt land voor het opwekken van windenergie. Nederland is vlak en het waait er vaak. Op dit moment komt 4,4% van alle elektriciteit uit Nederlandse windturbines. Het opwekken van windenergie is relatief goedkoop. Windenergie werkt uitstekend in combinatie met zonne-energie.

Enkele nadelen van het opwekken van windenergie zijn;

- Milieubelasting (onderdelen van windmolen, -turbines zijn milieubelastend)
- Geluidshinder (ruisend geluid van de wieken)
- Micro klimaat (Door de turbulentie achter een draaiende windturbine, -molen worden hogere en lagere luchtlagen met elkaar gemengd. Dat veroorzaakt vooral 's nachts een hogere windsnelheid en hogere temperatuur op grondniveau.
- Aantasting van het landschap (Windmolens, -turbines zijn vaak storend in het landschap)
- Afhankelijk van de windsnelheid

Voordelen:

- Raakt nooit op
- Levert schone stroom op
- Geen CO2 uitstoot

Geschatte energie opbrengst per maand bij verschillende gemiddelde windsnelheden						
diameter	1200	1800	2400	3000	3600	4200
Max. vermogen	200 W	350 W	700 W	800 W	1000 W	1000 W
Gem. 3 m/s	5 kWh	12 kWh	22 kWh	34 kWh	49 kWh	67 kWh
Gem. 4 m/s	14 kWh	30 kWh	54 kWh	85 kWh	122 kWh	166 kWh
Gem. 5 m/s	23 kWh	53 kWh	93 kWh	146 kWh	210 kWh	286 kWh
Gem. 6 m/s	33 kWh	74 kWh	131 kWh	205 kWh	296 kWh	402 kWh
Gem. 7 m/s	41 kWh	92 kWh	164 kWh	256 kWh	369 kWh	502 kWh
Geschatte materiaalkosten	€ 255	€ 400	€ 650	€ 750	€ 1150	€ 1250

Tabel Energie opbrengst/ windsnelheden



Afb. Windenergie en zonne-energie

13



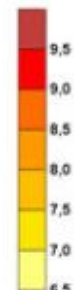
Afb. Windkaart Groningen weergegeven in gemiddelde windsnelheden

De windkaart van Groningen geeft duidelijk weer dat in Groningen hoge windsnelheden gehaald worden. Oorzaken van de gemiddelde hoge windsnelheden in het noorden zijn; veel open gebieden (weiland) en Groningen ligt dicht bij de kust. Een windmolen zou zeer geschikt kunnen zijn voor het opwekken van stroom.

610

590

570



6.2 Warmte

6.1.1 Thermische massa

Thermische massa is een term waarmee het thermisch accumulerend vermogen van massa wordt aangeduid, oftewel het vermogen om warmte en koude op te nemen, een periode vast te houden in het materiaal en later afhankelijk van de ruimtetemperatuur weer af te geven via het materiaaloppervlak.

cascovariant	ruimteverwarming		oververhitting*
	vraag (GJ/jr)	piek (kW)	aantal uren > 25 °C
beton	1,1	0,6	18
beton met hsb binnenspouwblad	1,1	0,5	20
houtskeletbouw	1,1	-0,6	97
kalkzandsteen	1,1	0,5	22

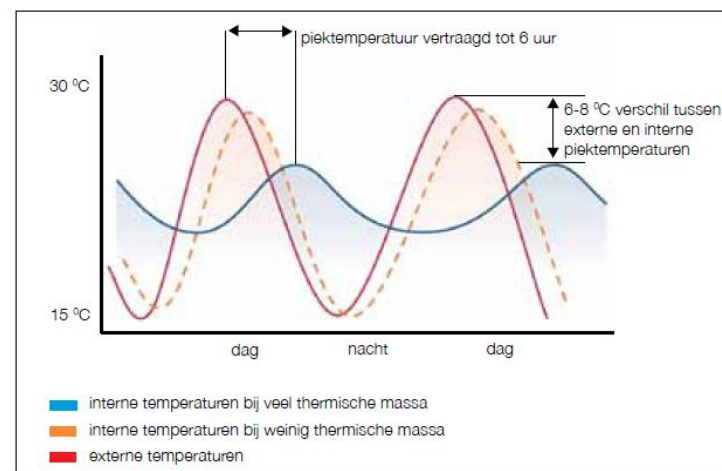
Tabel Aantal uren overschrijdingbinnentemperatuur (per jaar), voor drie cascovarianten. Bron: Passiefhuis in Nederland, 2006

De voordelen van thermische massa van beton

Beton is een betrouwbaar bouw materiaal. Behalve eigenschappen als sterkte, brandwerendheid en geluidsisolatie heeft beton nog meer te bieden. Het grote voordeel van de toepassing van beton in gebouwen is de grote thermische massa, die leidt tot thermische stabiliteit. Dit bespaart energie en zorgt voor een meer comfortabel binnenklimaat voor gebruikers. Zonder extra maatregelen is een zwaar gebouw – met een betonconstructie - al in het voordeel boven een licht

gebouw als het om energie-efficiëntie gaat. De voordelen kunnen nog veel groter zijn als het constructief ontwerp, het gebouw- en het installatieontwerp optimaal worden afgestemd op de inzet van thermische betonmassa. Thermische massa van beton in gebouwen:

- Optimaliseert de voordelen van zonnearmte,
- Reduceert energieverbruik voor verwarming en koeling,
- Nivelleert en dempt interne temperatuurswisselingen,
- Vertraagt piektemperaturen in kantoren en andere commerciële gebouwen tot na het tijdstip dat de gebruikers het gebouw verlaten,
- Reduceert piektemperaturen en kan airconditioning overbodig maken,
- Kan in combinatie met nachtventilatie koeling overdag overbodig maken



Grafiek Invloed van thermische massa op comfort (bron: Thermal mass for housing, the Concrete Centre, UK)

6.3 Water:

6.3.1 Drinkwater

Om van water drinkwater te maken moet het worden behandeld, dit kan op diverse manieren.

6.3.2 Waterfilters

Door het water te filteren met een waterfilter scheid je drinkwater van, bezinksel, zand, stofdeeltjes, medicamenten, virussen, chloor en nare geuren.

6.3.3 Omgekeerde osmose installatie

Deze methode wordt ook wel de reverse osmose R.O genoemd. Het is een waterzuiveringmethode die van alle soorten water zoals zeewater, oppervlakte water, grondwater, kraan water of leiding water het zuiverste (100% puur drinkwater) kan maken. Een omgekeerde osmose installatie kan worden toegepast in huis , horeca, of voor de industrie.

6.3.4 Destillatie

Destillatie is een vorm van water zuiveren waar ook alleen puur en zuiver water overblijft. Het water wordt verhit tot 100 graden waardoor het gaat koken. Het water gaat dan over in waterdamp. De waterdamp condenseert en men verkrijgt puur en zuiver water. Een nadeel van dit proces; het kost veel energie om het water te verhitten.

6.4 Waterwinning

Een gemiddeld mens gebruikt ca 124 liter water per dag. Dit water wordt gebruikt voor het wassen van kleding, doorspoelen van het toilet, het reinigen van de auto, enzovoorts. Doorgaans wordt er drinkwater voor deze activiteiten gebruikt, dit is niet nodig. Gefilterd hemelwater/grondwater zou een goed alternatief zijn.

De boerderij gebruikt extra water voor het gebruik van drinkwater voor het vee, het sproeien van gewassen (bij extreem droge perioden), het wassen van groenten, reinigingswater, enzovoorts.

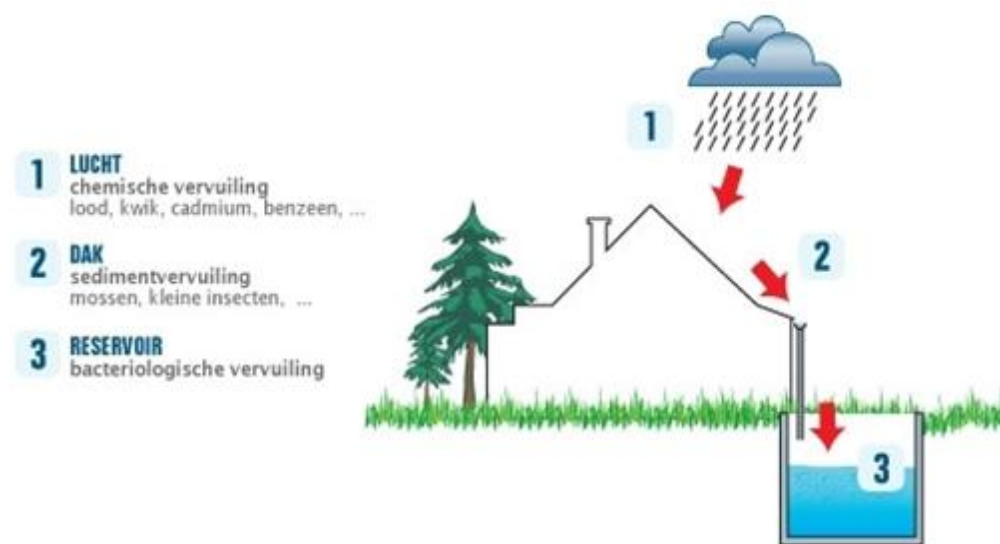
6.4.1 Hemelwater

Het opvangen van regenwater is een duurzame methode om water te reserveren. Het water dat via het dakvlak wordt verzameld kan via een afvoer naar een reservoir geleid worden. Het verzamelde regenwater moet eerst worden gefilterd zodat, zand, bladeren, en eventuele bacteriën en natuurlijke metalen gescheiden worden.

Dakoppervlakte	Volume
Tot 100 m ²	3000 liter of meer
Tussen 100 m ² en 150 m ²	5000 liter of meer
Tussen 150 en 200 m ²	7500 liter of meer
Deel vanaf 200 m ²	Infiltratie/vertraagde afvoer

Tabel. Opvangen regenwater

6.4.2 Oppervlaktewater



Afb. Schematische weergave opvangen regenwater

Onder oppervlaktewater verstaan we al het water in sloten, kanalen, vijvers, plassen, meren, beekjes en rivieren. Mensen benutten dit oppervlaktewater bijvoorbeeld voor recreatie (zwemwater), als vaarwater, of voor drinkwaterwinning. Daarnaast is oppervlaktewater een belangrijke habitat voor een grote verscheidenheid aan dieren en planten. Wanneer het oppervlakte water niet te sterk verontreinigd is, kan men er goede kwaliteit drinkwater van produceren.

6.4.3 Grondwater

Grondwater kan een alternatief zijn voor het gebruik van leidingwater. Je hebt 2 verschillende soorten grondwater. Diep grondwater en ondiep grondwater. De grondwaterstand is afhankelijk van de locatie. Een groot nadeel is dat het water opgepompt moet worden, dit kost energie.

Eigenschappen van grondwater

Ondiep grondwater:

- Verhoogd ijzer-gehalte
- Hoge hardheid
- Zoutdruk
- Bacteriologische belasting

Diep grondwater:

- Verhoogd zoutgehalte
- Hoog fluorgehalte
- Hoog sulfaatgehalte

6.5 Warmwater

6.5.1 Zonneboiler

Een zonneboiler maakt gebruik van de warmte die de zon afgeeft. Deze warmte wordt opgevangen door een collector en overgedragen op een vloeistof (water met antivries) die zich in een buizensysteem onder het oppervlak van de collector bevindt. Een pomp zorgt ervoor dat het water rond circuleert door de leidingen en het waterreservoir. Op deze manier wordt het water over het hele systeem verdeeld en wordt het water

verwarmd. Het opgewarmde water wordt via een na-verwarmer het huis in geleid, waar het geconsumeerd kan worden.

De zonneboiler bestaat uit een collector, buizensysteem, een pomp, voorraadvat, een na-verwarmer, en diverse temperatuur sensoren. De na-verwarmer is nodig omdat in Nederland de zon niet altijd voldoende energie levert om het water voldoende te verwarmen. Wanneer het water te koud het systeem verlaat zorgt de na-verwarmer ervoor dat het water minimaal tot 60 graden verwarmd wordt. Dit is nodig om de legionellabacterie te doden.

6.5.2 Kachel

Een houtkachel kan de woning en het water verwarmen als er niet voldoende natuurlijke verwarmingsbronnen aanwezig zijn. De kachel zorgt in eerste instantie voor sfeer maar kan ook kleine ruimten verwarmen. Tevens kan de kachel water verwarmen met de rest warmte die vrij komt. Een kachel met een grote massa aan speksteen zorgt voor een gelijkmatige warmteafgifte waarbij de kachel nog ca. 10 uur warmte afgeeft nadat het vuur gedoofd is.

Bij het stoken van de kachel wordt in het begin de schoorsteen verwarmd waardoor de benodigde trek aanwezig is om de verbranding te waarborgen. Na ca. 15 a 20 minuten zal automatisch de bij de warmtewisselaar aanwezige klep worden geopend en zullen de warme rookgassen het water gaan verwarmen.

6.5.3 Vacuümbuiscollector

Een vacuümbuiscollector bestaat uit naast elkaar geplaatste vacuümbuizen. Deze buizen zijn gemaakt van duurzaam dubbelwandig boriumsilicaat glas en zijn door het vacuüm tussen beide glaslagen volledig geïsoleerd van de buitentemperatuur. De opgevangen warmte wordt op deze manier extreem goed vastgehouden in de buizen, het

systeem werkt als het principe van een thermoskan. Op de binnenwand van het glas is een speciale casting aangebracht die de warmte absorbeert en afgeeft aan de heatpipe.

Tussen een vacuümbuiscollector en een vlakke-plaatcollector zit verschil in het rendement in de zomer en winter. Een vacuümbuiscollector is efficiënter in de winter en een vlakke-plaatcollector is efficiënter in de zomer. Wanneer je over het hele jaar de resultaten bekijkt zullen de beide systemen gelijkwaardig zijn.

Vlakke-plaatcollector: als de zon pal op de collector schijnt wordt bij een vlakke plaat het hele oppervlak beschenen. In de winter is deze installatie minder efficiënt. In de winter heeft de zon een andere stand (niet optimaal) en zal er meer warmteverlies optreden.

Vacuümbuiscollector: Als de zon pal op de collector schijnt, schijnt de zon tussen de buizen door waardoor er een kleine fractie van de warmte wordt opgevangen. In de winter is deze installatie efficiënter dan de vlakke-plaatcollector. Door de goede isolatie is er weinig warmte verlies en de vacuümbuizen vangen bij een niet gunstige zonnestand meer diffuse straling op.

6.5.4 Warmtepompboiler

Zie aardwarmtepomp

6.6 Hergebruik van water

6.6.1 Grijs water

Grijs water is ongezuiverd afvalwater dat afkomstig is van alles, behalve van het toilet. Het water is redelijk makkelijk te zuiveren zodat het opnieuw bruikbaar is als huishoudelijk water. Het hergebruiken van afval water lijkt in eerste instantie minder logisch dan het gebruik van hemelwater. Een groot voordeel is dat je onafhankelijk bent van neerslag (droogte pieken) en minder afvalwater aanbied.

Gezuiverd afvalwater kun je gebruiken voor je tuin of toiletspoeling. Ook zijn er zelfs voorbeelden van zwembijvers die met gezuiverd grijs water op niveau worden gehouden of systemen waarmee het mogelijk is de was perfect schoon te krijgen met vergaand gezuiverd afvalwater.

Het lijkt omslachtig maar in tegenstelling tot hemelwaterbenutting is geen grote tank nodig omdat de aanvoer niet afhankelijk is van neerslag. Vraag en aanbod zijn altijd met elkaar in evenwicht: douchewater = aanvoer, toiletspoelwater = afvoer en er vindt recirculatie plaats over de wasmachine. Het waterverbruik van wasmachine en toilet vallen hierdoor weg. Ofwel: water wat via de douche binnen komt wordt gezuiverd hergebruikt voor de wasmachine en verlaat het huis of gebouw via het toilet.

Om het energieverbruik van een grijs watersysteem te minimaliseren wordt meestal een helofytenfilter toegepast. Hiermee kan het afvalwater met een fractie van het stroomverbruik van ieder ander systeem gezuiverd worden. De natuur doet namelijk het werk. Het helofytenfilter stinkt niet en heeft nauwelijks aandacht nodig. Er is een oppervlak nodig van twee en een halve tot vier vierkante meter per inwoner voor het helofytenfilter.

Een helofytenfilter in een natuurlijke zuiveringsinstallatie. De filter is een soort van “moerasje”. Het is vaak een bak met zand, grind, riet, lisdodde en bacteriën. De planten in een helofytenfilter leveren niet de grootste bijdrage aan het zuiveringsproces. Dit doen de bacteriën die in de bodem leven. De planten zorgen ervoor dat de bacteriën een ideaal leefklimaat hebben. Rond de wortels van de planten leven talloze bacteriën die zuurstof nodig hebben. De planten hebben een functie van een zuurstofpomp. Via de wortels van de planten wordt er zuurstof de bodem ingepompt. De bacteriën zetten hierdoor versnelt afvalstoffen uit het water om in voedingsstoffen. Verder zijn er ook grote kolonies bacteriën die zonder zuurstof leven, die weer leven van de afvalstoffen van de zuurstofminnende bacteriën

6.6.2 Zwartwater

Zwart water is een verzamelnaam voor met pathogene stoffen verontreinigd afvalwater dat afkomstig is van toiletten. De naam zwart water slaat op de kleur die dit water krijgt na verloop van tijd door de biologische processen in dit water.

Door de verontreiniging met virussen, bacteriën en allerlei andere organische stoffen is het water niet meer geschikt voor hergebruik. Dit water kan erg gevaarlijk zijn voor de gezondheid.

6.7 Gemaakte keuzes

6.7.1 Plafondafwerking

De plafonds die bestaan uit gegoten beton worden niet behandeld. De plafonds die bestaan uit een HSB constructie worden afgetimmerd met plaatmateriaal die beschikt over een FSC keurmerk.

6.7.2 Kozijnen

De kozijnen worden gemaakt van hout dat een “duurzaam” keurmerk heeft. Dit hout komt uit bosgebieden dat speciaal is aangeplant voor houtproductie. Voor elke gekapte boom wordt minstens 1 nieuwe geplant. De voorkeur gaat uit naar lokaal aangeplante bossen.



FSC keurmerk

6.7.3 Buitenwanden (Thermisch)

Voor de buitenwanden is de keuze gevallen op beton met betongranulaat. Beton met betongranulaat bevat gerecycled beton. Beton heeft een hoge warmtegeleidingcoëfficiënt en heeft tevens een zeer hoge levensduur. Leem is een goed alternatief maar heeft 2 nadelen:

1. De warmtegeleidingcoëfficiënt is een stuk lager. De wanden zullen hierdoor minder snel opwarmen, in de winter kan dit erg nadelig zijn. In de koude maanden is het aantal zonne-uren erg laag, als

de zon de wanden in deze maanden niet op kan warmen wordt de woning niet verwarmd.

2. Leem kan slecht tegen vocht. Wanneer leem in aanraking komt met water, neemt het water op en krijgt het materiaal andere eigenschappen. Het wordt zacht en zal makkelijk gaan vervormen. Uit onderzoek is gebleken dat leem sterk wordt afgeraden als buitengevel.

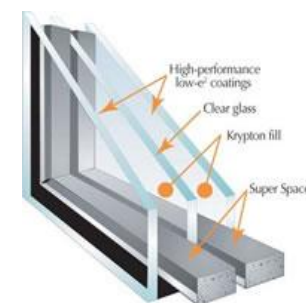
Waarschijnlijk is dit materiaal in de toekomst een zeer goed alternatief voor beton.



Afb. beton

6.7.4 Beglazing

De wand tussen de serre en het gesloten woon-/werkdeel komt 3-laagsdubbelglas. Dit glas heeft een zeer hoge thermische isolatie waarde. Wij hebben gekozen voor 3-laags met een Argon-vulling, met een isolatiewaarde van 0,57 W/K.m². Deze beglazing isoleert 2 keer beter dan hoog rendement glas (HR++) en tot bijna 6 keer beter dan gewoon dubbelglas. De beglazing kan eventueel gecoat worden zodat de privacy van de bewoners gewaarborgd kan worden. Deze coating zorgt ook voor minder directe zonnestraling als dit gewenst is.



Afb. 3-laags glas

6.7.5 Isolatie

1. De woning wordt aan de noordzijde geïsoleerd door een aardewal. De aarde heeft een constante temperatuur en zorgt voor een stabiele temperatuur. Door zonnestraling worden de betonnen wanden verwarmd. Door geleiding zal de gehele betonnen constructie verwarmd worden.
2. Het dak (HSB dele) wordt geïsoleerd door middel van vlas en hennepwol. Vlas- en hennepwol worden voor thermische en akoestische isolatie in het dak op dezelfde wijze toegepast als minerale wol. Om de samenhang en flexibiliteit van het materiaal te verbeteren wordt vaak een steunvezel (polyester) of een op zetmeel gebaseerde binder toegevoegd (12 tot 17%). De isolatiedekens worden schimmelwerend en brandvertragend gemaakt door toevoegingen van ammoniumfosfaat en of boriumzouten, soms in combinatie met waterglas.



Afb. Hennep isolatie op rol



Afb. Hennep isolatie platen

6.7.6 Energie

1. Zonnepanelen: door middel van zonnepanelen wordt de boerderij voorzien van elektriciteit. Op schuine vlakken in het dakvlak worden zonnepanelen geplaatst. Het grootste aandeel van de zonnepanelen wordt op het schuine dakvlak van de kassen geplaatst. Dit worden transparante zonnepanelen. Bij optimale omstandigheden kunnen de zonnepanelen 1kW per M2 halen. Deze omstandigheden zijn schaars daarom wordt er doorgaans gerekend met 0,25 – 0,35 Kw per m2
2. Windenergie: naast zonne-energie wordt er gebruik gemaakt van windenergie. De traditionele windmolens met 3 wieken zijn het meest rendabel. Daarom wordt er voor dit type gekozen. Het aantal en de diameter is afhankelijk van de hoeveelheid stroom dat er geprocedeerd moet worden. Hier hebben wij geen berekening op los gelaten.



Afb. Transparante zonnepanelen op een muurkas bij "fonds 1818"

6.7.7 Waterhuishouden

Het hemel water wordt opgevangen in een reservoir zodat een aansluiting op de waterleidingsnet niet noodzakelijk is. Regenwater wordt opgevangen in een tank. Nadat het is opgevangen wordt het door een omgekeerde osmose installatie gefilterd zodat dit water gebruikt kan worden als drinkwater. Het overige water wordt gefilterd door een helofytenfilter. Dit water kan gebruikt worden voor diverse doeleinden zoals; water voor planten in de kas, om de wc door te spoelen, te wassen, enz.

6.7.8 Temperatuur beheersing

De woningen en werkruimte kunnen op 2 manieren worden verwarmd. Dit komt omdat de gehele voorgevel van het gebouw aangesloten is op een kas die georiënteerd is op het zuiden.

1. De woning wordt verwarmd door bufferwarmte die op wordt geslagen in massieve (thermische massa) betonnen wanden. Door zonnestraling worden de massieve betonnen wanden verwarmd. Deze wanden nemen de warmte op en slaan deze op (thermische massa). De betonnen wanden stralen warmte af als deze warmer zijn dan de ruimte.
2. De woning wordt verwarmd door de warmte vanuit de kas. De kas zal snel opwarmen, ook wanneer de zon niet op volle sterkte is. Tussen de kas en de woon- en werkgedeelte zitten meerdere deuren en ramen die men kan openen. Hierdoor is warme en koude lucht te reguleren. Om de kas te ventileren zullen er een aantal dakramen komen. Deze dakramen kunnen geopend worden als het te warm wordt in de kas.



Afb. Constructie serre met houten glas facade



Afb. Zonneboiler met opslag vat

6.7.9 Warm tapwater bereiding

Het water wordt verwarmd door middel van een zonneboiler. Het water stroomt door de boiler en wordt door zonne-energie verwarmd. Het opgewarmde water zal worden opgeslagen in een goed geïsoleerde tank. Wanneer de zon het water niet genoeg verwarmd heeft, moet het water extra na-verwarmd worden tot minimaal 60 graden, wanneer dit niet gebeurt kan de legionella bacterie toeslaan.

6.7.10 Ventileren

Het gebouw wordt op een natuurlijke manier geventileerd. Dit willen we realiseren door openslaande ramen, kieren onder de deuren en andere technieken om op een natuurlijke manier te ventileren.



Afb. Schematische weergave natuurlijke ventilatie



Afb. Bekisting

6.7.11 Bouwtechniek

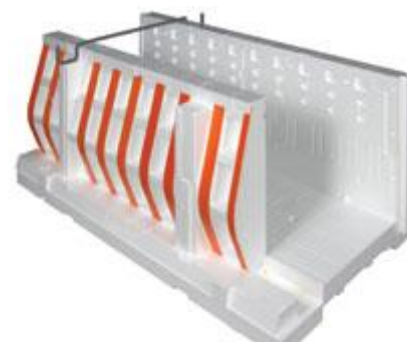
Het gebouw zal volledig worden opgetrokken uit gietbeton. De serre wordt opgebouwd uit een houten constructie met aansluitend houten kozijnen.

6.7.12 Vloerconstructie

De vloeren zijn allen van gietbeton. De vloeren van het woon deel zijn onafgewerkt 300 mm dik. Deze dikte is ruim voldoende om te voldoen aan de eisen van thermische massa. Bij de gietvloer in de kas is een dikte van 150 mm voldoende.

6.7.13 Fundering

De fundering zal bestaan uit betonnen palen met een strokenfundering. Groningen staat bekend om instabiele grondlagen, vaak wordt er gefundeerd door middel van palen. Omdat we rekening houden dat het project gerealiseerd wordt in de wijk Meerstad te Groningen hebben



Afb. PS bekisting



Afb. Klei-tegels

6.7.14 Vloerafwerking

Ter plaatse van de woon- en werkruimten zal een strak afgewerkte (gevlinderde) zandcement vloer komen die betegeld wordt met klei-tegels. Deze vloer is gekozen om zijn fysische eigenschappen. De vloer kan door zijn goede thermische eigenschappen snel warmte opnemen en deze vast houden.

De serre die aan de zuidkant van het gebouw is gesitueerd willen we een natuurlijke uitstraling geven. Dit proberen we te bereiken door natuurlijke materialen toe te passen. Veel losse grond (bloembakken en perken) en natuurlijke gangpaden van houtsnippers en kleitegels.

6.7.15 Binnenwanden

De binnenwanden zijn opgetrokken uit gietbeton. De betonnen wanden zijn gekozen vanwege de uitstekende fysische eigenschappen (eveneens als de buitenwanden). De betonnen wanden slaan de zonnewarmte op en geven deze op andere momenten weer af als er voldoende temperatuur verschil is.

De wanden tussen de serre en het woon- en werkdeel zijn opgetrokken uit HSB met glazen gevelelementen. Deze wand is goed geïsoleerd met hennep isolatie. Deze wand zorgt voor een thermische afscheiding tussen het woon- en werkdeel en de serre.

6.7.16 Deuren

De deuren zullen vervaardigd worden uit gecertificeerd hout. De deuren ter plaatse van de zichtlijnen zullen worden voorzien van raamstroken.

6.7.17 Dakconstructie

De dakconstructie ter plaatse van de woning wordt vervaardigd uit beton. Gietbeton met betongranulaat. Deze constructie wordt aan de buitenkant geïsoleerd door middel van een drukvaste isolatie.

Het dak ter plaatse van de serre bestaat uit een houten constructie. Deze houten constructie wordt deels afgewerkt met een glasdak en deels met een vegetatie dak.

6.7.18 Dakbedekking

Het dak zal worden uitgevoerd in een groendak. Dit groen dak bestaat uit een dakconstructie, een waterdichte laag, met daar overheen aarde en gras. De aarde heeft een isolerende functie en laat het gebouw integreren in het plangebied. Het vegetatie dak aan de zuidzijde van het gebouw (ter

plaatste van de serre), zal worden voorzien van een mos/ sedum dak. Bij dit type dak kan een relatief dun dakpakket worden toegepast. Op deze manier kunnen we de houten constructie die onder het dak doorloopt lichter uitvoeren.



Afb. Gras dak



Afb. Sedumdak

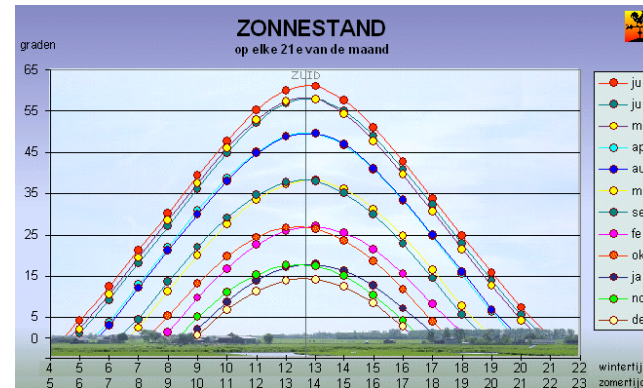
6.7.19 Waterafvoer

Het hemelwater wordt opgevangen in een aparte tank die in de aardewal gesitueerd is. Het water dat in deze tank wordt opgevangen wordt door middel van een omgekeerde osmose installatie gezuiverd zodat het geschikt is als drinkwater. Water dat wordt gebruikt voor overig gebruik wordt gezuiverd door een helofytenfilter die aan de achterzijde van het gebouw gelegen is. Deze grote “zuiveringsvijver” ligt minimaal 1 meter boven het maaiveld zodat een natuurlijke waterstroom mogelijk gemaakt kan worden. Het water dat de helofytenfilter doormiddel van een slootje/beekje verlaat, wordt afgevoerd naar de kassen waar het gebruikt wordt om de gewassen te beregenen. Het overige water wordt afgevoerd naar de vijver aan de voorzijde van het gebouw of wordt geloosd in andere sloten die in verbinding staan met het plan gebied.

7. Passieve warmte en ventilatie

De strategieën en methodes die gebruikt worden om zonnewarmte te winnen zijn heel intuïtief en logische. Het probleem is dat elke methode zijn voordelen heeft maar ook zijn nadelen. Daarbij is het moeilijk te voorspellen wat er gebeurt als je de methodes combineert. Dat de verschillende methodes effect hebben, dat is duidelijk, maar welk effect? Hoe werken de principes en welke hoeveelheid warmte wordt wanneer gewonnen? Daarbij is elke locatie anders en elk jaar is anders qua zonneshijns en temperatuur.

Daarom is het belangrijk om met behulp van rekenmodellen te controleren in welke mate de verschillende methodes werken. Omdat het maken van een volledig dynamische model, waar alle variabelen en varianten in getest worden een afstudeeropdracht op zich is, doen wij een beknopter onderzoek. Wij omschrijven kort alle strategieën en methodes en enkele modellen. Daarna beschrijven wij hoe wij ze hebben toegepast en we eindigen met een rekenkundige controle met behulp van een dynamische model en een stationair model. Omdat een paar van onze gebruikte methodes niet in de rekenmodellen ingevoerd kunnen worden zullen we eindigen met een aanname, gebaseerd op de rekenmodellen en het overleg met de bouwfysica expert. De resultaten van deze onderzoeken gebruiken wij om het bestaande ontwerp te optimaliseren.



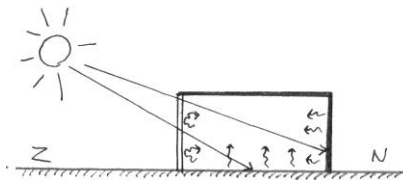
Grafiek. Zonnestand

7.1. Strategieën

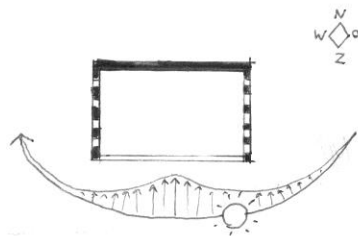
7.1.1 Strategie 1. Maximale winst van zonnestraling.

De onderstaande principes worden gebruikt om de hoeveelheid invallende zonnestraling zo groot mogelijk te maken, hierbij moet er gelet worden op de hoek van de zon en de oriëntatie van het gebouw.

- Zo veel mogelijk zontoetreding door een zo groot mogelijk glasoppervlakte.

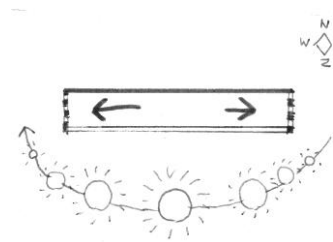


Afb. Zontoetreding



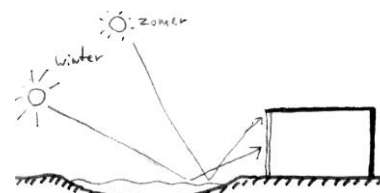
Afb. Oriëntatie

- Op het zuiden zo veel mogelijk glas. Op het oosten en westen een minimale hoeveelheid glas, op het noorden geen glas, vanwege warmteverlies.



Afb. oost-west as

- De zuidgevel vergroten door het gebouw langst de oost-west as uit te breiden

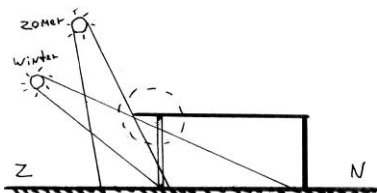


Afb. reflecterende waterpartij

- Door spiegelende media, (water, de kleur wit) wordt een deel van de zonnestraling naar het gebouw weerkaatst.

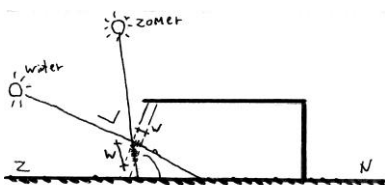
7.1.2 Strategie 2. Zomers minder zon inval, s' winters meer zon inval.

Bij de voorgaande strategie loop je snel tegen het probleem van oververhitting aan, daarom is de volgende strategie het reguleren van de zoninval met behulp van seizoensafhankelijke maatregelen. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van de veranderende hoek van zon.



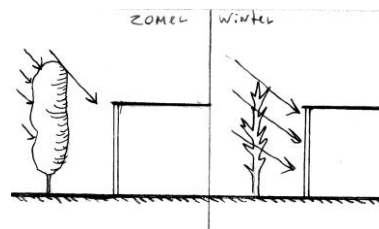
Afb. Seizoenafhankelijke zontoetreding

a. Overstek



Afb. Seizoenafhankelijke glasweerstand

b. Hoek glas, voor optimale toetreding in de winter en meer weerstand in de zomer.

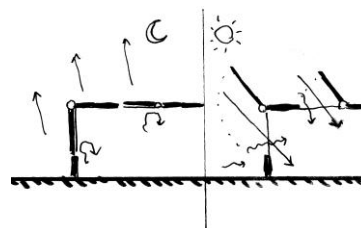


Afb. Effect vegetatie per seizoen

c. Vegetatie zonnewering

Aandachtspunten:

- vegetatie moet met zorg gekozen worden om een beperkt zonlicht in de winter te voorkomen.
- veel vegetatie veroorzaakt een permanente reductie van zonlicht
- zonwering is seizoensgebonden en kan niet elke dag aangepast worden
- planten hebben verzorging nodig



Afb. luiken en zonnewering

d. zonnewering

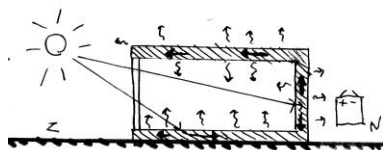
Voordelen:

- externe zonwering is zo'n 30 % efficiënter dan binnenzonwering.
- als de zonwering naar beneden is de gevel een direct systeem.
- zonwering voorkomt oververhitting in de zomer.

Aandachtspunten:

- externe zonwering is duurder dan interne zonwering
- Het houdt geen warmte verliezen door de glasvlakken tegen
- het veranderen van de zonwering kost energie

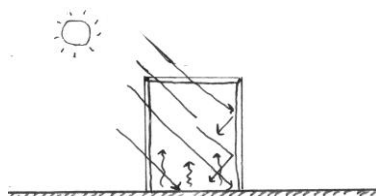
7.1.3 Strategie 3. Zonne-energie vangen en verplaatsen met geleiding.



Afb. Geleiding zonnewarmte

- Materiaal geleid warmte naar andere ruimtes.

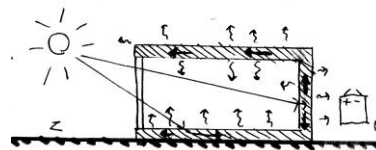
7.1.4 Strategie 4. Zonne-energie vangen en verplaatsen met convectie.



Afb. Werking serre

- De Serre genereert warmte en geeft het met behulp van convectie (ventilatie) door aan de omliggende ruimtes.

7.1.5 Strategie 5. Opslaan van zonne-energie.



Afb. Opslag zonnewarmte

- Thermische massa

c soortelijke warmte materiaal (J/m³ K)

ρ dichtheid materiaal (kg/m³)

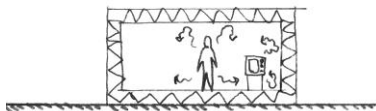
ρc warmtecapaciteit (J/m³ K)

λ warmtegeleidings coëfficiënt (Wm/K)

snelheid van opname en afgifte warmte

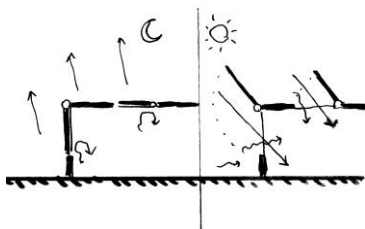
	c	ρ	λ
Beton	840	2500	2,00
baksteen	840	1600	0,60
Leem	1000	2200	1,13
Hout	800	1880	0,14
Staal	530	7800	52
Tegels	840	2000	1,2

7.1.6 Strategie 6. Voorkomen dat warmte energie weglekt.



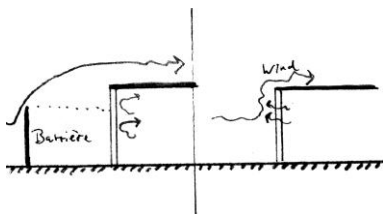
Afb. Isolatieschil

a. Isolatie



Afb. Luiken en zonnewering

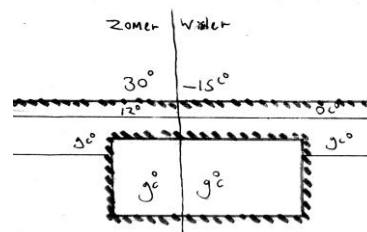
b. Met behulp van luiken en schermen de gevelopeningen extra isoleren.



Afb. Windbarrière

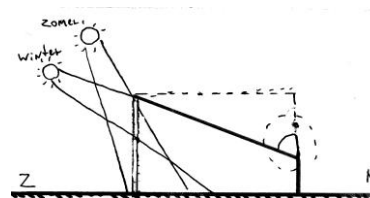
c. Het voorkomen van convectieverlies van gevels

d. Buffer in combinatie met opslag



Afb. Grondtemperatuur als buffer

7.1.7 Verminderen warmtevraag.

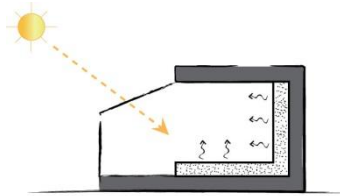


Afb. Hoek van het dakvlak

- Minimaliseren van het te verwarmen volume,
- Bewust gebruik van warmte.
- Benutten van warmte-energie mensen en apparatuur.

7.2 Modellen

7.1.2 1 Passieve warmtemodellen.



Afb. Semidirecte zonneruimte

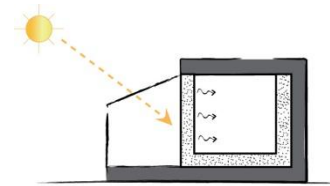
De semidirecte zonneruimte (serre) bestaat uit twee lagen van dubbel glas. De zon kan diep in de woning doordringen en de ruimte verwarmen door de warmte op te slaan in de thermische massa van de binnenvlakken (wanden, vloeren, plafonds) en deze warmte weer vrij te geven door middel van straling. Hierbij is het wel belangrijk dat het huis voldoende thermische massa heeft. Dit kan bijvoorbeeld door steenachtige materialen te kiezen voor wanden en vloeren. De serre functioneert als een bufferzone. De zonnewarmte wordt verzameld in de serre op zonnige dagen en wordt naar de woonruimte getransporteerd door stroming. In de winter en 's nachts vermindert de serre warmteverliezen naar buiten toe. Zonnestraling kan de serre en de woonruimtes makkelijk oververhitten. Dit kan gebeuren op zonnige dagen tussen de seizoenen (herfst en lente). Oververhitting moet voorkomen worden door voldoende ventilatie en wanneer nodig, door de serre gedeeltelijk te bedekken.

Voordelen:

- serre als thermische buffer
- extra woonruimte op zonnige winterdagen en tussen de seizoenen
- glazen gevel geeft een ongestoord uitzicht

Aandachtspunten:

- De serre raakt op zonnige dagen snel oververhit en moet daarom goed geventileerd kunnen worden en eventueel moet zonwering toegepast worden.
- thermische massa nodig



Afb. Indirecte zonneruimte

In tegenstelling tot de semidirecte zonneruimte is de binnenste gevel een massieve wand. Er komt geen direct zonlicht in het huis zelf, maar de zonnewarmte wordt opgeslagen in de thermische massa van de wand. De warmte wordt met een tijdsvertraging weer vrijgegeven aan de woonruimte door straling. Dit systeem werkt vooral goed in de winter, terwijl in de zomer de thermische massa niet genoeg is om al de warmte op te slaan. Oververhitting wordt dan snel een probleem.

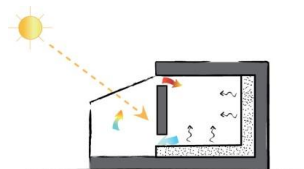
Voordelen:

- serre als collector
- extra woonruimte op zonnige winterdagen en tussen de seizoenen
- het systeem werkt in de winter het beste wanneer de warmteverliezen het grootst zijn

Aandachtspunten:

- om oververhitting te voorkomen is zonwering mogelijk nodig
- dubbele beglazing nodig om grote warmteverliezen te voorkomen
- op koude winterdagen kunnen isolerende panelen nodig zijn om grote warmteverliezen te voorkomen

- warmte kan niet direct gebruikte worden om het huis te verwarmen, het effect komt pas uren later



Afb. Thermosyphon zonneruimte

De thermosyphon zonneruimte is een geïsoleerd systeem. De serre is thermisch geïsoleerd van de rest van het huis en werkt ook alleen op deze manier. De serre functioneert als een bufferzone en als een collector. De zonnearmte wordt verzameld in de serre. De temperatuur in de serre stijgt snel door het enkele glas, maar raakt deze warmte ook snel weer kwijt. Warmteverliezen naar buiten tijdens de nachten zijn een stuk groter dan bij de andere type serres. Maar omdat de serre geïsoleerd is van het huis, raakt het huis zelf zijn warmte daarmee niet kwijt. De opgewarmde lucht wordt naar de woonruimte vervoerd door stroming. De warme lucht stijgt op en stroomt door openingen en kanalen in de gevel het huis in. Tegelijkertijd wordt koude lucht van onderaf in de serre gezogen waar het weer wordt opgewarmd en weer door de woning circuleert op dezelfde manier.

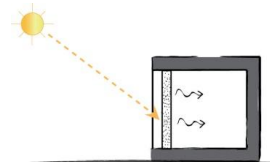
Voordelen:

- serre als thermische buffer
- materialen van de gevel achter de serre hoeven niet geïsoleerd te worden of waterdicht
- extra woonruimte op zonnige winterdagen en tussen de seizoenen
- constructie en materialen voor de serre zijn goedkoop (enkel glas)
- lucht kan snel opgewarmd worden en het huis verwarmen

Aandachtspunten:

- dubbele beglazing

- goede isolatie
- hoogte en juiste positionering van de ventilatieopeningen zijn cruciaal om oververhitting tegen te gaan
- warmteverliezen 's nachts zijn groter



Afb. Massieve wand

De massieve wand is een indirect systeem dat gebruik maakt van thermische massa om de woonruimte op te warmen door middel van straling. De gevel bestaat uit een laag glas dat de warmteverliezen naar buiten toe reduceert, een isolerende laag lucht en de massieve wand. Gedurende de dag warmt de zon de wand op. De massieve wand absorbeert de zonnearmte en slaat het op in de thermische massa. en geeft het weer vrij aan de achterliggende ruimte met een tijdsinterval van enkele uren. Hoeveel warmte er vrij komt en met welk tijdsinterval, hangt af van de dikte van de wand en de thermische eigenschappen. De thermische massa kan bestaan uit metselwerk, beton, leem of andere steenachtige materialen. Als de wand donker gekleurd is kan het nog meer warmte opslaan en is het dus effectiever.

Voordelen:

- een groot deel van de zonnearmte wordt geabsorbeerd en opgeslagen
- de binnentemperatuur is constanter gedurende de dag
- ruimtes die verwarmd worden door straling voelen doorgaans prettiger aan dan door circulerende lucht

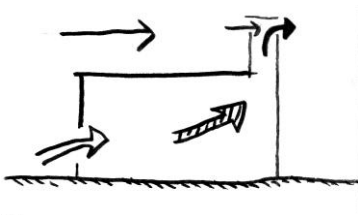
Aandachtspunten:

- tijdsinterval van thermische massa voordat de warmte afgegeven wordt
- de wand neemt kostbare ruimte van de woning in
- het is duurder dan directe systemen

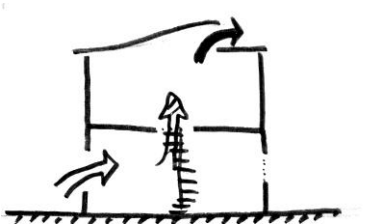
- voordelen liggen meer in de avond dan overdag
- aan de binnenkant van de muur kan niks tegenaan gezet worden
- moeilijker om warmteverliezen gedurende de nacht te verminderen
- ontwerpvoorwaarden voor uitzicht en toegankelijkheid zijn met de massieve wand moeilijker te combineren

7.2.2. passieve ventilatie modellen

Model 1. Luchtschoorsteen



Afb. Voorbeeld luchtschoorsteen



Afb. Luchtschoorsteen variant



Afb. luchtschoorsteen variant



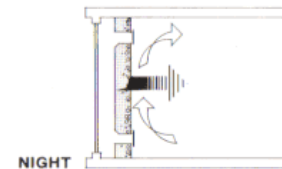
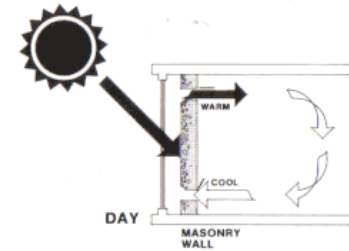
Afb. Luchtschoorsteen variant

7.2.3. Model 2. Lucht afkoelen door vegetatie en een fontein



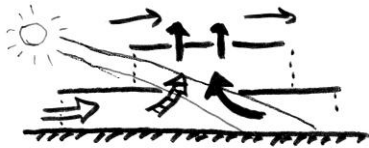
Afb. dalende lucht model (koud)

Model 3. Lucht opwarmen (trombe wall)



Afb. werking trombe wall

Model 4. kruisventilatie



Afb. kruisventilatie passiefhuis

7.3 Toepassing

7.3.1 Strategieën en methodes

De volgende strategieën en methodes zijn toegepast in ons ontwerp:

Strategie 1. Maximale winst van zonnestraling

- Zo groot mogelijk raamoppervlakte op het zuiden.
- Minimaal glasoppervlakte op de andere gevels.
- Gebouw uitbreiden op de oost-west as
- Vijver, als spiegelen medium.

Strategie 2. Zomers minder zon inval ,s' winters meer zon inval

- Vegetatie zonnewering
- interne zonnewering

Strategie 3. Zonne-energie vangen en verplaatsen met geleiding

- Materiaal geleid warmte naar andere ruimtes.

Strategie 4. Zonne-energie vangen en verplaatsen met convectie

- De Serre genereert warmte en geeft het door met behulp van convectie (ventilatie)

Strategie 5. Opslaan van zonne-energie

- Thermische massa

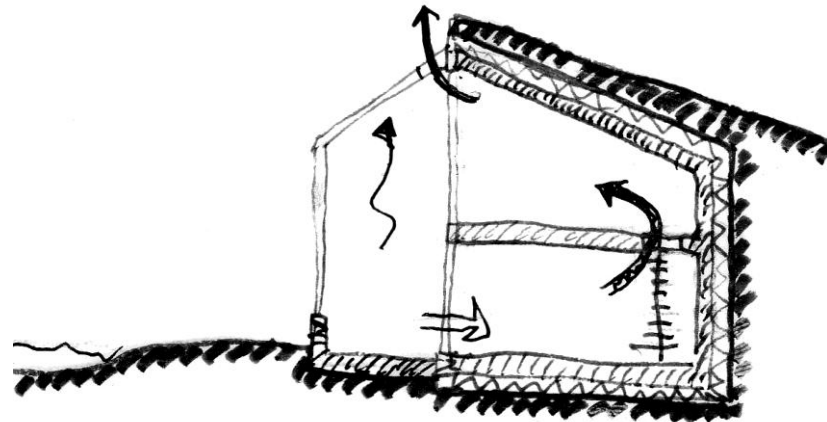
Strategie 6. Voorkomen dat warmte energie weglekt.

- Isolatie
- Voorkomen convectieverlies van gevels

Strategie 7. Verminderen warmtevraag

- Minimaliseren van het te verwarmen volume

b. Benutten van warmte-energie mensen en apparatuur



Afb. Schets werking ontwerp

7.3.2 Modellen

Hockerton housing

Wij gebruiken het hockerton housing project als voorbeeld. De gebruikresultaten van het project in Engeland mogen er wel zijn. In de winter blijft de temperatuur een constante 17 graden en in de zomer 24 graden. Uit het Hockerton housing onderzoek: " *De bewoners vertelden dat de huizen niet koud aanvoelden gedurende de winter, hoewel er incidenteel gebruik werd gemaakt van bijverwarming door elektrische kachels. Het stralende effect van de thermische massa zal hebben geleid tot een hogere netto resulterende temperatuur*" Het hockerton housing model is een thermosyphon zonneruimte.

Hockerton mark II

Wij gaan verder in op het bestaande model en voegen een bouwlaag toe. De hogere serre zorgt voor een stabielere temperatuur bij de grond en een grotere temperatuursvariatie boven in de serre. Zo word ook de ventilatiestroom vergroot door de hoogte van de serre.

7.4 Rekenkundige controle

Om te controleren of ons gebouw werkelijk weinig energie gebruikt, hebben mij een aantal onderzoeken gedaan. We proberen de thermische werking van ons gebouw te benaderen door middel van een dynamische model, gekoppeld aan een stationair model. Bij dit resultaat tellen we de aannames van de overige modellen en methodes op.

7.4.1 grond

Bijlage 1

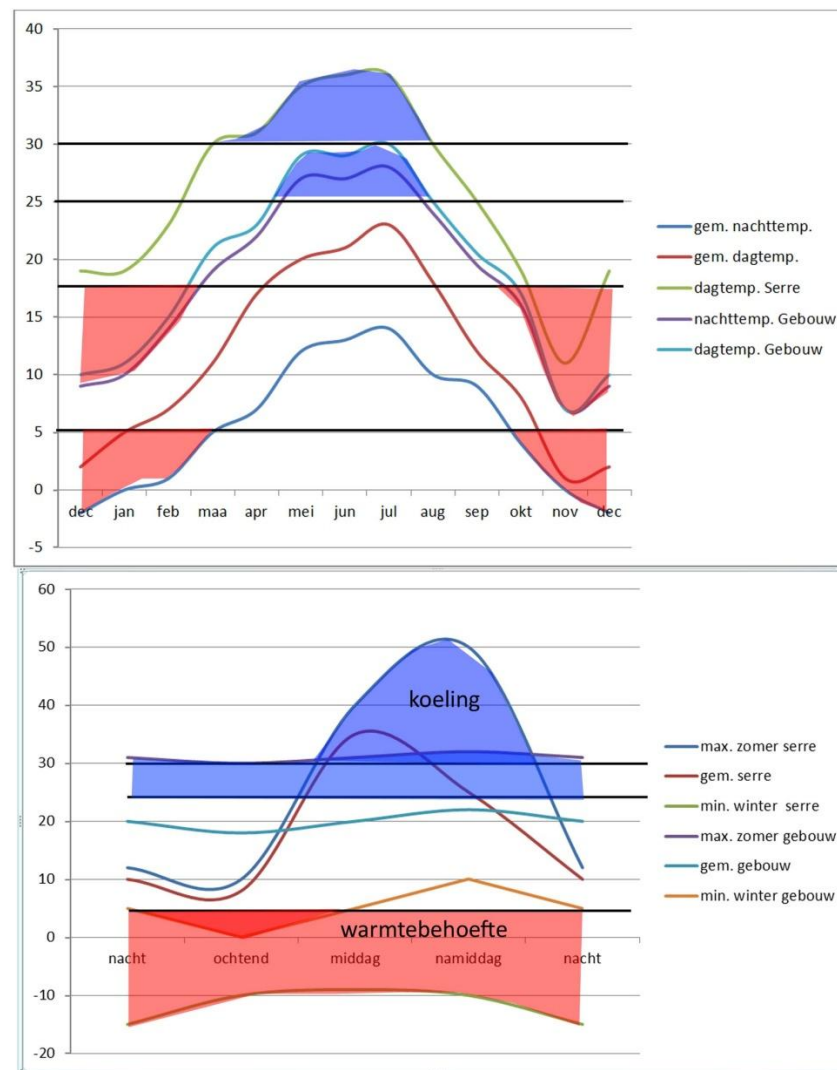
grondtemperatuur	zomer	Herfst/lente	winter
-1 m n.a.p.	12	9	2
-3 m n.a.p.	9	9	9

7.4.2 dynamisch rekenmodel (CASAnova)

In het dynamische rekenmodel hebben wij de serre en het woongedeelte apart ingevoerd omdat zij van elkaar geschieden zijn met isolatie. In de volgende tabel staan de aspecten die meegenomen zijn in het dynamische model:

ingevoerd	Niet ingevoerd
oriëntatie	Koeling of verwarming
Vloeroppervlakte en hoogte	dakvorm
Raam oppervlakte	Zonwering van bomen
Ventilatie (AWTW + nat. Ventilatie)	Samenwerking bouwdeelen
Thermische massa (als 'zware constr.')	Werkzame massa
Klimaat (Bremen)	Bufferwerking van o.a. de grond
Isolatiewaarden wanden en ramen	Reflectie vijver
	Wind invloed

Hieronder staat het resultaten beknopt weergegeven:



Grafiek. Resultaten dynamische model

7.4.3 stationair rekenmodel

Door midden van het een stationair model is het mogelijk om de maximale koellast en warmtebehoefte te bepalen. Het gaat hierbij om de zomer middag en de winter nacht.

ingevoerd	Niet ingevoerd
oriëntatie	Koeling of verwarming
Vloeroppervlakte en hoogte	dakvorm
Raam oppervlakte	Zonwering van bomen
Ventilatie (wtw + nat. Ventilatie)	Samenwerking bouwdelen
Werkzame massa	
klimaat	Bufferwerking van o.a. de grond
Isolatiewaarden wanden en ramen	Reflectie vijver
	Wind invloed

Conclusies

Voor verwarming en koeling moet de volgende hoeveelheid warme en koude lucht minimaal toegevoegd worden:

	serre	koeling	woongedeelte	verwarming
Ventilatievoud h-1	27	0,4	2,4	5,9
Doorsnede AWTW m2	0,8	0,10	0,8	
Natuurlijke ventilatie m2	7			1,8 verwarmd

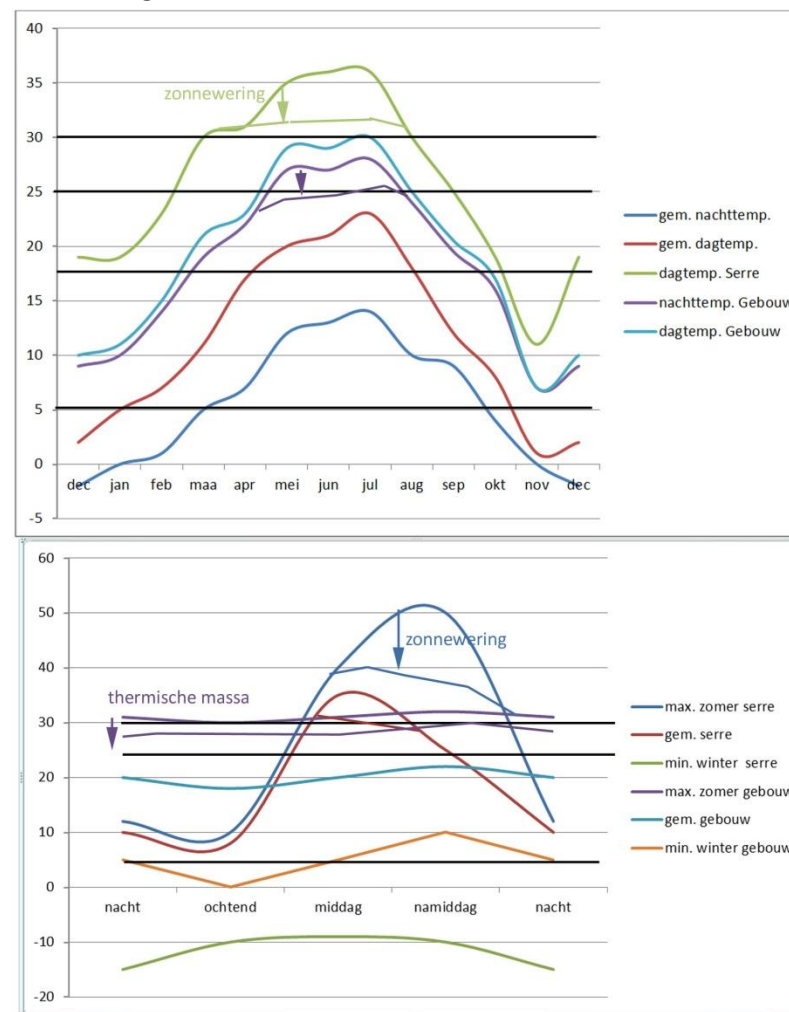
Zonwering

Uit het stationair model komt duidelijk naar voren dat externe zonwering noodzakelijk is tegen oververhitting. Interne zonwering werkt averechts.

Effect thermische massa

In het stationair model wordt thermische massa toegepast om de ruimte te koelen. De Stationaire koellast per uur is gelijk aan de warmte opname van de thermische massa per uur.

Hieronder staan de resultaten, van het dynamische model in combinatie met de aangenomen waarden vanuit het stationair model:



Grafiek. Resultaten stationair model

7.3.4 aannames voor de methodes en modellen

Thermische buffer

De serre, grond en omliggende ruimtes, vormen een buffer om het gebouw heen, waardoor de warmte minder snel uit het woongedeelte stroomt.

Thermische massa

De thermische massa neemt stralingswarmte op van de zon die direct op het thermische oppervlakte valt. Daarnaast neemt de thermische massa via convectie de warmte vanuit de serre op. Ook neemt de thermische massa de warmte op die geproduceerd wordt door mensen en apparatuur. Door de goede geleiding van de thermische massa wordt de warmte verdeeld over de gehele constructie. De warmte accumulatie en afgifte wordt in meerdere bronnen op verschillende manieren berekend.

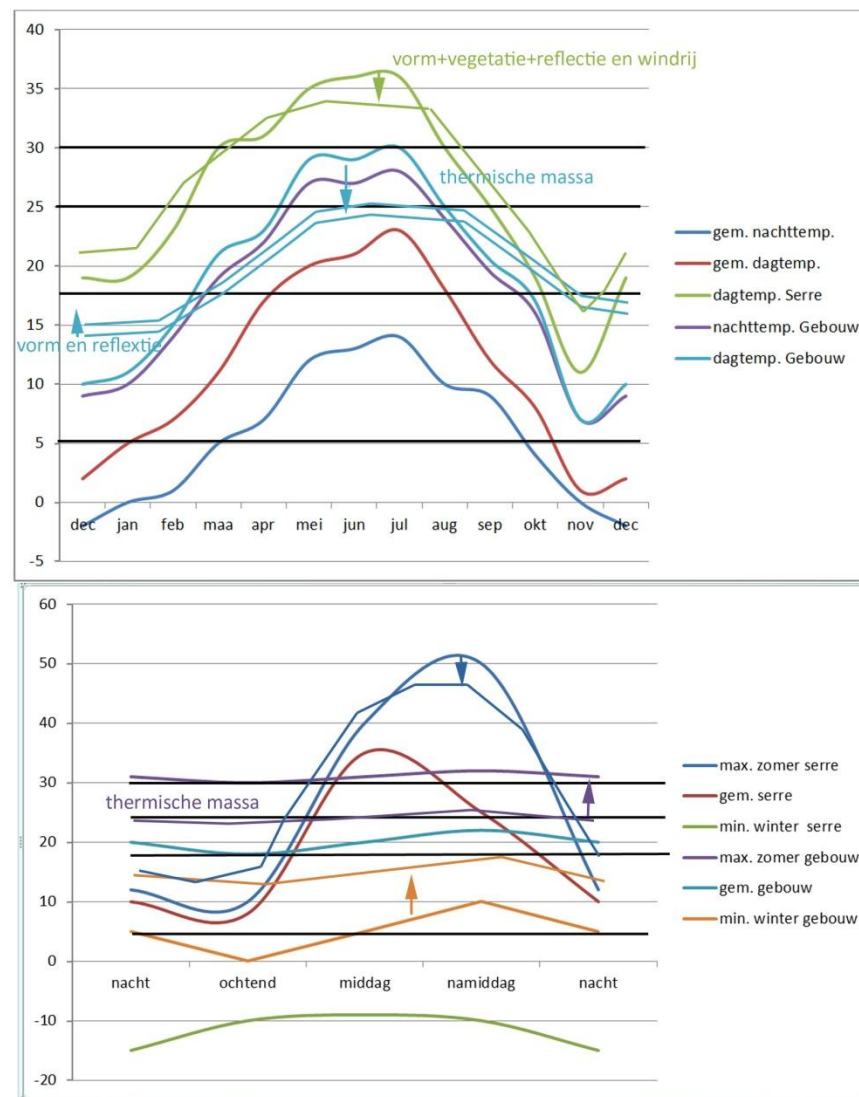
Woondeel (zonder serre)	Vershil T	afkoeltijd
Theoretisch model	20	Dak: 72 dagen
	20	Vloer: 85 dagen
	10	Noordwand: 150 dagen
	10	Glas: 30 min
		HSB: 20 dagen
Stationair model	2	Algemeen: 30 uur

De thermische massa zorgt ervoor dat de temperatuurschommelingen ten gevolge van dag en nacht afgezwakt worden, en zelfs de temperatuurschommelingen ten gevolge van de seizoenen.

Overige methodes.

De verschillende methodes versterken elkaar in hun werking. Voor de volgende methodes is een aanname gedaan qua temperatuursinvloed: vorm, vegetatie, zonwering, vijverreflectie en het windvrije gebied.

Hieronder staan de resultaten naar aanleiding van onze aannames:



Grafiek. Aanpassingen ten gevolge van aannames.

7.5 Conclusie

7.5.1 uiteindelijke toepassing

Door een AWTW toe te passen voor de serre hoeft de serre niet op een andere manier verwarmd te worden en werkt de serre beter als buffer. Een AWTW is ook geschikt voor het woongedeelte. De AWTW dient de inkomende lucht voor te verwarmen of te koelen, voordat deze het gebouw binnen gaat.

Externe zonnewering is noodzakelijk tegen de oververhitting van de serre, daarbij moet er rekening gehouden worden met het feit dat de zonnewering pas ingeschakeld wordt als er al oververhitting plaatsvindt.

De werking van de thermische massa blijft moeilijk te voorspellen, maar alle modellen en praktijkvoorbeelden wijzen op een flinke reductie van de temperatuurschommeling, vooral in combinatie met bufferruimtes.

7.5.2 Aanbeveling toekomst

Om beter te voorspellen welke methodes en installaties optimaal zijn zou een uitgebreid dynamische TO model opgesteld kunnen worden (temperatuuroverschrijding) waarbij gebruik gemaakt wordt van een verkort jaar. Eventuele aanpassingen zouden kunnen zijn:

- Glasvlakken vervangen door isolatie
- De werklaag isoleren van de woonlaag, ten behoeve van verschillende binnenklimaten en bufferwerking
- Raam/uitgang op het noorden
- Warmteschoorsteen/trappenhuis

Hieronder staat een samenvatting van de aangenomen temperaturen:



Grafiek. Voorspelde temperatuurverloop

8. Bronnen

Boeken

``Instrumenten van de architectuur``

“Permacultuur” (1)

(2) wikipedia

website

www.jcarels.be

www.wikipedia.nl

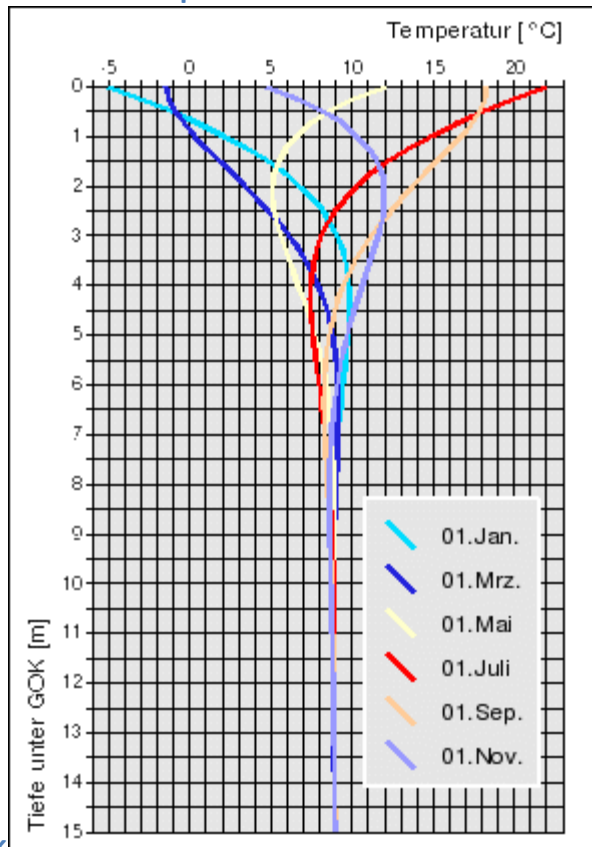
www.biodiversiteit.nl

www.windenergie.nl

Stichting OWAZE	‘Het OWAZE earthship boekje’	www.owaze.nl
Wikipedia	‘earthship en materialen’	www.wikipedia.nl
Leerwiki	‘earthship’	www.leerwiki.nl
Michael Reynolds	‘EARTSHIP volume I: How to build your own’	
	‘EARTSHIP volume II: Systems and components’	

9. Bijlagen

Bijlage 1. Grondtemperatuur

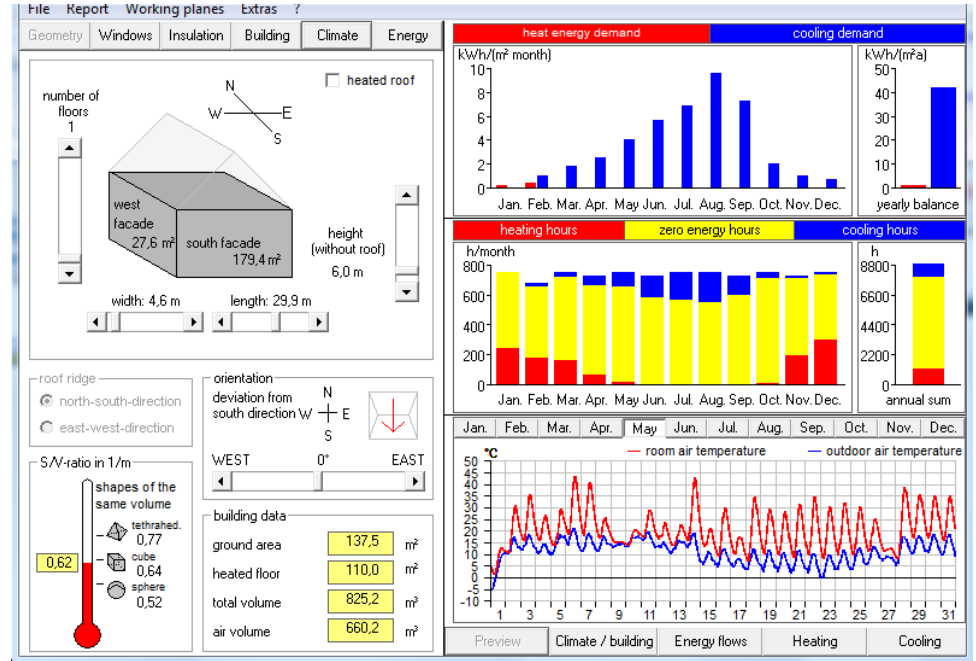
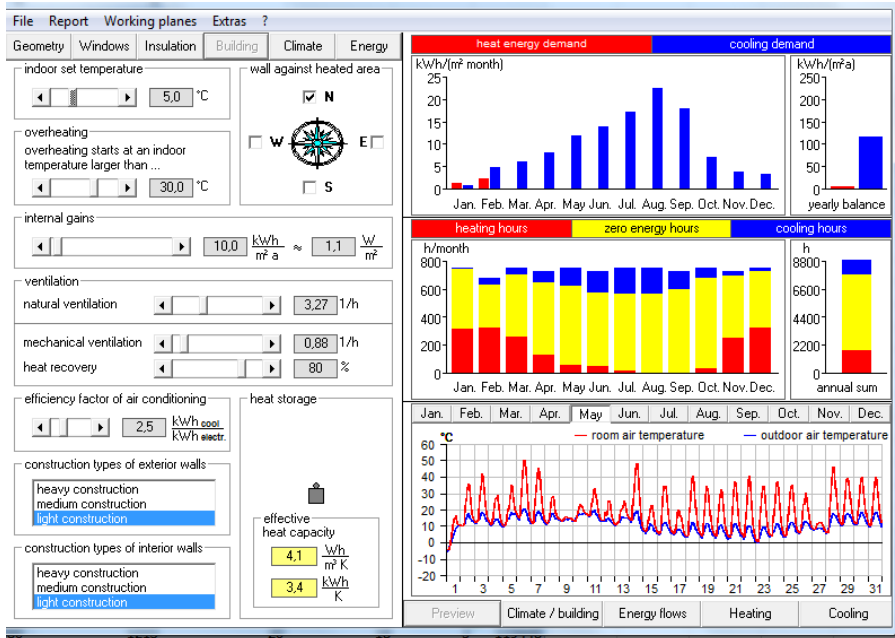


grafiek

Bijlage 2. Bouwfysische gegevens huis.

gegevens huis	opp	temp i	temp e	opbouw	d	L	p	c	r	m	tot R	0-20		acc tijd
												temp gen	temp tussen	
vloer	177	18-22	0-15	beton	0,3	2	2400	840	0,15	720	10,28	19,7	19,8	71,7 dag
				isolatie	0,4	0,04	50	1470	10	20		9,75	19,5	
dak	193	18-22	-10-28	beton	0,3	2	2400	840	0,15	720	11,08	19,7	19,8	84,6 dag
				isolatie	0,4	0,04	50	1470	10	20		8,5	1,5	
				grond	0,6	0,78	1450	1840	0,76	870		0,7	0,1	
noord	150	18-22	10	beton	0,3	2	2400	840	0,15	720	10,28	19,8	19,7	147,6 dag
				isolatie	0,4	0,04	50	1470	10	20		14,9	10	
zuid waarvan glas	187,5 54	18-22	10-30	HSB	0,15	0,06	100	1500	2,5	15	2,94	15,25	19,5	20 dag
				spouw	0,04				0,17			11		
				leem	0,13	1,28	2000	1000	0,1	260		10,85	10,7	
				(hout)	0,03	0,17	800	1880	0,17	24			10,1	
				(bakstee)	0,17	0,6	1600	840	0,28	272				
west glas	50 6	0-28	zie zuid zie glas	(beton)	ZTA				0,13+0,04		2,94	10	59,5 dag 30 min	
				(glas)	0,12	0,4			0,83					
oost glas	50 28	10-30	zie zuid zie glas						0,13	720	11,08			
				beton	0,3	2	2400	840	0,15	720				
				isolatie	0,4	0,04	50	1470	10	20				
oost glas	50 28	10-30	zie zuid zie glas	grond	0,6	0,78	1450	1840	0,76	870	2,94			
									0,04					
volume	1100													
opp beton m2	1215													
inhoud beton m3	320													
massa beton	873600													

Bijlage 3. CASAnova modellen



Bijlage 4. stationaire berekeningen

globale koellast-berekening	Serre	zomer dag	28 buiten	25 binnen				
warmtebelasting personen		aantal person	4	86	Kolom1	Kolom2	Kolon	tot
		W/pers						344
warmtebelasting verlichting		A-vloer	156	0	Kolom1	Kolom2	Kolon	Kolon
		W/m2						0
warmtebelasting apparatuur			0	0				0
zonbelasting via glas		z	Aglas	ZTA	Qconv	Fd	tot	
		1	147	0,15	590	1	13009,5	
		1	180	0,15	400	1	10800	
		1	82,5	0,15	470	0,6	3489,75	
		1	28,8	0,8	140	1	3225,6	
		0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0	0	0	
transmissie via glas		U	Aglas (tot)	Te-Ti	Kolom1	Kolon	tot	
		2,45	438,3	3			3221,505	
zonbelasting borstwering		a	A2	Qw	Kolom3	Kolon	tot	
		0	0	0			0	
dak			0	0			0	
zijwand			0	0			0	
zijwand			0	0			0	
infiltratie		Qv	p*c	Te-Ti	Kolom1	Kolon	tot	
		0,06	1200	3			216	
totale koellast							Φk	34306,36
specifieke koellast							Φk sp	219,9125
50% hoeveelheid gekoelde lucht wtw		t toevoer	t binnen	Kolom1	ΔT verschil luchttoe	Kolon	Qv,koel	
		12	30		18		0,794129	
50% hoeveelheid gekoelde lucht ventilatie			28	30		2	7,147157	
ventilatie-/circulatievoud n		V	Kolom1	Kolom2	Kolom3	Kolon	h-1	
		1064					26,86901	
				4 pers			2,18	
huis negatieve warmtebelasting accumulatie		α	Aw	Topp	Ti	Column	tot	
		5,5	1215	23	25		-13365	
max		SWM*c	Aw	T1	T2	t (uur)		
		530880	1215	23	25	30	-11944,8	
leem negatieve warmtebelasting accumulatie		α	Aw	Topp	Ti	Column	tot	
		5,5	124	23	30		-4774	
max		SWM*c	Aw	T1	T2	t (uur)		
		200000	124	23	30	4	-12055,56	

globale warmtebehoefte-berekening	serre	winter nacht	buiten -10	binnen 10
ramen	U	A	Ti-Te	tot
	0	0	0	0
borstwering		0	0	0
dak	2,45	147	20	7203
vloer	0,1	156	10	156
zijwand	2,45	180	20	8820
zijwand	2,45	82,5	20	4042,5
zijwand	2,45	28,8	20	1411,2
opwarmen	Kolom1	Avloer	Kolom2	Kolom3
	156	20		3120
infiltratie	Qv	p*c	Ti-Te	tot
	0,88	1200	20	21120
ventilatie	0,44	1200	20	10560
totale warmtebehoefte			tot	45872,7
specifieke koellast			Φk sp	294,05577
hoeveelheid warme lucht	t toevoer	t binnen	ΔT verschil lucl	Kolom1
	12	10		2
ventilatie-/circulatievoud n	V	Kolom1	Kolom2	Kolom3
	1064			0,4145523
negatieve warmtebelasting accumulatie	α	Aw	Topp	Ti
	5,5	1215	20	15
max	SWM*c	Aw	T1	T2
	530880	1215	20	18
				t (uur)
				3
				11944,8

globale koellast-berekening		huis	zomer 28 buit 25 binnen				
		aantal	W/per	Kolom	Kolom	Kolom3	tot
	warmtebelasting personen	4	100				400
		A-vloer	W/m2	Kolom	Kolom	Kolom3	Kolom
	warmtebelasting verlichting	354	2,5				885
	warmtebelasting apparatuur	354	20				7080
		z	Aglas	ZTA	Qconv	Fd	tot
	zonbelasting via gl/n	0	0	0	0	0	0
		o	0,7	28	0,4	650	0,6 3057,6
		z	0,75	54	0,4	530	1 8586
		w	0,05	6	0,4	620	0,5 37,2
			0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0
		U	Aglas	Te-Ti	Kolom	Kolom2	tot
	transmissie via glas	0,85	88	3			224,4
		a	A2	Qw	Kolom	Kolom4	tot
	dak	0,7	150	-0,8			-84
	zijwand	0,7	50	1,3			45,5
	zijwand	0,7	188	1,6			210,56
	zijwand	0,7	50	1,9			66,5
	negatieve warmtebelasting	α	Aw	Topp	Ti	Column1	tot
	accumulatie	5,5	1215	23	24		-6682,5
		Qv	pxc	Te-Ti	Kolom	Kolom2	tot
	infiltratie	0,06	1200	3			216
							Φ_k
	totale koellast						14042,26
							Φ_{ksp}
	specifieke koellast						39,6674
		t toevo	t binne	Kolom	δT vers	Kolom2	Qv;coe
	hoeveelheid gekoelde lucht	12	28		16		0,731368
		V	Kolom	Kolom	Kolom	Kolom4	h-1
	ventilatie/-circulatievoud n	1100					2,393567
				10 pers			5,45

globale warmtebehoefte-berekening		huis	winter nacht	buiten -10	binnen 20	
		U	A	Ti-Te	tot	
	ramen	0,85	88	30	2244	
	dak	0,09	193	30	521,1	
	vloer	0,1	177	20	354	
	zijwand	0,1	150	10	150	
	zijwand	0,34	22	30	224,4	
	zijwand	0,34	133	10	452,2	
	zijwand	0,09	44	20	79,2	
		Kolom	Avloer	Kolom	Kolom3	
	opwarmen	345	20		6900	
		Qv	p°C	Ti-Te	tot	Column1
	infiltratie	0,26	1200	20	6240	!! NEN 5066 luchtdichteisen
	ventilatie	0	0	0	0	
						tot
	totale warmtebehoefte				17164,9	
	specifieke warmtebehoefte					Φ_{ksp}
						49,75333
		t toevo	t binnen	δT verschil luchttoevoer	Kolom	Qv;coe
	hoeveelheid warme lucht	28	20		8	1,78801
		V	Kolom1	Kolom2	Kolom	h-1
	ventilatie/-circulatievoud n	1100				5,85167
				10 pers		5,45