

# Scriptie Parametrisch ontwerpen tiny houses

AFSTUDEERSTAGE

RIANNE LINDENBURG (0928269)

BOU4OUD

31-04-2021



Opleiding  
Bouwkunde



## Titelpagina

Datum: 31-05-2021  
Versie: 1.0 (concept)  
Status:

Student: Rianne Lindenburg  
Studentnummer: 0928269  
E-mail: [0928269@hr.nl](mailto:0928269@hr.nl)

School: Hogeschool Rotterdam  
Instituut: Gebouwde omgeving  
Opleiding: Bouwkunde  
Docentbegeleider: A.C.A. Rademaker

Bedrijf: Tedecon Engineering  
Bedrijfsbegeleider: T. Kelfkens

## 0. Samenvatting

---

Tiny houses worden steeds populairder door onder andere de veranderingen in het klimaat. Een tiny house is een nieuwe vorm van wonen, vast, verrijdbaar of drijvend, met een duidelijke duurzame gedachtegang hierachter, namelijk “genoegen nemen met genoeg en zien wat echt belangrijk is”.

Alle bewoners hebben verschillende eisen en wensen voor een tiny house. Dit leidt tot verschillende ontwerpen en constructies wat veel engineeringwerk kost. Om tijd en kosten te reduceren zou parametrisch ontwerpen een uitkomst kunnen zijn.

Daarom staat in dit rapport de volgende vraag centraal: “Hoe kan parametrisch ontwerpen (Grasshopper (Tekla)) worden toegepast op zowel het ontwerp als de constructie van tiny houses?”

Om antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag moeten eerst de verschillende eisen vanuit het bouwbesluit en wensen van bewoners vastgesteld worden en omgezet worden naar parameters. De wensen zijn opgesteld op basis van een enquête die gehouden is onder zowel tiny house bewoners als niet tiny house bewoners.

De financiële aspecten worden achter wege gelaten in het proces zodat de volledige focus op het ontwerpen ligt.

Er zijn verschillende parameters nodig om te kunnen ontwerpen. Zo moet er worden gekeken naar de verschillende materialen, die waar mogelijk bio-based zijn, zelfvoorzienende maatregelen, zoals zonnepanelen of een waterdestillator, en de gewenste afmetingen voor het tiny house.

Vervolgens wordt het tiny house gecontroleerd op bouwfysische aspecten, daglicht, isolatie en ventilatie. Als laatste worden dan ook de constructieve aspecten gecontroleerd. Deze voldoen ruimschoots, echter kan de constructie niet kleiner doordat de bouwfysische aspecten dan niet meer voldoen. Dit zou wel kunnen wanneer er een niet-bio-based materiaal toegepast zou worden voor de isolatie.

Wanneer aan alle eisen voldaan wordt kan het ontwerp gemaakt worden in Grasshopper. Dit bestand wordt met de Tekla live-link direct omgezet tot visueel ontwerp in Tekla.

Op kleine schaal is tiny houses parametrisch ontwerpen niet rendabel. Dit kost namelijk meer werk dan dat het bespaard. Wanneer er op grote schaal tiny houses worden ontworpen is dit wel rendabel doordat herhalende handelingen verkort kunnen worden.

Het parametrisch ontwerpen is daarom een goede methode voor grotere projecten in de toekomst. Aanbevolen wordt om verder onderzoek te doen naar het parametrisch uitwerken van de constructieve berekeningen in Grasshopper.

## Inhoudsopgave

---

0. Samenvatting.....	2
Begrippenlijst .....	4
1. Inleiding.....	5
2. Onderzoekopzet.....	6
3. Wat is een Tiny House? .....	8
Vast, verrijdbaar of drijvend?.....	8
Aantal bewoners .....	10
Materialen / demontabel.....	10
Zelfvoorzienend leven.....	10
4. Welke gebruiksfuncties zijn nodig in het tiny house?.....	11
5. Welke eisen worden gesteld aan een Tiny House?.....	12
6. Enquête .....	14
7. Wat is parametrisch ontwerpen?.....	15
Parametrische variabelen.....	16
Grasshopper in combinatie met Tekla .....	18
8. Afbakening ontwerpproces .....	19
9. Aansluiting project bij het bedrijf.....	20
10. Bouwfysische berekeningen.....	22
Daglicht.....	22
Isolatie .....	23
Ventilatie .....	23
11. Constructieve berekeningen .....	24
12. Grasshopper .....	27
Wat is Grasshopper? .....	27
Invoer .....	27
Ontwerpproces.....	28
13. Tekla .....	32
Wat is Tekla? .....	32
Tekla eindresultaat.....	32
14. Conclusie .....	34
Deelvragen: .....	34
Hoofdvraag / Eindconclusie: .....	36
15. Bronnen.....	37
Bijlagen.....	39

<b>Bijlage 1 – Bio-based materialen</b> .....	40
<b>Bijlage 2 – Bouwbesluit eisen</b> .....	49
<b>Bijlage 3 – Zelfvoorzienende maatregelen</b> .....	51
<b>Bijlage 4 – Vervoersmogelijkheden</b> .....	53
<b>Bijlage 5 – Enquête resultaten</b> .....	54
<b>Bijlage 6 – Bouwfysisch rapport</b> .....	59
<b>Bijlage 7 – Constructie rapport</b> .....	63
<b>Bijlage 8 – Tekeningen</b> .....	66

## Begrippenlijst

---

**Daglichtoppervlakte:** *Het oppervlak aan glas waar daglicht door naar binnen kan komen.*

**Damp diffuus:** *Dampdoorlatend.*

**Demonteerbaar/Demontabel:** *Als iets in onderdelen uit elkaar te halen is zonder een onderdeel te slopen.*

**Ecologische voetafdruk:** *De ecologische voetafdruk is een concept dat weergeeft hoeveel vruchtbare land- en wateroppervlakte iemand (of een hele gemeenschap of heel de wereld) nodig heeft om de goederen die nodig zijn om te voorzien in levensonderhoud te produceren en het afval dat er bij hoort te verwerken.*

**Exceptioneel vervoer:** *Vervoer van goederen dat qua afmetingen niet voldoet aan de afmetingen en/of massa die de regelgeving voor het wegvervoer niet naleeft.*

**Ministeriële regeling:** *Een regeling gemaakt door de minister.*

**Off-grid:** *Zonder aansluiting op het riool, het water- of elektriciteitsnet; niet gebruik makend van de nutsvoorzieningen; zelfredzaam in energie, stromend water en sanitaire voorzieningen.*

**Ondeelbare lading:** *lading die ten behoeve van het vervoer over de weg niet in twee of meer ladingen kan worden gesplitst zonder dat zulks overmatige kosten of risico van schade meebrengt.*

**Verblijfsgebied:** *Een gedeelte van een gebruiksfunctie (bijvoorbeeld wonen) met ten minste één verblijfsruimte, bestaande uit één of meer op dezelfde bouwlaag gelegen ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte, een technische ruimte of een verkeersruimte.*

**Verblijfsruimte:** *Een in een verblijfsgebied gelegen ruimte voor het verblijven van personen.*

**Warmtedoorgangscoefficiënt:** *De U-waarde (vroeger de K-waarde) drukt de hoeveelheid warmte uit die in de tijd per m<sup>2</sup> en per graad temperatuurverschil tussen de ene en de andere zijde van een wand(constructie) doorgelaten wordt. Dit wordt aangegeven met de lambda waarde  $\lambda$ .*

**Warmteweerstand:** *De hoeveelheid warmte die wordt tegengehouden in een constructie. (RC-waarde)*

## 1. Inleiding

---

In dit onderzoek worden alle onderwerpen die nodig zijn om te beginnen aan het parametrisch ontwerp behandeld om vervolgens een onderbouwde conclusie te geven.

Voordat de hoofdvraag “Hoe kan parametrisch ontwerpen (Grasshopper (Tekla)) worden toegepast op zowel het ontwerp als de constructie van tiny houses?” beantwoord kan worden, maar ook voordat begonnen kan worden met ontwerpen moeten er een aantal deelvragen beantwoord worden.

In dit vooronderzoek worden onder andere de volgende deelvragen beantwoord:

- Wat is parametrisch ontwerpen? (hoofdstuk 7)
- Wat wordt verstaan onder ‘tiny houses’? (hoofdstuk 3)
- Welke materialen zijn geschikt voor tiny houses? (bijlage 1)
- Welke parametrische variabelen hebben invloed op deze casus? (hoofdstuk 7)

Verder worden de volgende onderdelen ter ondersteuning van het ontwerpen behandeld:

- Zelfvoorzienende maatregelen (hoofdstuk 3/bijlage 3)
- Bouwbesluit eisen (hoofdstuk 5)
- Gebruiksfuncties (hoofdstuk 4)
- Praktische aspecten (hoofdstuk 6, enquête)
- Transport (bijlage 4)

Na het vooronderzoek wordt in Grasshopper een ontwerp gemaakt. Deze wordt verder uitgewerkt in Tekla. Wanneer het ontwerp is afgerond wordt het tiny house bouwfysisch en constructief berekend (hoofdstuk 10 en 11).

## 2. Onderzoeksopzet

---

### Omschrijving

Er wordt onderzoek uitgevoerd met als doel het maken van een aanzet tot een parametrische ontwerptool voor tiny houses. Hierbij wordt onderzoek gedaan naar welke eisen/wensen hierin verwerkt moeten worden om dit vervolgens te kunnen verwerken in Grasshopper en verder uit te werken in Tekla. Uiteindelijk, bij voldoende resterende tijd, zou dit alles kunnen leiden tot een prototype van een tiny house.

### Onderzoeksvragen

#### Hoofdvraag

“Hoe kan parametrisch ontwerpen (Grasshopper (Tekla)) worden toegepast op zowel het ontwerp als de constructie van tiny houses?”

#### Deelvragen

1. Wat is parametrisch ontwerpen?
2. Wat wordt verstaan onder ‘tiny houses’?
3. Welke materialen zijn geschikt voor tiny houses?
4. Welke parametrische variabelen hebben invloed op deze casus?
5. Hoe kunnen de onderzoeksresultaten worden verwerkt in een ontwerp-model?

### Methoden/Technieken

Tijdens het afstuderen worden verschillende onderzoeksmethoden met verschillende eindresultaten toegepast. Hieronder worden de onderzoeksmethoden weergegeven met het daarbij behorende eindresultaat.

- Deskresearch
  - o Deskresearch wordt gebruikt om alle eisen vanuit het bouwbesluit en de NEN-normen te inventariseren en analyseren. Deze eisen worden volledig meegenomen in het ontwerpproces. Hiermee worden deelvragen 1, 2 en 3 beantwoord.
- Fieldresearch
  - o Een enquête wordt uitgezet naar zowel huidige tiny house bewoners als normaal huis bezitters om de wensen van de gebruiker te inventariseren. De wensen worden wel geanalyseerd, echter wordt slechts een nog te bepalen deel hiervan meegenomen in het ontwerpproces.

- Toegepast onderzoek
  - o Bij het toegepast onderzoek worden de gevonden resultaten van de desk- en fieldresearch verwerkt in Grasshopper/Tekla. Hiermee worden deelvragen 4 en 5 beantwoord.
  - o Verder wordt aan de hand van de onderzoeksresultaten het tiny house bouwfysisch en constructief uitgewerkt.

## Afbakening

Het is van belang een goede afbakening te hebben voor het onderwerp. Hierdoor kunnen er later minder vragen bij komen. De volgende afbakening is bedacht voor dit onderzoek:

- Vanuit Bouwbesluit 2012 wordt qua eisen uitgegaan van Nieuwbouw-eisen, bestaande bouw-eisen en eventuele NEN-normen met in acht neming van de gelijkwaardigheidsbepaling (artikel 1.3).
- In principe wordt dit onderzoek primair verdeeld in twee delen:
  - o Literatuurstudies
  - o Toegepast onderzoek (Grasshopper (Tekla))
- Het bedrijf krijgt een aanzet tot een bruikbare tool voor toekomstig gebruik bij andere tiny houses.
- Tijdens de afstudeer periode zal alleen gewerkt worden aan het parametrisch ontwerp voor een tiny house. Na de afstudeer periode kan dit op juiste wijze worden aangepast voor overige projecten.
- Er wordt geen rekening worden gehouden met financiële aspecten.
- Er wordt geen rekening gehouden met de locatie voor het te maken ontwerp. Het parametrisch ontwerp dient gebruikt te kunnen worden voor tiny houses op zoveel mogelijk locaties.
- Voor het parametrisch ontwerpen wordt het volgende programma gebruikt:
  - o Grasshopper (Rhino)

## Benodigheden

- Programma's:
  - o Rhino 7
  - o Grasshopper
  - o Tekla
  - o Microsoft Excel
  - o Microsoft Word
- Websites:
  - o Survio
  - o Bouwbesluit online
  - o NEN Connect



### 3. Wat is een Tiny House?

Het begrip tiny house is afkomstig uit Amerika waar het een tegenhanger werd van de ‘bigger is better’ beweging en wordt sinds 2015 ook in Nederland toegepast (Tiny house op wielen, 2020). Een tiny house is een nieuwe vorm van wonen met een duidelijke duurzame gedachtegang hierachter, namelijk “genoegen nemen met genoeg en zien wat echt belangrijk is”. Om een bijdrage te leveren aan het milieu betekent dat in de praktijk consuminderen, recyclen, hergebruiken, minder afval produceren en minder gas, water en elektra gebruiken.



Figuur 1 tiny house

De meeste tiny house bewoners zijn “groen”. Dit houdt in dat de natuur en duurzaamheid boven aan het prioriteiten lijstje van motieven om in een tiny house te gaan wonen staan. Deze mensen zijn vaak ook zeer bereid om de natuur om het tiny house heen te herstellen en te onderhouden. Nu is het zo dat de Nederlandse overheid zo’n 50.000 hectare aan nieuw bos wil laten aanplanten. Dit moet gedaan worden op de plekken die nu een agrarische bestemming hebben wat betekent dat de grond waarde verliest. De eerste 10 jaar levert het bos dus niks op maar heeft wel onderhoud en toezicht. De combinatie van het aanplanten van bossen en tiny house living maakt het economisch weer interessant. Verder zal dat project voorzien in de toenemende behoefte aan kleine betaalbare woningen en levert het een bijdrage aan de klimaatdoelstellingen. (Tiny house en natuur een tweetje, 2018)

Tiny houses zijn kleine, vaak mobiele, vrijstaande woningen met, volgens stichting Tiny House Nederland en gemeente Sittard-Geleen, maximaal vijftig vierkante meter vloeroppervlak en met als doel een zo’n klein mogelijke ecologische voetafdruk, door onder andere het toepassen van bio-based materialen, of zelfvoorzienend (off-grid) wonen. (Overheid.nl Sittard-Geleen, 2018)

Er zijn twee soorten tiny houses, onder te verdelen in drie categorieën:

- Verplaatsbaar:
  - Vrijrijdbaar
  - Drijvend
- Niet-verplaatsbaar:
  - Vaste standplaatsen

#### Vast, vrijrijdbaar of drijvend?

Het is heel goed mogelijk een tiny house te bouwen op een vaste standplaats. Dit kan namelijk een antwoord zijn op het klimaatvraagstuk in de maatschappij. Het klimaatvraagstuk maakt een duurzaamheidstransitie namelijk nodig. Tiny houses kunnen het begin zijn van deze overgang doordat deze milieuvriendelijk



Figuur 2 Tiny house met vaste standplaats

gemaakt kunnen worden en de bewoners soms ook zelf voor hun eten kunnen zorgen waardoor ook het nu benodigde transport kan verminderen. (Het klimaatvraagstuk als nieuwe sociale kwestie, sd) Het is onder andere voor mensen die nog niet met pensioen kunnen maar wel al minder willen werken erg interessant om kleiner te gaan wonen. Hierdoor zijn de maandelijkse woonlasten namelijk lager.

Dit wonen op een vaste standplaats is echter niet waar veel mensen aan denken wanneer ze de vrijheid van het hebben van een tiny house willen verkennen. Ook is het in Nederland moeilijk om een vergunning te krijgen voor een tiny house op een vast stuk grond.

Verplaatsbare tiny houses brengen veel vrijheid met zich mee voor wat betreft het reizen en worden vaak gebouwd met als idee slechts tijdelijk (variërend van een aantal maanden tot enkele jaren) ergens te verblijven. Helaas geeft het beperkingen in het te gebruiken vloeroppervlak doordat je afhankelijk bent van de trailer afmetingen. Een oplossing hiervoor zou kunnen



Figuur 3 verrijdbaar tiny house

zijn het tiny house in twee delen te bouwen welke na transport aan elkaar gemonteerd kunnen worden en later ook weer demontabel is. Een andere optie is om het tiny house te maken met uitschuifbare delen waardoor er op locatie voldoende ruimte ontstaat maar het nog wel makkelijk te verplaatsen is. In bijlage 4 zijn verschillende opties voor het vervoer uitgewerkt (Verplaatsbaarheid van een tiny house, 2021). Deze tiny houses kunnen wel een tijdelijke standplaats hebben, maar zoals eerder vermeld is het krijgen van een vergunning erg moeilijk. Hiernaast is er ook een vergunning nodig om permanent in een tiny house te wonen, tenzij dit op eigen grond gebeurt als vakantiehuisje of mantelzorgwoning.

Een nadeel aan verrijdbare tiny houses is bijvoorbeeld dat omdat het huisje niet vast zit aan de grond, er geen hypotheek af te sluiten is. Een ander nadeel is dat het tiny house zo goed als volledig zelfvoorzienend moet zijn doordat er niet op elke tijdelijke verblijfplaats een aansluiting is naar het net. Verder zijn de afmetingen en het maximale gewicht ook beperkt. In bijlage 4 is meer te vinden over de afmetingen welke afhankelijk zijn van het type vervoer.

Zijn caravans niet ook een soort tiny house? Nee, een caravan is bedoeld om een paar weken in te verblijven terwijl een tiny house is bedoeld voor permanente bewoning met een zo klein mogelijke ecologische voetafdruk. Bij permanente bewoning passen alle bezittingen in het tiny house, dus bewust klein wonen en geen voorraad elders. (Wat zijn Tiny Houses (niet)?, 2021)

De drijvende tiny houses zijn nu nog minder bekend en hebben een veel kleinere doelgroep. Door de woningnood in Nederland worden steeds meer drijvende woningen gebouwd. Dit zijn echter vaak drijvende, niet varende woningen, ofwel woonboten.



In tegenstelling tot een woonboot, welke dus een vaste ligplaats heeft, is een drijvend tiny house bedoeld om te kunnen verplaatsen over het water.

Figuur 4 Drijvend tiny house

	Flexibel wonen	Maximale afmetingen	Maximaal gewicht	Ecologische voetafdruk
Vast	Nee	50m <sup>2</sup>	x	Klein
Verrijdbaar	Ja	15mx3,5m	3.500 - 27.000kg	Minimaal
Drijvend	Ja/Nee	50m <sup>2</sup>		Minimaal

Tabel 1 Basis gegevens tiny houses

## Aantal bewoners

Tiny houses worden over het algemeen bewoond door één à twee volwassenen. Meer personen is ook mogelijk maar wordt in sterke mate beperkt door de maximale afmetingen van een tiny house en is dus afhankelijk van de wensen van de eindgebruiker. Een tiny house op een vaste standplaats heeft voor het gevoel vaak meer beschikbare ruimte dan een verplaatsbare exemplaar doordat deze vaak breder zijn.

## Materialen / demontabel

Omdat het bij tiny houses de bedoeling is zo milieu vriendelijk mogelijk te bouwen, is het verstandig gebruik te maken van bio-based materialen. Dit houdt in materialen met natuurlijke/organische grondstoffen zoals hennepblokken, verduurzaamd hout of riet. Om een nog kleinere voetafdruk na te laten is het verstandig het tiny house demontabel te maken. Hierdoor kunnen de materialen van het tiny house hergebruikt worden en dus langer mee gaan. De bio-based materialen zijn in detail terug te vinden in bijlage 1. (Biobased producten, sd) (Biobased materialen, 2021)

Een nieuwe ontwikkeling bij tiny houses is het 3D printen ervan. Zo is er in Tsjechië een tiny house geprint. Door dit te printen in plaats van te bouwen, is er voor 50% bespaard op de bouwkosten en voor 20% op CO<sub>2</sub>-uitstoot en bouwafval. Dit maakt de ecologische voetprint van het tiny house nog kleiner. De makers van de 3D-geprinte tiny houses hopen de kleine op maat gemaakte huizen zo betaalbaar te maken en minder bouw materiaal te verspillen dan bij traditionele methodes. (Dit drijvende tiny house komt uit de 3D printer, 2020)

Om voor het bedrijf Tedecon, gespecialiseerd in staalbouw, ook relevant te zijn, wordt de constructie van het afstudeer tiny house gemaakt van staal. Staal is tegenwoordig ook relatief duurzaam doordat veel hergebruikt of omgesmolten kan worden. De overige onderdelen worden uitgewerkt in de materialen die terug te vinden zijn in bijlage 1.

## Zelfvoorzienend leven

Zelfvoorzienend leven houdt in dat bijvoorbeeld de zon en regen bronnen zijn voor de elektra en het water. Hierbij is er dus geen aansluiting naar het net.

Een eigen waterbron vinden in Nederland gaat vrij gemakkelijk. Door regenwater op te vangen en te filteren is het al te gebruiken voor bijvoorbeeld de douche of het toilet (Regenwater opvangen, 2021). Door een warmte-terugwin systeem op de douche aan te sluiten, kan ook de lucht in de andere ruimtes verwarmd worden. Zo wordt de warmte meerdere malen gebruikt. Voor zuiver drinkwater moet het nog verder gefilterd worden met behulp van een omgekeerde osmose-filter of een waterdestillator. Door regenwater op te vangen wordt al snel 35.000 liter drinkwater per jaar bespaard.

Ook energie is op te wekken. Door zonnepanelen op het dak en/of aan de gevel te bevestigen zijn alle moderne apparaten zoals de laptop en mobiel gemakkelijk op te laden (Zelfvoorzienend leven, 2019). Met een zonneboiler is ook het water voor te verwarmen. Al deze energie wordt voornamelijk opgewekt in de zomer. Om in de winter ook te kunnen profiteren hiervan is het verstandig een thuisaccu aan te schaffen waar alle extra stroom opgeslagen kan worden (Wat is een thuisaccu, 2019). Voor een lager stroomverbruik in de winter is het aan te raden bijvoorbeeld een houtkachel aan te schaffen zodat het binnen lekker warm blijft wanneer het buiten kouder wordt. Hout is een hernieuwbare grondstof zolang er ook weer bomen terug geplant worden voor elke boom die gekapt wordt. Een andere optie is het plaatsen van een sedumdak. Hierdoor blijft de gegenereerde warmte langer binnen hangen en komt de koude buitenlucht minder snel naar binnen. (Warmte- en geluidsisolatie, sd)

Verder is het mogelijk eigen voedsel te verbouwen. Dit kan een goede optie zijn wanneer er gekozen wordt voor een tiny house op een vaste standplaats. Voor een verrijdbaar tiny house is dit iets lastiger in verband met de beschikbare ruimte. Wel zou het dan mogelijk zijn om een mini kas mee te nemen op een tweede trailer.

In bijlage 3 wordt er verder ingegaan op welke producten te gebruiken zijn voor het zelfvoorzienend maken van de tiny house.

#### 4. Welke gebruiksfuncties zijn nodig in het tiny house?

---

Het bouwbesluit stelt eisen aan de verblijfsgebieden en gebruiksfuncties. Zo moet aan elk deel van een bouwwerk een gebruiksfunctie worden toegekend. Een tiny house heeft dezelfde gebruiksfuncties nodig als een gewone woning. Hieronder een lijst met de minimaal toe te passen functies/ruimten in een tiny house:

- Verblijfsruimtes
  - Woon-/leefruimte
  - Keuken
  - Eethoek
  - Slaapkamer
- Bad-/toiletruimte
- Technische ruimte
- Verkeersruimte

Andere minder noodzakelijke ruimten zijn:

- Berging
- Wasruimte

Het is mogelijk om binnen één ruimte meerdere gebruiksfuncties toe te passen. De beschikbare ruimte in een tiny house is zo minimaal dat het soms handig is om functies te combineren. De te combineren functies hangen af van wat de eindgebruiker wil. Hieronder een aantal combinatie opties:

- Eetruimte en slaapkamer
- Keuken en woon-/leefruimte
- Woon-/leefruimte en eethoek
- Keuken en eethoek
- Wasruimte en keuken
- Badkamer/toilet en wasruimte

## 5. Welke eisen worden gesteld aan een Tiny House?

Een te bouwen bouwwerk heeft altijd een verblijfsgebied met daarin plaats voor de kenmerkende activiteiten voor de gebruiksfunctie. Voor elke ruimte zijn er in het bouwbesluit een aantal eisen opgesteld. In bijlage 2 worden de eisen verder behandeld.

De volgende eisen worden gesteld aan een tiny house:

	Vaste Standplaats		Verplaatsbaar
	Gezinnen	Studenten	
Aantal personen	4	2-4	2
Totaal oppervlak	Maximaal 50m <sup>2</sup>	Maximaal 50m <sup>2</sup>	Maximaal 50m <sup>2</sup>
	Minimaal 12m <sup>2</sup> p.p.	Minimaal 12m <sup>2</sup> p.p.	Minimaal 6m <sup>2</sup> p.p.
Vrije hoogte in pandig	2,6m	2,6m	2,1m
Maximale lengte			8,4m/15m
Maximale breedte			2,55m/3,5m
Maximale hoogte	4m	4m	4m
Niet-gemeenschappelijk vloeroppervlak	18m <sup>2</sup>	15m <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup>
	Slaapkamer, Woonkamer, Keuken	Slaapkamer	Slaapkamer, Woonkamer, Keuken
Verblijfsgebied	>55%	>55%	>55%
	<45% technische, natte of verkeersruimte	<45% technische, natte of verkeersruimte	<45% technische, natte of verkeersruimte

	Vaste standplaats			Verplaatsbaar
<b>Toilet/badkamer</b>	<b>Toilet</b>	<b>Badkamer</b>	<b>Combinatie</b>	<b>Toiletruimte</b>
Minimale afmetingen	0,9x1,2m	1,6m <sup>2</sup> , 0,8m breed	2,2m <sup>2</sup> , 0,9m breed	0,64m <sup>2</sup> , 0,6m breed
Vrije hoogte	2,3m	2,3m	2,3m	2,1m
<b>Keuken</b>	<b>Aanrecht</b>	<b>Kooktoestel</b>	<b>Verwarmings-/Warm water toestel</b>	
Afmetingen opstelplaats	1,5x0,6m	0,6x0,6m	Afstemmen op toestel	Zie vaste standplaats
	RC waarde	Warmtedoorgangs-coëfficiënt	geluidwering	
Gevel	4,7m <sup>2</sup> K/W		20dB	
Dak	6,3m <sup>2</sup> K/W		20dB	
Vloer	3,7m <sup>2</sup> K/W		20dB	
Ramen		1,65 W/m <sup>2</sup> K		
	Per verblijfsruimte	Afmeting t.o.v. opp. verblijfsgebied		
Minimaal daglicht opp.	0,5m <sup>2</sup>	10%		
	Verblijfsgebied	Kooktoestel	Toiletruimte	Badkamer
Luchtverversing	0,9 dm <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> 7 dm <sup>3</sup> /s	21 dm <sup>3</sup> /s	7 dm <sup>3</sup> /s	14 dm <sup>3</sup> /s

Tabel 2 eisen tiny house

## 6. Enquête

---

De enquête is bedoeld om inzicht te krijgen in wat in het verschil tussen attitude (literatuur) en gedrag (werkelijkheid) zodat er niet alleen naar de technische aspecten van ontwerpen wordt gekeken maar ook naar de praktische aspecten. De resultaten hiervan worden wel meegenomen in het parametrisch ontwerp, maar worden niet als sterke eis gezien.

De enquête is beantwoord door 93 personen. Het invullen hiervan duurt gemiddeld 20-25 minuten. In de enquête resultaten in bijlage 5 zijn alle “waarom” antwoorden weggelaten. Deze zijn wel opgeslagen maar door het grote aantal verschillende antwoorden is het niet realistisch deze allemaal hier weer te geven.

De enquête resultaten sluiten niet volledig aan bij de theorie. Eén van de dingen die opvalt is dat wanneer mensen een tiny house zouden kopen, dit doen voor vrije tijds gebruik. Dit terwijl veel tiny houses ontworpen worden voor permanente bewoning. Verder denkt meer dan een kwart van de gevraagden niet dat het tiny house demontabel moet zijn t.b.v. hergebruik. Dit ondanks dat het demontabel bouwen van een tiny house niet direct merkbaar is voor de bewoner.

De enquête is te vinden op de volgende website of via de QR-code:

<https://www.surveio.com/survey/d/J3G9L9J6A9Q6F3Q2T>





## 7. Wat is parametrisch ontwerpen?

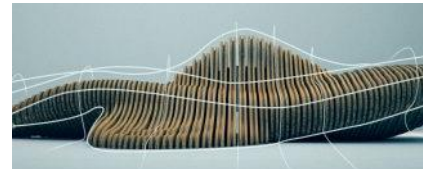
Parametrisch ontwerpen is een snel aan te passen visuele ontwerpmethodede welke werkt aan de hand van parameters, ofwel variabelen, waartussen onderlinge relaties aangegeven worden (Parametrisch ontwerpen, sd). Hierbij wordt vaak als uitgangspunt genomen het vereenvoudigen van het ontwerpproces bij in de toekomst gelijke of complexe projecten. Wanneer bijvoorbeeld de beukmaat halverwege het project veranderd in een parametrisch ontworpen gebouw, wordt deze ene aanpassing doorgerekend in het volledige project. Hierdoor kunnen een aantal handelingen overgeslagen worden. Ook is het mogelijk om complexe vormen, die lastig met de hand te tekenen zijn, in het parametrisch ontwerp te zetten.

Parametrisch ontwerpen kan dus gezien worden als een hulpmiddel bij het ontwerpen van de toekomst. Door de vele beschikbare plug-ins is het mogelijk Grasshopper te verbinden met vele andere teken programma's.

Een goed project voorbeeld waarbij parametrisch ontwerpen is toegepast als constructie analyse is de Canton TV Toren in China. Hierbij is de tekening vanuit AutoCAD gegenereerd, dit is dus niet parametrisch getekend, en automatisch constructief geanalyseerd. Dit gebouw is ontworpen door onder andere Arup. (Best practices parametrisch ontwerpen, 2021)

Tijdens het afstudeeronderzoek wordt het parametrisch ontwerpen toegepast op een tiny house omdat dit een overzichtelijk, klein gebouw is. Hier komen alle basis variabelen in voor zonder het script te ingewikkeld te maken voor de beperkte tijd waarin het onderzoek uitgevoerd moet worden. Tijdens dit onderzoek is het de bedoeling eenmalig parameters te combineren om in de toekomst meerdere tiny houses met deze tool versneld te ontwerpen. De gebruiker kan hierin zelf de variabelen aanpassen waardoor verschillende alternatieven eenvoudig te produceren zijn. Het bedrijf kan in de toekomst dezelfde methode met een aantal aanpassingen toepassen op ander soort projecten. Voor dit onderzoek wordt uitgegaan van een relatief simpele gebouwvorm zoals te zien in figuur 7.

De belangrijkste variabelen worden in de volgende paragraaf weergegeven. De variabelen en de gevolgen van het aanpassen er van worden verduidelijkt in de bijgevoegde video.



Figuur 5 complex parametrisch ontwerp

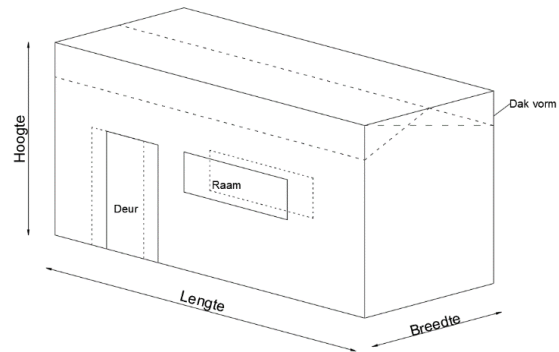


Figuur 6 Canton TV Toren



## Parametrische variabelen

In dit hoofdstuk worden alle parametrische variabelen weergegeven en uitgelegd. Verdere onderbouwing van afmetingen is terug te vinden in de bijlagen. Voor het tiny house dat ontworpen wordt gedurende de afstudeerperiode zijn de volgende variabelen benodigd:



Figuur 5 relaties tussen variabelen

### Basis variabelen:

- Lengte gebouw
  - o De maximale uitwendige lengte ligt tussen de 8,4 en 15m. Dit is afhankelijk van de transportwijze (zie bijlage 4). In Grasshopper kunnen de minimale en maximale afmeting worden aangegeven om een willekeurige lengte voor het gebouw te genereren.
- Breedte gebouw
  - o De maximale uitwendige breedte ligt tussen de 3 en 3,5m bij een verrijdbaar tiny house. Dit is afhankelijk van de transportwijze (zie bijlage 4).
- Hoogte gebouw
  - o De maximale uitwendige hoogte is 4m inclusief onderstel. De hoogte van het gebouw is dus afhankelijk van de transportwijze (zie bijlage 4).
- Dikte elementen
  - o De dikte van de vloer-, wand- en dak elementen is afhankelijk van de materialen.
- Vorm dak
  - o Het dak kan zowel plat uitgevoerd worden als schuin of met punt. Dit is afhankelijk van de wensen van de eindgebruiker. In Grasshopper kan het hoogteverschil van punt tot goot per meter worden aangegeven. De dakrand hierbij is alleen nodig bij het toepassen van platte daken en moet bij schuine daken dus handmatig uit worden gezet.
- Aantal ramen/deuren
  - o Het aantal raam/deur sparingen is afhankelijk van de wensen van de eindgebruiker en de minimale bouwbesluit eisen (zie hoofdstuk "Welke eisen worden gesteld aan een Tiny House? – Verplaatsbaar"). Tijdens het afstudeeronderzoek wordt er uitgegaan van maximaal 2 sparingen per gebouwszijde. Deze zijn in Grasshopper handmatig uit te zetten wanneer de eindgebruiker minder sparingen wil hebben.

- Afmetingen ramen/deuren
  - o De afmetingen van de sparingen zijn afhankelijk van de afmetingen van het gebouw, de inrichting en dus de locatie op het gebouw, de minimale bouwbesluit eisen (zie hoofdstuk “Welke eisen worden gesteld aan een Tiny House? – Verplaatsbaar”) en de wensen van de eindgebruiker. Tijdens het afstudeeronderzoek wordt alleen uitgegaan van rechthoekige sparingen.

Extra variabelen:

- Materialen
  - o Elk materiaal heeft andere afmetingen, RC-waarden en uitstraling. De toepassing ervan is afhankelijk van de wensen van de eindgebruiker. Tijdens het afstudeeronderzoek wordt uitgegaan van de materialen onderzocht in bijlage 1. De afmetingen en RC-waarden worden bepaald in het bouwfysisch rapport.
- Zonnepanelen
  - o Het aantal zonnepanelen is afhankelijk van zowel de grootte van de panelen als van de afmetingen van het dak.
- Inrichting
  - o De inrichting is een grote variabele. Deze is volledig afhankelijk van de wensen van de eindgebruiker. Tijdens het afstudeeronderzoek wordt dit niet in Grasshopper verwerkt maar handmatig in Tekla.

<b>Parameter:</b>	<b>Opbouw parameter:</b>	<b>Grasshopper opmerkingen:</b>	<b>Min/max afmetingen</b>
<i>Breedte gebouw</i>	Breedte vloer + 2x dikte buitenafwerking		2,55-3,5m
<i>Lengte gebouw</i>	Lengte vloer + 2x dikte buitenafwerking	Hierbij kan een randomizer toegepast worden om een waarde te bepalen tussen twee uitersten. Deze is ook in te stellen op een vaste lengte.	Max 15m
<i>Hoogte gebouw</i>	Dikte vloer + hoogte wanden + dikte dakconstructie (+ sedum dakbedekking) (+ hoogte zonnepanelen / dakrand)		Max 4m
<i>Dikte vloer</i>	Dikte constructieve plaat + trailer(130mm)		
<i>Dikte wand</i>	2x dikte constructieve plaat + dikte wandisolatie + dikte bevestigingsmechanisme buitenafwerking + dikte binnen afwerking		
<i>Dikte dak</i>	2x dikte constructieve plaat + dikte dakisolatie		

Vorm dak	Hoogte verschil links-rechts [mm/m]	Bij een plat dak in te stellen op 0.	0 / 16-100 mm/m
		Ramen en deuren kunnen handmatig aan of uit worden gezet.	Max 6
Afmetingen ramen/deuren	Breedte/hoogte sparing, dikte kozijn	De afstand t.o.v. de achterzijde is ook in te stellen.	
	Materialen	Het materiaal en de bijbehorende afmetingen zijn per Tekla onderdeel handmatig in te stellen.	
Inrichting (badkamer)	Lengte/breedte badkamer	Deze parameter bepaald waar in de vloerconstructie extra balken moeten komen i.v.m. extra plaatselijk gewicht.	

Tabel 3 Grasshopper parameters

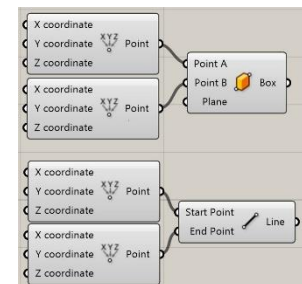
### Grasshopper in combinatie met Tekla

Grasshopper werkt met programmeer blokken die aan elkaar verbonden worden om de coördinaten van een punt te bepalen. Door deze punten te verbinden worden lijnen en vormen gecreëerd. Dit programma wordt dus gebruikt voor de structuur.

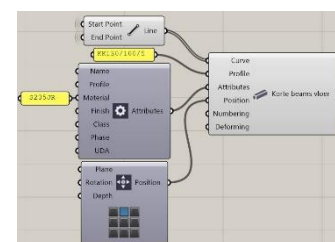
Tekla werkt met lijnen en materiaalgegevens. Wanneer er in grasshopper een lijn is gemaakt, kan Tekla hier een gegeven profiel en materiaal aan koppelen. Door dit proces te herhalen voor alle onderdelen in het ontwerp ontstaat er een Tekla tekening die, na met de hand iets aangepast te zijn i.v.m. o.a. de lasnaden, gebruikt kan worden als productietekening. In tegenstelling tot Grasshopper wordt Tekla dus gebruikt voor het tonen van het model.

De link tussen de programma's wordt gelegd door de Tekla-live link plug-in in Grasshopper. Deze plug-in bevat een aantal programmeer blokken die het mogelijk maken het Tekla bestand direct, live, bij te werken wanneer er in Grasshopper iets aangepast wordt.

Alle afmetingen in het Grasshopper bestand zijn gegeven in centimeters. Dit omdat Rhino standaard op centimeters staat ingesteld. Tekla converteert dit dan automatisch naar millimeters.



Figuur 7 Grasshopper punten - lijn/vorm



Figuur 8 Grasshopper lijn - Tekla vorm

## 8. Afbakening ontwerpproces

---

Een tiny house is een kleine vrijstaande woning met maximaal vijftig vierkante meter vloeroppervlak. Deze kan zowel een vaste standplaats hebben als verrijdbaar of drijvend zijn. Omdat het de bedoeling is een zo klein mogelijke ecologische voetafdruk te hebben wordt het tiny house gemaakt van bio-based materialen en demontabel. De meeste eindgebruikers, 52% volgens de enquête, willen verbonden zijn met het net voor zowel water als stroom. Echter omdat zelfvoorzienende maatregelen steeds vaker toegepast moeten worden en 26% van de eindgebruikers het daarmee eens is, wordt het tiny house ontworpen met in ieder geval zonnepanelen voor het opwekken van stroom.

Op basis van de desk- en fieldresearch wordt de richting van het eindonderzoek bepaald. Besloten is de volgende punten aan te houden voor het ontwerpproces:

- Het tiny house wordt verrijdbaar ontworpen.
- Het tiny house wordt ontworpen voor twee volwassenen.
- Het tiny house wordt demontabel en zo veel mogelijk met bio-based materialen ontworpen.
- De constructie wordt uitgevoerd in staal.
- Qua zelfvoorzienende maatregelen worden in ieder geval zonnepanelen toegepast. Overige installaties worden niet getekend
- Alle variabelen worden zo neergezet dat de gebruiker deze makkelijk kan aanpassen zonder de maximale afmetingen te overschrijden.

## 9. Aansluiting project bij het bedrijf

---

Het is verstandig een onderzoeksonderwerp te kiezen waar het bedrijf op verder kan bouwen. Dit zodat het bedrijf de afstudeerder beter kan helpen en andersom. Om de vraag “sluit het project aan bij het bedrijf” te kunnen beantwoorden, moeten er een aantal onderdelen behandeld worden. Hiervoor wordt het project opgedeeld in een aantal vragen over het ontwerpen, de materialen en de toekomst. Hieronder worden de belangrijkste vragen beantwoord:

- Sluit het ontwerpen van tiny houses aan bij het bedrijf?
  - Nee, Tedecon is oorspronkelijk een offshore staalbouwbedrijf. Tegenwoordig worden ook andere projecten, o.a. in de utiliteitsbouw, getekend. Echter is dit vooral het uitwerken van projecten en ontwerpen van de constructie. In de basis sluit het tiny house dus wel aan op het bedrijf, alleen de afwerking valt hier niet onder. Verder wordt er geen woningbouw uitwerkt binnen het bedrijf en dus ook geen tiny houses.
- Waarom is er dan toch voor een tiny house gekozen?
  - Tiny houses zijn, in tegenstelling tot bijvoorbeeld bedrijfshallen of booreilanden, kleine overzichtelijke projecten en toekomst gericht en geven een handzame uitkomst. Het bedrijf kan dus in de toekomst hetzelfde ontwerpprincipe toepassen op andere, grotere projecten voor vele verschillende doeleinden.
- Hoe denkt het bedrijf over de toegepaste materialen?
  - In eerste instantie zou het tiny house volledig ontworpen worden met bio-based materialen. Dit wil zeggen materialen direct vanuit de natuur en dus geen staal. Om het project meer bij het bedrijf te betrekken is gekozen voor het toepassen van een stalen constructie. Soort gelijke constructies worden namelijk in andere projecten al toegepast. Ook is zo beter te beoordelen of het parametrisch ontwerpen in toekomstige projecten goed toegepast kan worden.
- Is het parametrisch ontwerpen bruikbaar binnen het bedrijf?
  - Parametrisch ontwerpen is in de toekomst zeer goed bruikbaar binnen het bedrijf. Zo kan dit toegepast worden op bijvoorbeeld het intekenen van gevelementen die allemaal zo goed als hetzelfde zijn maar in de loop van het project nog aangepast worden voor wat betreft de afmetingen of zelfs het materiaal, of wanneer er net kleine verschillen in de afmetingen zitten.

- Is parametrisch ontwerpen een goede toevoeging op het ontwerpproces?
  - Voor veel projecten biedt parametrisch ontwerpen een snelle manier van aanpassen. Voor grotere en herhalende projecten is het dus zeer efficiënt. Het tiny house in dit onderzoek is een handzame manier om te laten zien hoe het parametrisch ontwerpen werkt. Voor het bedrijf is het voor latere projecten niet zinvol om tiny houses parametrisch te ontwerpen omdat het op deze kleine schaal langer duurt om te programmeren dan het simpelweg tekenen.
  
- Wat is de rol van het bedrijf bij mogelijke productie van het tiny house?
  - Wanneer het tiny house geproduceerd zou worden, is het bedrijf verantwoordelijk voor de stalen constructie. De afwerking zal door een ander bedrijf gedaan moeten worden. Wel is het mogelijk om voor het bouwen een 3D geprinte maquette te maken binnen het bedrijf.

## 10. Bouwfysische berekeningen

---

In dit hoofdstuk wordt toelichting gegeven op de bouwfysische berekeningen in bijlage 6. Bouwfysica is de fysica van de gebouwde omgeving. Hierbij wordt dan gekeken naar de warmte, lucht, vocht, geluid en installaties binnen een constructie. Voor tiny houses zijn de geluidseisen minder interessant omdat het gaat om het geluid naar een naast gelegen gebouw. Tiny houses staan niet zo dicht op elkaar waardoor met alleen de warmte isolatie veelal wordt voldaan aan de geluidseisen. De installaties zijn wel van belang, echter wordt dit niet meegenomen in dit onderzoek omdat Tekla geen installaties kan toepassen. Hier moet dus later in het proces nog naar gekeken worden.

Voor de bouwfysische berekeningen over het tiny house wordt gekeken naar de volgende 3 onderdelen:

- Daglicht (licht)
- Isolatie (warmte)
- Ventilatie (lucht)

Per onderdeel zijn er diverse eisen. In dit hoofdstuk wordt kort beschreven welke eisen dat zijn en hoe hieraan voldaan wordt in het tiny house.

In bijlage 6 worden alle formules en betekenissen van de gebruikte letters gegeven. Ook zijn hier alle uitgebreide berekeningen terug te vinden.

### Daglicht

Er zijn een aantal eisen verbonden aan de minimale hoeveelheid daglicht dat in een woning valt. Zo moet onder bijvoorbeeld het totale glasoppervlak, mits zonder belemmeringen, minimaal 10% zijn van het vloeroppervlak van het verblijfsgebied. Verder moet dit per verblijfsgebied ook minimaal 0,5m<sup>2</sup> zijn. Het uiteindelijke glasoppervlak is afhankelijk van de ontwerpkeuzes. Dit betekent dat de gebruikte waarden veranderen wanneer het ontwerp verandert.

Voor het berekenen van het equivalent daglichtoppervlak is de volgende formule gebruikt:

$$A_e = A_d * C_b * C_u * C_{LTA}$$

Deze formule is toegepast op twee verblijfsgebieden. De woonkamer/keuken en de slaapkamer. Zoals berekend in bijlage 6 heeft de woonkamer een equivalent daglichtoppervlak van 2,94m<sup>2</sup> en de slaapkamer 1,07m<sup>2</sup>. Voor beide ruimten geldt dat dit meer dan twee maal het minimaal benodigde is.

## Isolatie

Er zijn een aantal eisen verbonden aan de minimale isolatiewaarde van een woning. Voor de vloer geldt een minimale warmteweerstand van  $3,7\text{m}^2\text{K/W}$ . Voor de gevel is dit minimaal  $4,7\text{m}^2\text{K/W}$  (gemiddelde van de open gevel, 8%, en dichte gevel, 92%) en voor het dak geldt minimaal  $6,3\text{m}^2\text{K/W}$ .

Voor het berekenen van de isolatiewaarde per onderdeel zijn de volgende formules gebruikt:

$$U = \frac{1}{R_m} \quad R_m = \frac{1}{U} \quad R_m = \frac{d}{\lambda} \quad R_c = \text{Som}(R_m)$$

Deze formules zijn toegepast op de vloer, open gevel, dichte gevel en het dak. Zoals berekend in bijlage 6 heeft de vloer een warmte weerstand van  $3,7304\text{m}^2\text{K/W}$ . Voor het dak is dit  $6,3517\text{m}^2\text{K/W}$ . Voor de 8% open gevel is de warmteweerstand  $0,7143\text{m}^2\text{K/W}$  en voor de 92% dichte gevel is dit  $5,0831\text{m}^2\text{K/W}$ . Gemiddeld voor de gevel is dit dus  $4,74\text{m}^2\text{K/W}$ . Alle onderdelen voldoen dus op het gebied van isolatie.

## Ventilatie

Er zijn een aantal eisen verbonden aan de minimale luchtdoorvoer binnen een woning. De volgende eisen gelden voor de lucht toe- en afvoer (NEN1087):

Afvoer keuken:  $21\text{dm}^3/\text{s}$   
Afvoer badkamer:  $14\text{dm}^3/\text{s}$   
Toevoer slaapkamer:  $7\text{dm}^3/\text{s}$ ,  $0,9\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$   
Toevoer woonkamer:  $7\text{dm}^3/\text{s}$ ,  $0,9\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$

Voor het berekenen van de lucht toevoer via ventilatieroosters is de volgende formule gebruikt:

$$\text{Luchttoevoer} = \text{roosterdoorvoer} * b_{raam}$$

De totale luchttoevoer is gelijk aan de totale lucht afvoer om zo de balans te behouden. De totale lucht toe- en afvoer is  $53,67\text{dm}^3/\text{s}$ .



## 11. Constructieve berekeningen

Net als dat het gebouw getoetst moet worden op bouwfysische aspecten, moet het ook getoetst worden op de constructieve aspecten. In dit hoofdstuk worden de berekeningen toegelicht.

De constructie wordt op 3 punten getoetst:

- Sterkte dak liggers
- Sterkte kolommen
- Opwaaiing

Voor het berekenen van constructies gelden voorschriften. Hierbij wordt gekeken naar het basis ontwerp en, in het geval van dit tiny house, naar staalconstructies.

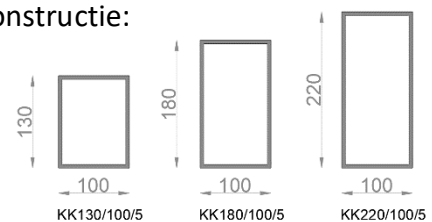
<b><u>Toegepaste voorschriften:</u></b>	EN 1990	Eurocode 0	Grondslagen voor het ontwerp
	EN 1991	Eurocode 1	Belastingen op constructies
	EN 1993	Eurocode 3	Ontwerp en berekening van Staalconstructies

(NEN-EN 1991, 2007) (NEN-EN 1990, 2011) (NEN-EN 1993, 2007)

Aan de hand van deze voorschriften is gekeken naar de algemene belasting, de sneeuw belasting en de windbelasting. Hiermee zijn de knik, kip, doorbuiging en opwaaiing in de constructie berekend.

In verband met de minimale isolatie dikte, gebleken uit het bouwfysisch rapport (bijlage 6), is er gekozen de volgende profielen toe te passen voor de constructie:

- Vloer: KK130/100/5
- Wanden: KK180/100/5
- Dak: KK220/100/5



Figuur 9 gebruikte profielen

In bijlage 7 zijn alle berekeningen uitgewerkt. Hieruit blijkt dat alle profielen ruimschoots voldoen met verschillende unity-checks van maximaal 0,15 waar 1 is toegestaan. Dit betekent dat de constructie kleiner gemaakt kan worden, echter betekent dit ook dat er een andere, betere isolatie toegepast moet worden. Deze andere isolatiesoort is mogelijk niet bio-based en wordt dus ook niet opgenomen in de berekeningen.

Het totale eigen gewicht van het tiny house is als volgt berekend:

	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	h	d	kg/m	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg
Ecoboard		191,24			0,009		3,6	400	688,464
Plexwood		52,78			0,0025		1	400	52,78
Isolatie vloer		21,07			0,13		2,275	17,5	47,93425
Isolatie wanden		42,43			0,17		2,975	17,5	126,2293
Isolatie dak		24,73			0,22		3,85	17,5	95,2105
Tapijt		19,76					3,704		73,19104
Planken buiten	96,59			0,22	0,018			370	967,3294
Sedum		24,73					40		989,2
KK180/100/5	42,904					20,7			888,1128
KK220/100/5	30					26			780
									<b>4708,451</b>

Tabel 4 eigen gewicht tiny house

De afmetingen van de materialen zijn direct uit het Grasshopper bestand over genomen.

Het totale eigen gewicht komt uit op iets meer dan 4700kg, zo'n 47kN. Hier komt het gewicht van de standaard inrichting nog boven op. Dit past helaas niet op een standaard trailer omdat hier maximaal 3500kg op geplaatst kan worden. (Welke regels gelden er voor het rijden met een paardentrailer?, sd). Er zal dus moeten worden gekeken naar het gebruik van een landbouw voertuig of een euro-dieplader. Een andere optie is het vervangen van de stalen constructie voor hout. In dat geval wordt het eigen gewicht wel sterk verminderd, echter nog niet voldoende om op een trailer te plaatsen zoals te zien in tabel 5.

	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	h	d	kg/m	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg
Ecoboard		191,24			0,009		3,6	400	688,464
Plexwood		52,78			0,0025		1	400	52,78
Isolatie vloer		21,07			0,13		2,275	17,5	47,93425
Isolatie wanden		42,43			0,17		2,975	17,5	126,2293
Isolatie dak		24,73			0,22		3,85	17,5	95,2105
Tapijt		19,76					3,704		73,19104
Planken buiten	96,59			0,22	0,018			370	967,3294
Sedum		24,73					40		989,2
houten kolom 0,1*0,18	42,904							450	347,5224
houten kolom 0,1*0,22	30							450	243
									<b>3630,861</b>

Tabel 5 eigen gewicht tiny house

Om het eigen gewicht nog verder te verlagen is het mogelijk een andere soort isolatie toe te passen. Deze zal dan niet meer bio-based zijn, maar doordat de isolatie dunner wordt kan ook de constructie minder groot en dus minder zwaar. De volgende tabel geeft aan wat er gebeurt met het gewicht wanneer de isolatiedikte wordt verminderd met 50%.

	m	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	h	d	kg/m	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg
Ecoboard		191,24			0,009		3,6	400	688,464
Plexwood		52,78			0,0025		1	400	52,78
Isolatie vloer		21,07			0,065		1,1375	17,5	23,96713
Isolatie wanden		42,43			0,085		1,4875	17,5	63,11463
Isolatie dak		24,73			0,11		1,925	17,5	47,60525
Tapijt		19,76					3,704		73,19104
Planken buiten	96,59			0,22	0,018			370	967,3294
Sedum		24,73					40		989,2
houten kolom 0,1*0,85	42,904							370	134,9331
houten kolom 0,1*0,11	30							370	199,8
									<b>3240,384</b>

Tabel 6 eigen gewicht tiny house

In het constructie rapport wordt het eerste gewicht van 47kN gebruikt omdat dit de constructie is die in overleg met de bedrijfsbegeleider gekozen is. Dit omvat namelijk de stalen constructie waardoor het project aansluit bij het bedrijf en de bio-based materialen die toegepast moeten worden voor de zo klein mogelijke voetafdruk.

### Toegepaste formules

Sterkte berekeningen	$V_{ed} = q_{ed} * \frac{b_{gebouw}}{2}$	$M_{ed} = \frac{1}{8} * q * l^2$
	$V_{rd} = h_f * d * (235 * \sqrt{3})$	$M_{rd} = W_y * f_y$
	$U.C.V. \rightarrow \frac{V_{ed}}{V_{rd}} < 1$	$U.C.M. \rightarrow \frac{M_{ed}}{M_{rd}} < 1$
Toetsing druk en buiging	$N_{ed} = h * q_{ed,dak}$	$N_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{l^2}$
	$N_{pl} = f_y * A$	$M_{ed} = \frac{1}{8} q l^2$
	$\frac{N_{ed}}{N_{pl}} + \frac{1}{1 - \left(\frac{N_{ed}}{N_{cr}}\right)} * \frac{M_{ed} + N_{ed} * e_0}{M_{pl}} < 1$	$M_{pl} = W_{pl} * f_{yd}$
Doorbuiging	$V_{ed} = q_{ed} * \frac{b_{gebouw}}{2}$	$u = \frac{5ql^4}{384EI}$
	$u_{max} = 0,004 * l$	$U.C.u. = \frac{u_{max}}{u} < 1$
Opwaaiing	$Q_{zone} = q_p * b * l * windzuiging$	$U.C.Wind = \frac{1,5 * Q_{wind}}{0,9 * EG} < 1$

Tabel 7 Toegepaste formules

## 12. Grasshopper

### Wat is Grasshopper?

Grasshopper is een visuele programmeer taal en werkt in combinatie met Rhino. Hierin worden modellen gemaakt door componenten te plaatsen en op elkaar aan te sluiten. Het wordt in de bouwwereld vooral gebruikt in het ontwerpproces maar kan ook toegepast worden bij het berekenen van constructies. Hier is wel meer ervaring met Grasshopper voor nodig dan de paar maanden die bedoeld zijn voor het afstuderen.

### Invoer

Voor het eindresultaat in Tekla worden de volgende gegevens, terug te halen uit de bijlagen in dit rapport, aangehouden voor de invoer in Grasshopper:

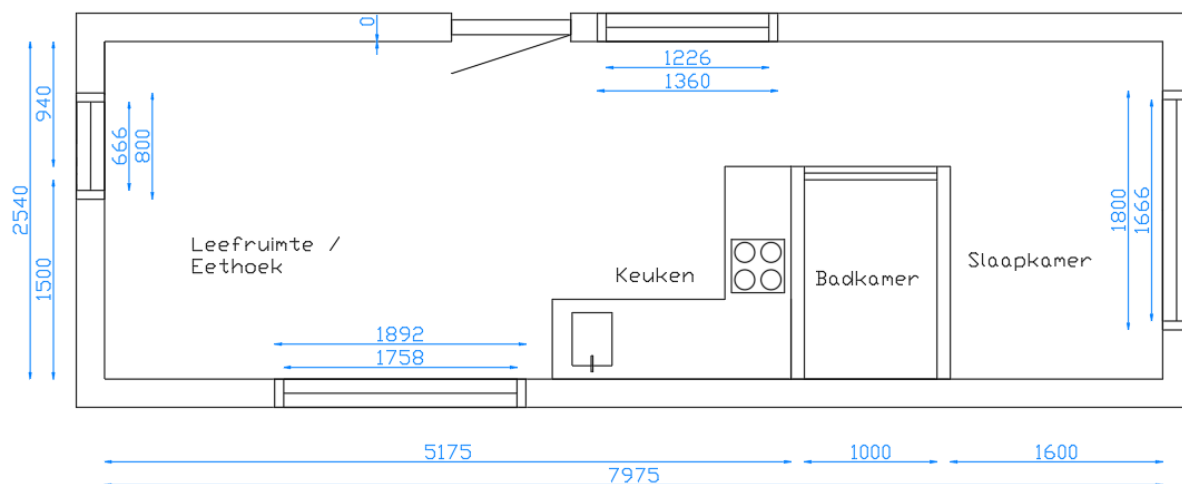
<b>Parameter:</b>	<b>Afmeting (mm)</b>	<b>Aantal:</b>	<b>Profiel:</b>	<b>Materiaal:</b>
<i>Breedte</i>	b=2965	X	X	X
<i>Inpandige breedte</i>	2125			
<i>Lengte</i>	l=8400	X	X	X
<i>Inpandige lengte</i>	7975			
<i>Hoogte</i>	h=3200	X	X	X
<i>Inpandige hoogte</i>	2961			
<i>Constructie vloer</i>	h=130	X	KK130/100/5 (Trailer)	Staal (S235JR)
<i>Constructie wand</i>	d=180	Lengte-> 5 Breedte-> 3	KK180/100/5	Staal (S235JR)
<i>Stelkozijnen</i>	d=100 b=30/50	X	KK100/30/4 KK100/50/4	Staal (S235JR)
<i>Constructie dak</i>	h=220	X	KK220/100/5	Staal (S235JR)
<i>Hoogteverschil dak</i>	100mm/m	X	X	X
<i>Isolatie</i>	X	X	X	Biofoam korrels
<i>Constructieve platen</i>	d=9	X	X	Ecoboard
<i>Binnen afwerking vloer</i>	d=10	X	X	Tapijttegels met CQuest Bio
<i>Buitenafwerking wand</i>	d=18 h=220	14 planken (op hoogste wand)	Planken/Latten	Eiken
<i>Ventilatie ruimte wand</i>	d=22	X	X	
<i>Binnen afwerking wand</i>	d=2,5	X	X	Plexwood
<i>Dakbedekking</i>	d=25+40+25=90	X	X	Sedum dak
<i>Glas</i>	d=8,16,8=32	X	X	HR+ (lucht gevuld)
<i>Badkamer</i>	bxl=1200x1500	X	X	X
<i>Kozijnen</i>	hxd=67x87	X	X	Staal (S235JR)
<i>Zonnepanelen</i>	1775x1038x35	5 panelen	360wp	X

Tabel 8 Invoer Grasshopper materiaal eigenschappen

De profielen zijn gekozen op basis van het materiaal waar het bedrijf al mee bekend is, of, in het geval van de buitenafwerking, op basis van onderzoeksresultaten (bio-based materialen).

Een aantal aspecten, waaronder de plek en afmetingen van de kozijnen, is afhankelijk van de ontwerpkeuzes van de eindgebruiker. Doordat er gedurende dit afstudeerproject niet zo zeer wordt gekeken naar de inrichting van het tiny house, maar vooral naar de constructieve en bouwfysische aspecten, wordt er voor het eindresultaat een aanname gedaan voor wat betreft de indeling van het tiny house. Hier worden vervolgens alle berekeningen op gebaseerd.

Aanname inrichting:

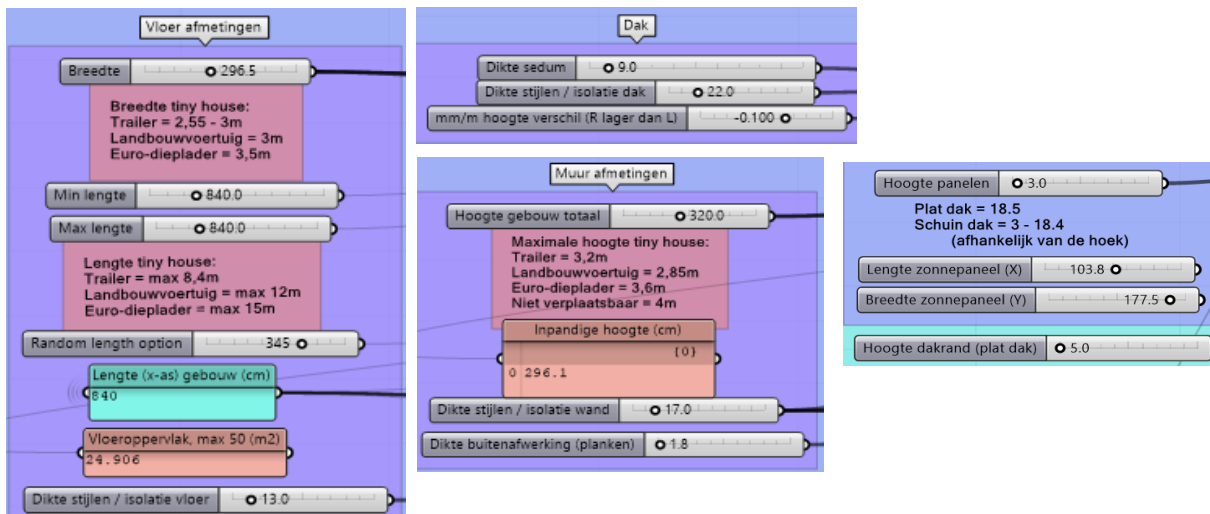


Figuur 10 Aanname inrichting

## Ontwerpproces

In deze paragraaf worden de toegepaste parameters uitgelegd, in de bijgevoegde video wordt, aan de hand van Grasshopper en Tekla, het effect van veranderingen in een aantal parameters getoond. Alle afmetingen in Grasshopper zijn in centimeters.

Om te beginnen moet het gebouw bepaalde basis afmetingen meekrijgen. Deze worden in Grasshopper dus ook als eerst aangepast. Voor de vloer, de wanden en het dak zijn verschillende parameters gegroepeerd zoals te zien in afbeelding 12. Voor de gebruiker zijn er hulpblokken bij gezet. Hierin is te zien wat, voor wat betreft een tiny house, de minimale en maximale afmetingen zijn. De schuifjes kunnen niet buiten deze afmetingen komen om te voorkomen dat er een ontwerp uit komt die niet meer voldoet aan de eisen van een tiny house. Extra opties bij de basis afmetingen zijn de zonnepanelen en de dakrand.

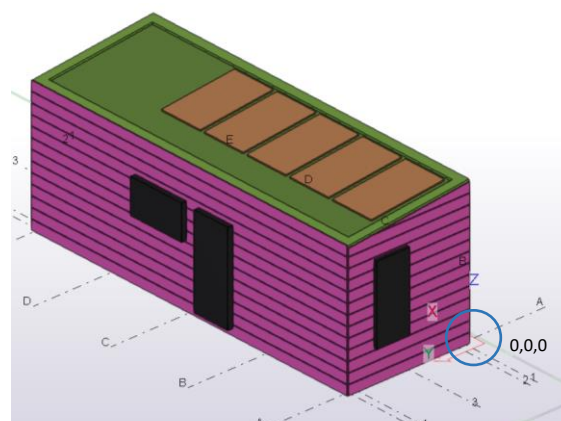


Figuur 11 Parameters Grasshopper 1

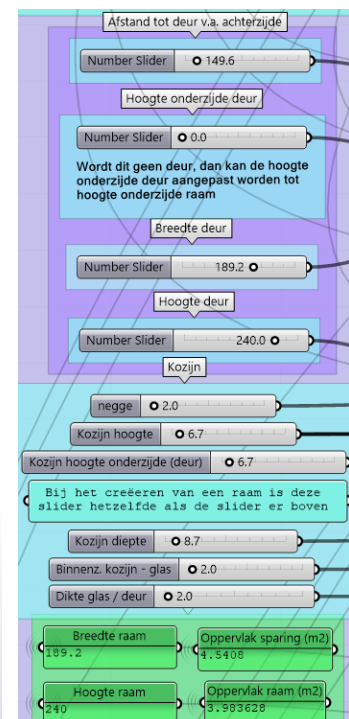
Voor de lengte van het gebouw is het mogelijk een willekeurige lengte uit het programma te krijgen door de minimale en maximale afmeting aan te geven en vervolgens met de 'random length option' te schuiven.

Wanneer de basisvorm is gecreëerd kunnen de sparringen voor ramen en deuren ingevoerd worden.

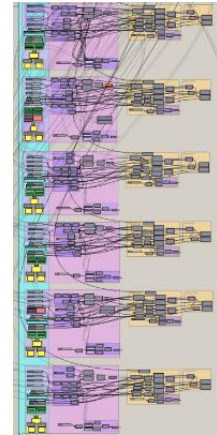
De sparringen hebben een afstand vanaf een hoek. Deze hoek is het nulpunt en ligt op de hoek tussen de rechterzijde en de achterzijde, bij de kruising van stramien A en 1 (zie afbeelding 13). Vervolgens moeten ook de kozijnafmetingen ingegeven worden. Dit wordt gedaan zodat de uiteindelijke raam afmetingen, zoals te zien in de groene groep in afbeelding 13, meegenomen kunnen worden in het bouwfysisch rapport.



Figuur 12 Parameters Grasshopper 2



Het invoeren van ramen en deuren is een herhalende taak en kan dus eenvoudiger. In dit onderzoek is gekozen voor een maximum van zes springen, twee per lange zijde en één per korte zijde, welke bijna een exacte script kopie van elkaar zijn. Wel is er voor gekozen de eindgebruiker de vrijheid te geven van het kiezen waar de sparing in de wand komt. Dit omdat de plaatsing grotendeels afhankelijk is van wat de indeling van het tiny house wordt. De sparingen zijn individueel uit te zetten zodat men niet vast zit aan de standaard zes sparingen. In afbeelding 14 is de herhalende taak weergegeven.



Figuur 13 Herhaling in Grasshopper

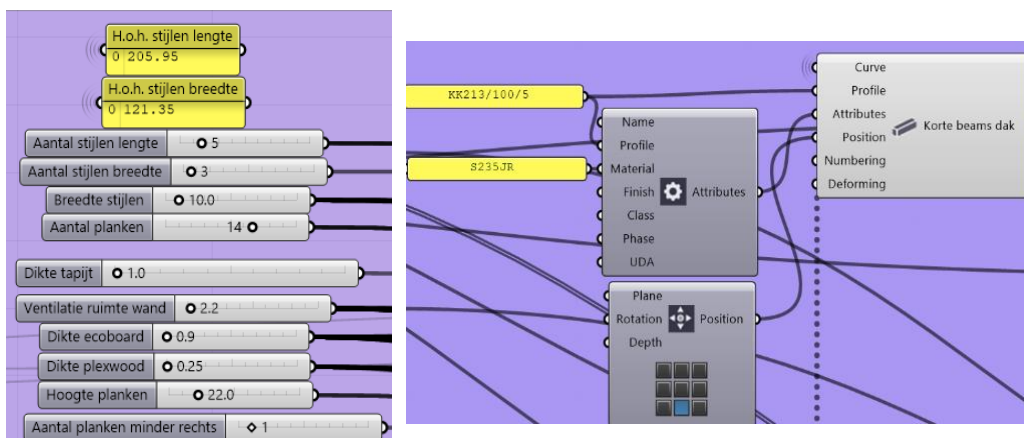
Voor de uiteindelijke afmetingen van het tiny house is het belangrijk te weten wat de afmetingen zijn van de materialen. Ook dit moet dus ingevoerd worden.

Wanneer alle parameters zijn ingevuld geeft Grasshopper alle oppervlaktes van de materialen waardoor dit makkelijker inkopen is. Dit wordt berekend met de gegevens die eerder ingevuld zijn voor het ontwerp en passen zich automatisch aan wanneer het ontwerp aangepast wordt.



Figuur 14 Afmetingen materialen Grasshopper

Verder is er een onderdeel in grasshopper dat tot Tekla eindconstructie is benoemd. Hiermee wordt het Rhino/Grasshopper bestand omgezet tot Tekla bestand. Per constructiedeel (constructie, kozijnen, binnen afwerking, etc.) kan het materiaal worden aangegeven zoals te zien in afbeelding 16.



Figuur 6 Parameters Grasshopper 3 en Tekla live-link blokken

Als laatste is er ook een optie in Grasshopper geprogrammeerd waarmee de onderdelen in Tekla opnieuw ingeladen kunnen worden wanneer er aanpassingen gedaan zijn. Zo is het ook mogelijk om alleen de constructie in te laden mocht dit gewenst zijn.



Figuur 7 Tekla live link onderdelen refresh



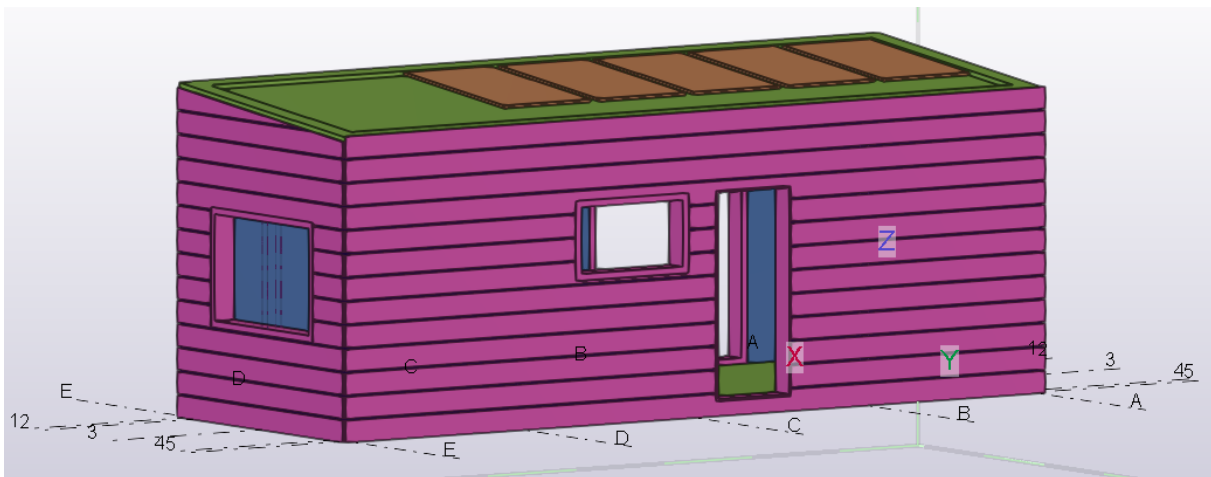
## 13. Tekla

### Wat is Tekla?

Tekla Structures is een BIM programma waarin ontwerpen uitgewerkt kunnen worden met verschillende materialen zoals hout, beton en staal. Dit wordt gedaan aan de hand van 3D modelleren waaruit materiaallijsten en zowel 2D als 3D tekeningen verkregen kunnen worden.

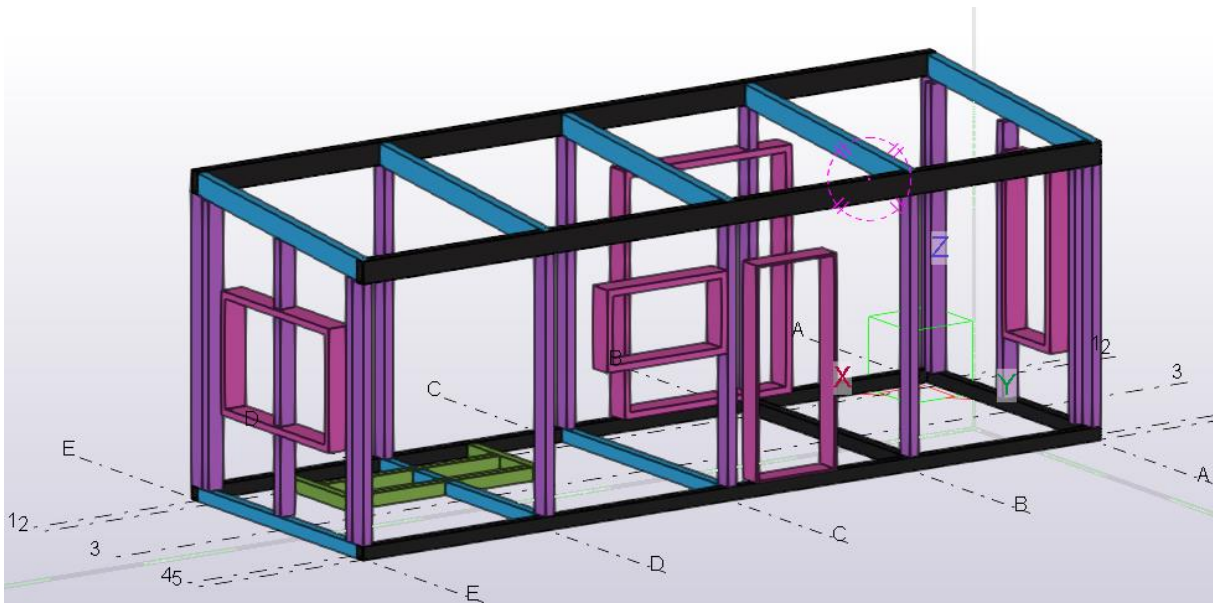
### Tekla eindresultaat

Het eindresultaat in Tekla is een tiny house bestaande uit verschillende onderdelen met elk een eigen materiaal. Dit wordt aangegeven met de verschillende kleuraanduidingen. Met behulp van grasshopper is het niet gelukt ook de onderlinge verbindingen aan te geven in Tekla. Dit zal dus achteraf met de hand ingetekend moeten worden. Wel is hiermee al duidelijk te zien wat de vorm wordt en waar de deur/raam sparingen geplaatst worden.



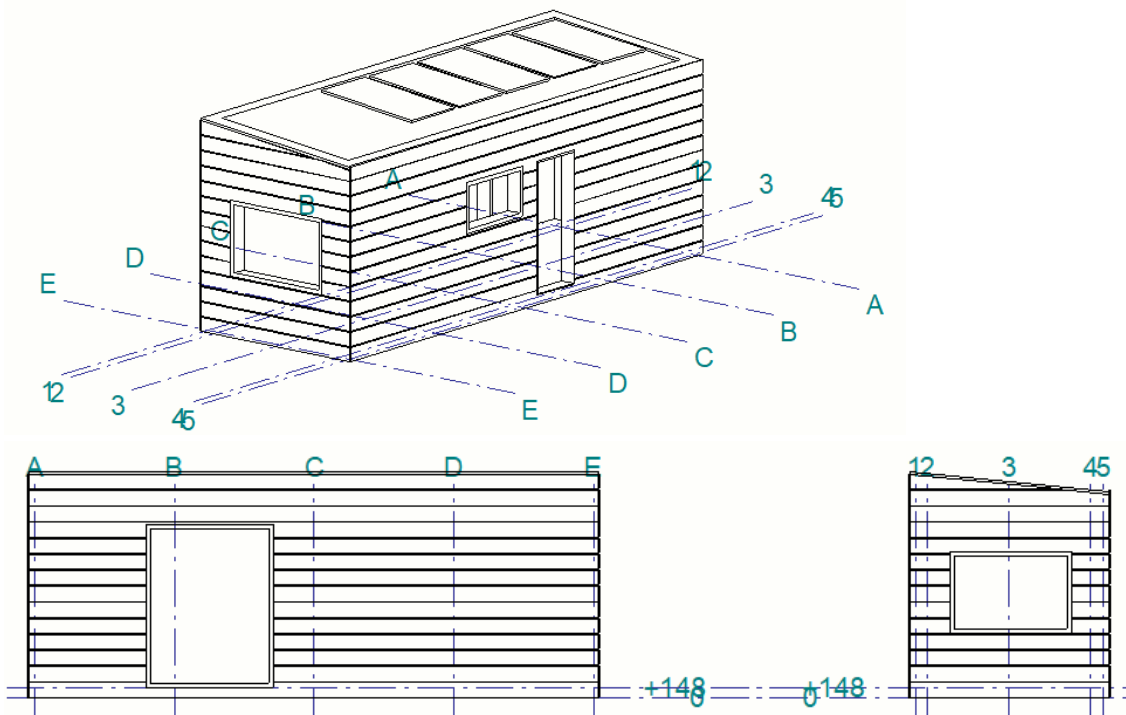
Figuur 87 Tekla uitkomst

Zoals in hoofdstuk 12 al vermeld, is het ook mogelijk alleen de constructie in beeld te brengen. Hierin worden dan de hoofddraagconstructie en de kozijnen getoond. De stelkozijnen moeten net als de verbindingen later worden toegevoegd en zijn dus niet te zien als resultaat uit Grasshopper. Wanneer gekozen wordt alleen de constructie te tonen zijn de kozijn sparingen hier nog niet uit gehaald. Dit betekent dat de kolommen nog door de kozijnen heen getekend zijn, tenzij ook de kozijn sparingen opnieuw geladen worden. Verder zijn een aantal liggers zwart in plaats van blauw. Dit komt doordat deze liggers doorsneden zijn t.b.v. het plaatsen van andere liggers. Voor wat betreft de eigenschappen zijn de zwarte liggers exact hetzelfde als de blauwe liggers.



Figuur 98 Tekla uitkomst constructie

Uit de bovenstaande resultaten in Tekla zijn ook de 2D productietekeningen en onderdeellijsten te halen. In figuur 19 wordt een voorbeeld getoond van deze tekeningen.



Figuur 109 productie tekeningen (niet op schaal)

## 14. Conclusie

Om tot een conclusie te komen worden eerst alle deelvragen en de hoofdvraag beantwoord.

### Deelvragen:

- Wat wordt verstaan onder 'tiny houses'? (hoofdstuk 3)
  - o Een tiny house is een nieuwe vorm van wonen met een duidelijke duurzame gedachtegang hierachter, namelijk "genoegen nemen met genoeg en zien wat echt belangrijk is". Het zijn kleine, vaak mobiele, vrijstaande woningen met maximaal vijftig vierkante meter vloeroppervlak. Er zijn drie tiny house varianten, namelijk verrijdbaar, drijvend en de vaste standplaatsen. Tiny houses zijn bedoeld voor maximaal twee personen. Meer personen wordt afgeraden in verband met het maximale vloeroppervlak, maar is wel mogelijk.
  - o Tiny houses zijn vaak zelfvoorzienend in verband met de transportmogelijkheden. Dit wordt gedaan door bijvoorbeeld zonnepanelen, een waterdestillator, een regenton, een zonneboiler en een accu.
  - o In een tiny house bevinden zich dezelfde functies als in een 'normale' woning. Dit zijn de verblijfsruimtes (woonkamer, slaapkamer en keuken), de natte ruimtes (badkamer/toilet), de technische ruimte en verkeersruimte.
- Welke materialen worden gebruikt voor het tiny house? (bijlage 1)
  - o In principe kunnen alle materialen gebruikt worden voor het bouwen van een tiny house. Wel is het zo dat het bij tiny houses de bedoeling is zo milieu vriendelijk mogelijk te bouwen waardoor het verstandig is bio-based materialen toe te passen. Hierdoor wordt de ecologische voetafdruk van het huisje kleiner.
  - o Voor het tiny house binnen dit onderzoek worden de volgende materialen toegepast:

Vloer	Wanden	Dak	Constructie
Ecoboard	Houten planken	Ecoboard	Stalen kokers
Bioplastic folie	Bioplastic folie	Biofoam korrels	
Biofoam korrels	Ecoboard	Bioplastic folie	
Tapijttegels met CQuest Bio	Biofoam korrels	Sedum dak	
	Plexwood		

Tabel 9 Toegepaste materialen Grasshopper

- Wat is parametrisch ontwerpen? (hoofdstuk 7)
  - o Parametrisch ontwerpen is een snel aan te passen visuele ontwerpmethode welke werkt aan de hand van parameters, ofwel variabelen, waartussen onderlinge relaties aangegeven worden. Hierbij wordt vaak als uitgangspunt genomen het vereenvoudigen van het ontwerpproces bij in de toekomst

gelijke of complexe projecten. Parametrisch ontwerpen kan dus gezien worden als een hulpmiddel bij het ontwerpen van de toekomst. Door de vele beschikbare plug-ins is het mogelijk Grasshopper te verbinden met vele andere tekenprogramma's.

- Voor het parametrisch ontwerpen is gekozen Grasshopper binnen Rhino te gebruiken. Grasshopper werkt met programmeer blokken die aan elkaar verbonden worden om de coördinaten van een punt of een lijn te bepalen. Hierop gaat Tekla door met de materiaal- en profielgegevens van de onderdelen. Dit gebeurt met de Tekla live-link plug-in.
  
- Welke parametrische variabelen hebben invloed op deze casus? (hoofdstuk 7)
  - Er zijn een aantal basis variabelen die invloed hebben op het ontwerp. Zo zijn onder andere de lengte, breedte en hoogte van belang, maar ook de dikte, vorm en het materiaal van de elementen en de afmetingen van de sparingen. In het geval van dit tiny house worden ook de zonnepanelen en een deel van het inrichtingsplan meegenomen.
  
- Hoe voldoet het eindontwerp constructief? (hoofdstuk 11)
  - Voor de constructie zijn de volgende profielen toegepast: KK130/100/5, KK180/100/5 en KK220/100/5. Deze afmetingen zijn voort gekomen uit het bouwfysisch rapport.
  - Uit de handberekeningen is gebleken dat de constructie ruimschoots voldoet aan de constructieve eisen zoals gesteld in de NEN-normen. Uit de unity-checks komt namelijk een maximale waarde van 0,15 waar 1 is toegestaan. Dit betekent dat de constructie kleiner gemaakt kan worden, echter betekent dit ook dat er een andere, dunnere, betere isolatie toegepast moet worden. Deze andere isolatiesoort is mogelijk niet bio-based en wordt dus ook niet meegenomen in de berekeningen omdat het uitgangspunt een zo klein mogelijke ecologische voetafdruk is.
  
- Hoe kunnen de onderzoeksresultaten/variabelen worden verwerkt in een ontwerp-model?
  - De verschillende eisen en wensen die uit het onderzoek zijn gekomen, worden omgezet naar parameters. Het gaat dan om de belangrijkste parameters zoals hierboven beschreven. Deze parameters worden verwerkt in Grasshopper om zo met behulp van Tekla en de Tekla live-link omgezet te kunnen worden tot een bruikbaar model. Hier moeten alleen de verbindingen en stelkozijnen handmatig aan toegevoegd worden.

### Hoofdvraag / Eindconclusie:

“Hoe kan parametrisch ontwerpen (Grasshopper (Tekla)) worden toegepast op zowel het ontwerp als de constructie van tiny houses?”

Parametrisch ontwerpen, een snel aan te passen visuele ontwerpmethode, kan worden toegepast bij zowel het ontwerpen als het berekenen van tiny houses. Wel is het zo dat dit op grote schaal meer rendabel is dan op kleine schaal.

Voor het ontwerpen is het van belang te weten wat een tiny house is, welke eisen hieraan gesteld worden en welke materialen toegepast gaan worden. Deze punten kunnen dan als parameters aan elkaar verbonden worden waarna elke kleine aanpassing direct invloed heeft op alle opgegeven onderdelen.

Ook voor de constructieve berekeningen is het mogelijk Grasshopper te gebruiken. Hier is echter meer tijd en kennis van het programma voor nodig.

## 15. Bronnen

---

- Agepan DWD protect.* (2021). Opgehaald van Eurabo: <https://www.eurabo.be/nl/producten/agepan-dwd-protect-fsc>
- Best practices parametrisch ontwerpen.* (2021, Februari). Opgehaald van KPCV: <https://kpcv.nl/wp-content/uploads/2021/02/20210216-Best-practices-parametrisch-ontwerpen.pdf>
- Biobased materialen.* (2021). Opgehaald van biobasedpackaging:  
<http://www.biobasedpackaging.nl/materialen/#:~:text=De%20term%20'biobased'%20zegt%20enkel,eiwitten%20of%20via%20micro%20organismen.>
- Biobased producten.* (sd). Opgehaald van Biobased bouwen: <https://www.biobasedbouwen.nl/producten/>
- Dampdoorlatende folie gewapend.* (2021). Opgehaald van Vendrig:  
[https://vendrigpackaging.com/bouwfolie/946-dampdoorlatende-folie-gewapend-op-rol.html?gclid=Cj0KCQiA1KiBBhCcARIsAPWqoSrVG26W9JE-BnH7PiquYt9HRHrGU\\_ojIh\\_w3hbKAdT\\_-uPJ7PZbXckaArSOEALw\\_wcB](https://vendrigpackaging.com/bouwfolie/946-dampdoorlatende-folie-gewapend-op-rol.html?gclid=Cj0KCQiA1KiBBhCcARIsAPWqoSrVG26W9JE-BnH7PiquYt9HRHrGU_ojIh_w3hbKAdT_-uPJ7PZbXckaArSOEALw_wcB)
- Dit drijvende tiny house komt uit de 3D printer.* (2020, Juni). Opgehaald van HetKanWel:  
<https://www.hetkanwel.nl/2020/06/24/dit-drijvende-tiny-house-komt-uit-de-3d-printer/>
- Het klimaatvraagstuk als nieuwe sociale kwestie.* (sd). Opgehaald van De sociale alliantie:  
<https://www.socialealliantie.nl/index.php/achtergronden/thema-klimaat-en-armoede/het-klimaatvraagstuk-als-nieuwe-sociale-kwestie>
- Inventum Boiler.* (2021). Opgehaald van Bol.com: [https://www.bol.com/nl/p/inventum-q-line-20-liter-boiler/9200000097647630/?bltgh=hdWPxTcqus6eKKw1iNtEsQ.rio18syUGjvsmCCbMMpLDA\\_0\\_3.4.ProductTitle](https://www.bol.com/nl/p/inventum-q-line-20-liter-boiler/9200000097647630/?bltgh=hdWPxTcqus6eKKw1iNtEsQ.rio18syUGjvsmCCbMMpLDA_0_3.4.ProductTitle)
- Milieuclassificaties.* (2021). Opgehaald van Nibe: <https://www.nibe.info/nl>
- NEN-EN 1990 . (2011). *Eurocode 0.*
- NEN-EN 1991. (2007). *Eurocode 1 - Windbelasting.*
- NEN-EN 1991. (2007). *Eurocode 1 - Algemene belastingen.*
- NEN-EN 1993. (2007). *Eurocode 3 - Staalconstructies.*
- Norbord sterling OSB-3-zero constructieplaat.* (2021). Opgehaald van groene bouwmaterialen:  
<https://www.groenebouwmaterialen.nl/osb3-zero-constructieplaat.html>
- Overheid.nl Sittard-Geleen.* (2018, Maart). Opgehaald van Gemeentebld Sittard-Geleen:  
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/gmb-2019-98079.html>
- Parametrisch ontwerpen.* (sd). Opgehaald van Joost de Vree:  
[https://www.joostdevree.nl/shtmls/parametrisch\\_ontwerpen.shtml](https://www.joostdevree.nl/shtmls/parametrisch_ontwerpen.shtml)
- Portable water destilleerder.* (sd). Opgehaald van Meditech Europe:  
<https://www.meditechurope.nl/md4-water-distiller-with-rvs-filter.html>
- Rainmaster-garden.* (sd). Opgehaald van Hydrotense Europe:  
[https://www.hydrotense.eu/epages/491664435.sf/nl\\_NL/?ObjectPath=/Shops/491664435/Products/RW-PW.HM-NAF001](https://www.hydrotense.eu/epages/491664435.sf/nl_NL/?ObjectPath=/Shops/491664435/Products/RW-PW.HM-NAF001)

*Regenwater opvangen.* (2021). Opgehaald van Homedeal:

<https://www.homedeal.nl/inspiratie/tuin/regenwater-opvangen-zo-bespaar-tientallen-euros/#:~:text=De%20meest%20voor%20de%20hand,de%20regenpijp%20in%20het%20reservoir>

*Tiny house en natuur een tweetje.* (2018, Juli 27). Opgeroepen op April 2021, van Tiny house nederland: <https://tinyhousenederland.nl/tiny-houses-en-natuur-een-een-tweetje/>

*Tiny house op wielen.* (2020, Oktober 24). Opgehaald van Veranderende wereld: <https://veranderendewereld.nl/tiny-house-op-wielen/>

*Tiny house, een nieuw fenomeen lezing.* (2015). Opgehaald van Bugelhajema: <https://www.bugelhajema.nl/tinyhouses.html>

*Verplaatsbaarheid van een tiny house.* (2021). Opgehaald van Tiny house nederland: <https://www.tinyhousenederland.nl/verplaatsbaarheid-van-een-tiny-house/>

*Waarom wonen in een tiny house?* (2020, Juni 27). Opgehaald van Veranderende wereld: <https://veranderendewereld.nl/waarom-wonen-in-een-tiny-house/>

*Warmte- en geluidsisolatie.* (sd). Opgehaald van Groendak: <https://www.groendak.nl/groendak-voordelen/warmte-en-geluidsisolatie/>

*Wat is een thuisaccu.* (2019). Opgehaald van Essent: <https://www.essent.nl/kennisbank/zonnepanelen/hoe-werken-zonnepanelen/thuisaccu>

*Wat zijn Tiny Houses (niet)?* (2021). Opgehaald van Tiny House Nederland: <https://tinyhousenederland.nl/ik-wil-tiny/wat-zijn-tiny-houses/>

*Welke regels gelden er voor het rijden met een paardentrailer?* (sd). Opgehaald van DAS: <https://www.das.nl/juridische-informatie/reizenverkeer/reisgeschillen/2-autoreis/in-nederland/bijzonder-vervoer/paardentrailer/welke-regels-gelden-er-voor-het-rijden-met-een-paardentrailer#:~:text=Maximale%20last%20en%20massa&text=Dit%20kunt%20u%20terugvi>

*Zelfvoorzienend leven.* (2019). Opgehaald van Essent: <https://www.essent.nl/kennisbank/energie-besparen/zelfvoorzienend-leven/zelfvoorzienend-leven>

## Bijlagen

---

1. Bio-based materialen
2. Bouwbesluit eisen
3. Zelfvoorzienende maatregelen
4. Vervoersmogelijkheden
5. Enquête
6. Enquête resultaten
7. Bouwfysisch rapport
8. Constructief rapport
9. Tekeningen



## Bijlage 1 – Bio-based materialen

Bio-based houdt in dat het materiaal is gemaakt met hernieuwbare grondstoffen van natuurlijke oorsprong zonder ongezonde uitwaseming van chemische stoffen. Dit zijn grondstoffen zoals mais, suikerriet en hout en in de toekomst ook restmaterialen en afvalstromen. Er zijn een aantal opties wanneer het gaat om bio-based producten, per categorie worden er twee varianten uitgewerkt. Hierbij gaat het om de volgende basiscategorieën:

1. Gevelbekleding
2. Waterkering
3. Isolatie
4. Constructieve platen
5. Wand afwerking
6. Vloerafwerking
7. Dakbedekking
8. Draagconstructie

(Milieuclassificaties, 2021)

## 1. Gevelbekleding

- Houten gevelbekleding, zoals western red cedar of thermisch gemodificeerd vuren of grenen, is een optie die veel mensen al kennen en vaak toegepast wordt. Dit materiaal is ook makkelijk te hergebruiken en komt in verschillende kleuren. Ook is het met hout mogelijk verschillende gevel beelden te creëren.



Belangrijke eigenschappen (western red cedar)

<b>Dikte</b>	+/-18mm
<b>Soortelijk gewicht</b>	370kg/m <sup>3</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Klasse D (EN13501)
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed
<b>UV-bestendigheid</b>	Niet. Vergrijst.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	Klasse 1a
<b>Demontabel</b>	Wanneer vastgeschroefd

<https://www.nibe.info/nl/members#group-89-106>

- Een minder bekende optie is de Kerloc keramische plaat. Kerloc wordt gemaakt van vezels van restmateriaal uit de land-, tuin- en bosbouw en wordt gevormd door een exothermische reactie bij een lage temperatuur. De esthetische afwerking wordt gedaan met een minerale coating KEIM. Hierdoor ontstaat er geen effect op het recycleproces.



Een aandachtspunt van dit product is dat het geventileerd dient te worden aangebracht.

Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte</b>	10mm
<b>Soortelijk gewicht</b>	18.5kg/m <sup>2</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Minimaal A1 (EN13501)
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed
<b>UV-bestendigheid</b>	20 jaar kleurvast garantie (coating)
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Niet biologisch afbreekbaar
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	8-11kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup>

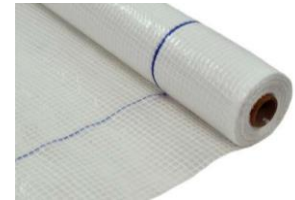


<https://www.biobasedbouwen.nl/producten/keramische-gevelbekleding-kerloc/>

## 2. Waterkerende lagen

Voor de waterkerende laag wordt vaak een plastic soort toegepast. Plastic is niet bepaald milieuvriendelijk en daarom gaan we opzoek naar een materiaal dat gemaakt wordt van natuur producten.

- Bioplastic is een hernieuwbaar plastic van polymelkzuur en wordt in de bouw nog maar beperkt toegepast.



Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte</b>	?
<b>Soortelijk gewicht</b>	0.08kg/m <sup>2</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	?
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Goed
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	?
<b>Milieuclassificatie</b>	?

[https://vendrigpackaging.com/bouwfolie/946-dampdoorlatende-folie-gewapend-op-rol.html?gclid=Cj0KCQjA1KiBBhCcARIsAPWqoSrVG26W9JE-BnH7PiquYt9HRHrGU\\_ojIh\\_w3hbKAdT\\_-uPJ7PZbXckaArS0EALw\\_wcB](https://vendrigpackaging.com/bouwfolie/946-dampdoorlatende-folie-gewapend-op-rol.html?gclid=Cj0KCQjA1KiBBhCcARIsAPWqoSrVG26W9JE-BnH7PiquYt9HRHrGU_ojIh_w3hbKAdT_-uPJ7PZbXckaArS0EALw_wcB)

(Dampdoorlatende folie gewapend, 2021)

- Een waterkerende damp-open houtvezelplaat is een geschikt alternatief voor de folies. Deze watervaste en damp diffuse plaat kan makkelijk aan de koude zijde van de gevel geplaatst worden. Ook worden de platen formaldehydevrij verlijmd waardoor recycelen beter verloopt.



Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte</b>	16mm
<b>Soortelijk gewicht</b>	9.04kg/m <sup>2</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Klasse D
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	?
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?

<https://www.eurabo.be/nl/producten/agepan-dwd-protect-fsc> (Agepan DWD protect, 2021)

### 3. Isolatie

Voor de isolatie heb ik twee verschillende bio-based materialen gevonden met een relatief lage lambda waarde.

- Thermo natur jute 100 is een isolatie plaat of rol vrij van schadelijke stoffen. Deze platen worden gemaakt van jute cacao zakken. De zakken zijn eenmalig goed als verpakkingsmateriaal maar daarna zeer goed te hergebruiken en op te waarden naar een grondstof voor isolatie. Een bijkomend voordeel is dat het materiaal geen voedingsstoffen bevat voor ongedierte.



#### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte (platen)</b>	30-220mm
<b>Thermische isolatie</b>	0,0359m <sup>2</sup> K/W (EN1602:2013)
<b>Soortelijk gewicht</b>	34-40kg/m <sup>3</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	B2 klasse E (EN13501)
<b>Vochtbestendigheid</b>	Vochtregulerend
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Afvalsleutel (EAK) 170604
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	
<b>Milieuclassificatie</b>	Naturplus

<https://www.biobasedbouwen.nl/producten/thermo-natur-isolatiemateriaal/>

- Biofoam korrels hebben vrijwel dezelfde eigenschappen als EPS. Het verschil is dat EPS gemaakt wordt met fossiele grondstoffen terwijl biofoam wordt gemaakt van plantaardige grondstoffen. De biofoam parels worden gemaakt door melkzuur te polymeriseren en op te schuimen met CO<sup>2</sup> dat uit de lucht wordt gehaald. Het melkzuur komt van restmateriaal als cassaveschillen.



#### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte (platen)</b>	-
<b>Thermische isolatie</b>	0,034m <sup>2</sup> K/W
<b>Soortelijk gewicht</b>	15-20kg/m <sup>3</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	B2 klasse E
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Industrieel composteerbaar
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Nee
<b>Milieuclassificatie</b>	9.26kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup>

<https://www.biobasedbouwen.nl/producten/biofoam-isolatie-korrels/>

#### 4. Constructieve afwerkingsplaat

- De OSB3 Zero plaat is afkomstig uit duurzaam beheerde bossen en beschikt over het FSC-keurmerk. Deze plaat kan zowel in vochtige als in droge ruimtes toegepast worden.



##### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte (platen)</b>	9/10/11/12/15/18/20/22/24mm
<b>Thermische isolatie</b>	0.13m <sup>2</sup> K/W
<b>Soortelijk gewicht</b>	620kg/m <sup>3</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Klasse D
<b>Vochtbestendigheid</b>	Redelijk (watervaste lijm)
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Moeilijk
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?

<https://www.groenebouwmaterialen.nl/osb3-zero-constructieplaat.html>

(Norbord sterling OSB-3-zero constructieplaat, 2021)

- Ecoboard is gemaakt van land- en tuinbouwresten als stro of riet. De ecoboards zijn te gebruiken als constructieve afwerkingsplaat door de goede structurele, brandwerende en waterbestendige eigenschappen.



##### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte (platen)</b>	9mm
<b>Thermische isolatie</b>	?
<b>Soortelijk gewicht</b>	400kg/m <sup>3</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Klasse B (NEN13501)
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	97%
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?

<https://www.biobasedbouwen.nl/producten/biobased-plaatmateriaal-ecoboard/>

## 5. Binnenzijde wand afwerking

- Plexwood is een houtfineer beschikbaar in negen verschillende houtsoorten. Dit is veel sterker dan normaal gezaagd hout door de kruislingse verlijming. Hiervoor wordt geen op formaldehyde gebaseerde lijm toegepast om zo te voorkomen dat het hout niet gerecycled kan worden en het een negatief effect heeft op de natuur.



### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte (platen)</b>	12mm(MDF) + 2,5mm(Plexwood)
<b>Thermische isolatie</b>	?
<b>Soortelijk gewicht</b>	400kg/m <sup>3</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Klasse D, (Met brandvertragende MDF, klasse B)
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed, bij gebruik vochtwerend MDF
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	100%
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?

- Ecoboard is gemaakt van land- en tuinbouwresten als stro of riet. De ecoboards zijn ook te gebruiken als constructieve afwerkingsplaat door de goede structurele, brandwerende en waterbestendige eigenschappen.



### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte (platen)</b>	?
<b>Thermische isolatie</b>	?
<b>Soortelijk gewicht</b>	400kg/m <sup>3</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Klasse B (NEN13501)
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	97%
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?

<https://www.biobasedbouwen.nl/producten/biobased-plaatmateriaal-ecoboard/>



## 6. Vloer afwerking

- Tapijttegels met CQuest Bio hebben nieuwe innovatieve materialen in de backing waardoor de CO<sub>2</sub>-voetafdruk met een derde wordt verlaagd.

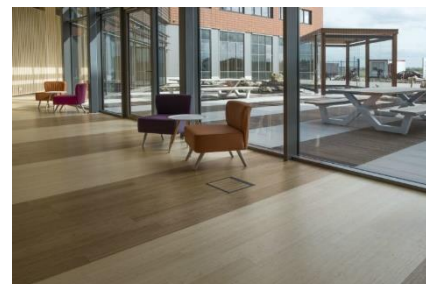


### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte (platen)</b>	10mm
<b>Thermische isolatie</b>	0,09m <sup>2</sup> K/W
<b>Soortelijk gewicht</b>	3,704kg/m <sup>2</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Bfl-s1 (EN13501)
<b>Vochtbestendigheid</b>	n.v.t.
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	?
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?



- Moso Bamboe vloer wordt verkregen uit in de lengte doorgezaagde bamboestengels. Er is een optie om formaldehyde-vrije lijm te gebruiken. Bamboe is een alternatief voor hardhouten parket vloeren en wordt onbehandeld toegepast.



### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte (platen)</b>	?
<b>Thermische isolatie</b>	0,1485m <sup>2</sup> K/W
<b>Soortelijk gewicht</b>	700kg/m <sup>3</sup>
<b>Brandwerendheid</b>	Dfl-s1 (EN13501)
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed
<b>UV-bestendigheid</b>	Goed
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Composteerbaar
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?

## 7. Dakbedekking

- Riet als dakbedekking op schuine daken is al eeuwen oud. Riet kan op twee manieren vast gemaakt worden, namelijk vast gebonden op latten of, moderner, op een schroefdak constructie. Op de latten bevestigen is minder makkelijk geïsoleerd en tochtvrij te maken. Ook voor de brandveiligheid geldt hier een hoger risico. Aan deze eisen wordt dus wel voldaan bij de moderne schroefdak constructie. Het aanbrengen van zonnepanelen is bij een rieten dak wel lastig



### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte</b>	300mm
<b>Thermische isolatie</b>	0,45m <sup>2</sup> K/W
<b>Soortelijk gewicht</b>	?
<b>Brandwerendheid</b>	Nee
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed, mits goed verwerkt
<b>UV-bestendigheid</b>	Goed, grijs verkleurend
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Goed
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?

<https://www.biobasedbouwen.nl/producten/rieten-daken/>

- Een groen dak biedt zowel een waterdicht als een goed geïsoleerd (warmte en geluid) dak op platte, maar ook schuine daken. Ook laat een groen dak de biodiversiteit op locatie toenemen. Een bijkomend voordeel voor de opdrachtgever is dat gemeentes vaak een subsidie beschikbaar stellen voor groene daken.



### Belangrijke eigenschappen

<b>Dikte</b>	Afhankelijk van soort vegetatie
<b>Thermische isolatie (lambda)</b>	?
<b>Soortelijk gewicht</b>	Afhankelijk van soort vegetatie
<b>Brandwerendheid</b>	18-24x beter dan bitumen
<b>Vochtbestendigheid</b>	Goed, mits waterkerende laag onder het groen
<b>UV-bestendigheid</b>	Goed
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Gedeeltelijk
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	?

<https://www.sempergreen.com/nl/doelgroepen/eindgebruiker/groendak-voor-consumenten>



## 8. Draagconstructie

- Gelamineerde houten liggers en kolommen zijn gemaakt van dunne lamellen die zijn verlijmd. Hiermee kunnen grote ruimtes overspannen worden. Qua vorm kunnen gelamineerde houten liggers vele kanten op. Een ander voordeel is het relatief lage eigen gewicht. Hierdoor zou dit een goede optie zijn wanneer het tiny house met een trailer vervoerd wordt.



### Belangrijke eigenschappen

Dikte	
<b>Thermische isolatie</b>	0,12W/m <sup>2</sup> K
<b>Soortelijk gewicht</b>	450-530kg/m <sup>3</sup> (afh. Soort hout)
<b>Brandwerendheid</b>	Klasse D, tot 120min.
<b>Vochtbestendigheid</b>	Afh. Soort hout / klimaatsklasse
<b>UV-bestendigheid</b>	n.v.t.
<b>Biologische afbreekbaarheid</b>	Goed
<b>Recyclebaar/Herbruikbaar</b>	Ja
<b>Milieuclassificatie</b>	-198,87 kg CO <sub>2</sub> eq

<https://www.biobasedbouwen.nl/producten/gelamineerde-houtconstructies-de-groot-vroomshoop/>

## Bijlage 2 – Bouwbesluit eisen

### Standaard eisen

#### - Geluid:

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 3, Afdeling 3.1, Artikel 3.2)*

Een uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied heeft een volgens NEN 5077 bepaalde karakteristieke geluidwering met een minimum van 20 dB.

#### - Vocht:

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 3, Afdeling 3.5, Artikel 3.21)*

Een uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte is, bepaald volgens NEN 2778, waterdicht.

#### - Luchtverversing:

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 3, Afdeling 3.6, Artikel 3.29)*

Een verblijfsgebied heeft een voorziening voor luchtverversing met een volgens NEN 1087 bepaalde capaciteit van ten minste 0,9 dm<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> vloeroppervlakte met een minimum van 7 dm<sup>3</sup>/s.

Onverminderd het eerste tot en met derde lid heeft een verblijfsgebied of een verblijfsruimte, met een opstelplaats voor een kooktoestel als bedoeld in artikel 4.38 een voorziening voor luchtverversing met een volgens NEN 1087 bepaalde capaciteit van ten minste 21 dm<sup>3</sup>/s.

Een toiletruimte heeft een voorziening voor luchtverversing met een capaciteit van ten minste 7 dm<sup>3</sup>/s, bepaald volgens NEN 1087.

Een badruimte heeft een voorziening voor luchtverversing met een capaciteit van ten minste 14 dm<sup>3</sup>/s, bepaald volgens NEN 1087.

#### - Afvoer rookgassen:

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 3, Afdeling 3.8, Paragraaf 3.8.1, Artikel 3.49)*

Een ruimte met een opstelplaats voor een verbrandingstoestel heeft voorzieningen voor de toevoer van verbrandingslucht en de afvoer van rookgas. Een opstelplaats voor een kooktoestel met een nominale belasting van niet meer dan 15 kW, gelegen in een verblijfsruimte, blijft hierbij buiten beschouwing.

#### - Daglicht:

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 3, Afdeling 3.11, Paragraaf 3.11.1, Artikel 3.74)*

Een verblijfsgebied heeft een volgens NEN 2057 bepaalde equivalente daglichtoppervlakte in m<sup>2</sup> waarvan de getalswaarde niet kleiner is dan 10% van de vloeroppervlakte in m<sup>2</sup> van dat verblijfsgebied.

Een verblijfsruimte heeft een volgens NEN 2057 bepaalde equivalente daglichtoppervlakte die niet kleiner is dan 0,5m<sup>2</sup>.

#### - Thermische isolatie:

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 5, Afdeling 5.1, Artikel 5.3)*

Een verticale uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte, heeft een volgens NTA 8800 bepaalde warmteweerstand van ten minste 4,7m<sup>2</sup>K/W.

Een horizontale of schuine uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte, heeft een volgens NTA 8800 bepaalde warmteweerstand van ten minste 6,3m<sup>2</sup>K/W.

Een uitwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte en de grond of het water, met inbegrip van de op die constructie aansluitende delen

van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op de warmteweerstand, heeft een volgens NTA 8800 bepaalde warmteweerstand van ten minste  $3,7\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ .

Ramen, deuren en kozijnen in een in het eerste tot en met achtste lid bedoelde scheidingsconstructie hebben een volgens NTA 8800 bepaalde warmtedoorgangscoefficiënt van ten hoogste  $2,2\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ . De gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt van de ramen, deuren en kozijnen in de in het eerste tot en met achtste lid bedoelde scheidingsconstructies van een bouwwerk is, bepaald volgens een bij ministeriële regeling gegeven bepalingmethode, ten hoogste  $1,65\text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ .

### Vaste standplaats

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 4, Afdeling 4.1, Paragraaf 4.1.1, Artikel 4.1 en 4.2)*

Wanneer er wordt gekozen voor een vaste standplaats moet de woonfunctie minimaal  $18\text{m}^2$  niet-gemeenschappelijk vloeroppervlak hebben. Voor studenten is dit  $15\text{m}^2$ . Voor een groep studenten zouden dit de slaapkamers zijn, terwijl voor een gezin ook de woonkamer en keuken als niet-gemeenschappelijk wordt gezien. Verder wordt maximaal 45% van het oppervlak gebruikt voor toilet, badruimte, technische ruimte of verkeersruimte. Ten minste één verblijfsruimte heeft een oppervlak van  $11\text{m}^2$  en hierbij een breedte van 3 meter. Ook gelden er regels voor wat betreft het aantal vierkante meters per persoon. Zo mag er bij een vaste standplaats per minimaal  $12\text{m}^2$  1 persoon wonen. De minimale vrije hoogte is 2,6 meter.

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 4, Afdeling 4.2 en 4.3, Paragraaf 4.2.1, Artikel 4.8 en 4.9, 4.17 en 4.19)*

In nieuw te bouwen woningen moet ten minste 1 toiletruimte zijn van  $0,9 \times 1,2\text{m}$  en een badruimte van ten minste  $1,6\text{m}^2$  met een breedte van 0,8m. Wanneer deze ruimtes gecombineerd worden, is een oppervlak van  $2,2\text{m}^2$  en een breedte van 0,9m voldoende. Hierbij dient de hoogte minimaal 2,3 meter te zijn.

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 4, Afdeling 4.7, Paragraaf 4.7.1, Artikel 4.37, 4.38 en 4.39)*

Een te bouwen bouwwerk heeft opstelplaatsen voor een aanrecht, een kooktoestel, een verwarmingstoestel en een warmwatertoestel. Hierbij moet de opstelplaats voor het aanrecht minimaal  $1,5 \times 0,6\text{m}$  zijn, de opstelplaats voor het kooktoestel  $0,6 \times 0,6\text{m}$  en de opstelplaats voor zowel het verwarmingstoestel als het warmwatertoestel moeten worden afgestemd op het te plaatsen toestel.

### Verplaatsbaar

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 4, Afdeling 4.1, Paragraaf 4.1.2, Artikel 4.5, 4.6 en 4.7)*

Wanneer er wordt gekozen voor een vaste standplaats moet de woonfunctie minimaal  $10\text{m}^2$  niet-gemeenschappelijk vloeroppervlak hebben. Dit houdt in de slaapkamer, woonkamer en keuken. Verder wordt maximaal 45% van het oppervlak gebruikt voor toilet, badruimte, technische ruimte of verkeersruimte. Ten minste één verblijfsruimte heeft een oppervlak van  $7,5\text{m}^2$  en hierbij een breedte van 2,4 meter. Ook gelden er regels voor wat betreft het aantal vierkante meters per persoon. Zo mag er bij een vaste standplaats per minimaal  $6\text{m}^2$  1 persoon wonen. De minimale vrije hoogte is 2,1 meter.

*(Hoofdstuk 4, Afdeling 4.2 en 4.3, Paragraaf 4.2.1, Artikel 4.8 en 4.9, 4.17 en 4.19)*

In nieuw te bouwen tijdelijke woningen moet ten minste 1 toiletruimte zijn van  $0,64\text{m}^2$  met een breedte van 0,6m. Hierbij dient de hoogte minimaal 2,1 meter te zijn.

*(Bouwbesluit, Hoofdstuk 4, Afdeling 4.7, Paragraaf 4.7.1, Artikel 4.37, 4.38 en 4.39)*

Een te bouwen bouwwerk heeft opstelplaatsen voor een aanrecht, een kooktoestel, een verwarmingstoestel en een warmwatertoestel. Hierbij moet de opstelplaats voor het aanrecht minimaal  $1,5 \times 0,6\text{m}$  zijn, de opstelplaats voor het kooktoestel  $0,6 \times 0,6\text{m}$  en de opstelplaats voor zowel het verwarmingstoestel als het warmwatertoestel moeten worden afgestemd op het te plaatsen toestel.

Een te verplaatsen tiny house heeft een maximale breedte van 2,55m en 8,4m lang zodat deze op een trailer normaal over de weg kan. Een andere optie is verplaatsen met exceptioneel vervoer. In dit geval is de maximale breedte 3,5 meter en de maximale lengte 13,6m.

### Bijlage 3 – Zelfvoorzienende maatregelen

Water:

- Regenwater opvangen kan gemakkelijk worden gedaan door het water dat in de dakgoot terecht komt, door te laten stromen naar een reservoir in plaats van de grond in. Hoewel er wel mogelijkheden zijn om het reservoir binnen te plaatsen, staat deze vaak buiten opgesteld doordat de ruimte binnen minimaal is. Deze zal bij een verrijdbare tiny house dus moeten worden opgeborgen in een kleine ruimte zoals de douche tijdens transport. (Regenwater opvangen, 2021)



- Om het regenwater dusdanig te filteren zodat het bruikbaar wordt als douche, toilet en wasmachine water is er een waterfilter nodig. Deze filters halen alle vaste vuildeeltjes, zoals roest, aarde en zand, uit het water.

[https://www.hydrotense.eu/epages/491664435.sf/nl\\_NL/?ObjectPath=/Shops/491664435/Products/RW-PW.HM-NAF001](https://www.hydrotense.eu/epages/491664435.sf/nl_NL/?ObjectPath=/Shops/491664435/Products/RW-PW.HM-NAF001) (Rainmaster-garden, sd)



Hoewel dit water voor veel dingen gebruikt kan worden, is het vaak nog niet drinkbaar. Hier is nog een ander filter voor nodig.

- Voor het zuiveren van drinkwater is een destilleerder nodig. Dit systeem laat het water koken om de stoom op te vangen. Wanneer de stoom is gecondenseerd is het veranderd in puur, zuiver drinkwater.

<https://www.meditecheurope.nl/md4-water-distiller-with-rvs-filter.html> (Portable water destilleerder, sd)



## Energie:

- Een tweepersoons huishouden verbruikt per dag ongeveer 1,5 tot 2 kiloWatt aan energie voor een koelkast, mobiel, laptop, verlichting en overige kleine dingen. Om tussen Maart en Oktober genoeg energie op te kunnen wekken, zijn er ongeveer 6 zonnepanelen van 325 Wattpiek nodig. Om ook in de andere maanden genoeg stroom te hebben zijn er meerdere opties. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om nog meer zonnepanelen toe te passen en een thuisaccu om de extra stroom op te slaan voor later gebruik. Een andere, minder milieu vriendelijke optie zou zijn een aggregaat.
- Verder geven zonnepanelen in combinatie met een elektrische boiler (6 liter) ook warm water voor onder andere de kraan. Voor de douche is een grotere boiler nodig doordat je daar per minuut al zo'n 6 liter water verbruikt. Lang douchen zal dus geen optie zijn in een tiny house met deze methode.



[https://www.bol.com/nl/p/inventum-g-line-20-liter-boiler/920000097647630/?bltgh=hdWPxTcqus6eKkw1iNtEsQ.rio18syUGivsmCCbMMpLDA\\_0\\_3.4.ProductTitle](https://www.bol.com/nl/p/inventum-g-line-20-liter-boiler/920000097647630/?bltgh=hdWPxTcqus6eKkw1iNtEsQ.rio18syUGivsmCCbMMpLDA_0_3.4.ProductTitle) (Inventum Boiler, 2021)

- Zoals eerder al kort beschreven is een goede optie voor energie in de wintermaanden een thuisaccu. Deze accu's maken gebruik van Lithium-ion-batterijen. In de toekomst wordt het ook mogelijk om de thuisaccu op te laden met de stroom uit een elektrische auto. Deze is dan weer op te laden bij snel laders onderweg. Op het moment is het helaas niet mogelijk heel de winter door te komen hiermee en zal er dus nog een extra energiebron moeten zijn.
- Ten slotte is ook de ouderwetse houtkachel mogelijk. Hiermee is de lucht in de ruimte te verwarmen, maar met een paar aanpassingen is ook het douche water op te warmen. Let hierbij wel op dat de juiste grootte houtkachel gekozen wordt om te voorkomen dat de tiny house een sauna wordt. Een plus punt is dan weer dat er een pannetje water op verwarmd kan worden voor bijvoorbeeld de thee of soep, maar ook de aardappelen.



## Bijlage 4 – Vervoersmogelijkheden

Voor wat betreft de verplaatsbaarheid van de tiny house zijn er een aantal mogelijkheden. Bij deze opties horen natuurlijk ook maximale afmetingen en belastingen. Hieronder worden al deze opties zo ver mogelijk uitgewerkt.

### Trailer

In Nederland kun je een tiny house zelf verplaatsen wanneer deze op een trailer staat. Dit kan al met een BE rijbewijs. Deze trailer heeft een maximale lengte van 12 meter, echter is 8,4 meter de maximaal te belasten lengte. Verder is de trailer 2,55 meter breed en mag dat wat er bovenop gebouwd wordt maximaal 4 meter hoog zijn vanaf de grond. Dit zijn de standaard regels. Echter, een tiny house wordt gezien als ondeelbare lading. Dit betekent dat de tiny house mag uitsteken ten opzichte van de trailer en maximaal 3 meter breed mag zijn. Wel zul je dan met rood-wit markeringen de weg op moeten. Het maximale laadvermogen van de trailer is 3.500kg i.v.m. het benodigde rijbewijs.



Ondeelbare lading (Wetten.overheid.nl): *lading die ten behoeve van het vervoer over de weg niet in twee of meer ladingen kan worden gesplitst zonder dat zulks overmatige kosten of risico van schade meebrengt.*

### Landbouwvoertuig

Wanneer het niet lukt een tiny house te ontwerpen welke lichter is dan het maximale gewicht op de trailer van 3.500kg, is het mogelijk een onderstel te kiezen dat als landbouwvoertuig gezien wordt. Hierbij kan de tiny house 12 meter lang worden, nog steeds 3 meter breed en 4 meter hoog. Wel is het zo dat de hoogte voor 1,15 meter gebruikt wordt voor het onderstel waardoor een tweede verdieping maken in het huisje niet meer mogelijk is. Bij dit onderstel in het maximale laadvermogen 10.000kg en kan alleen met een trekker vervoerd worden waardoor je niet harder mag rijden dan 25km/u.



### Euro-dieplader

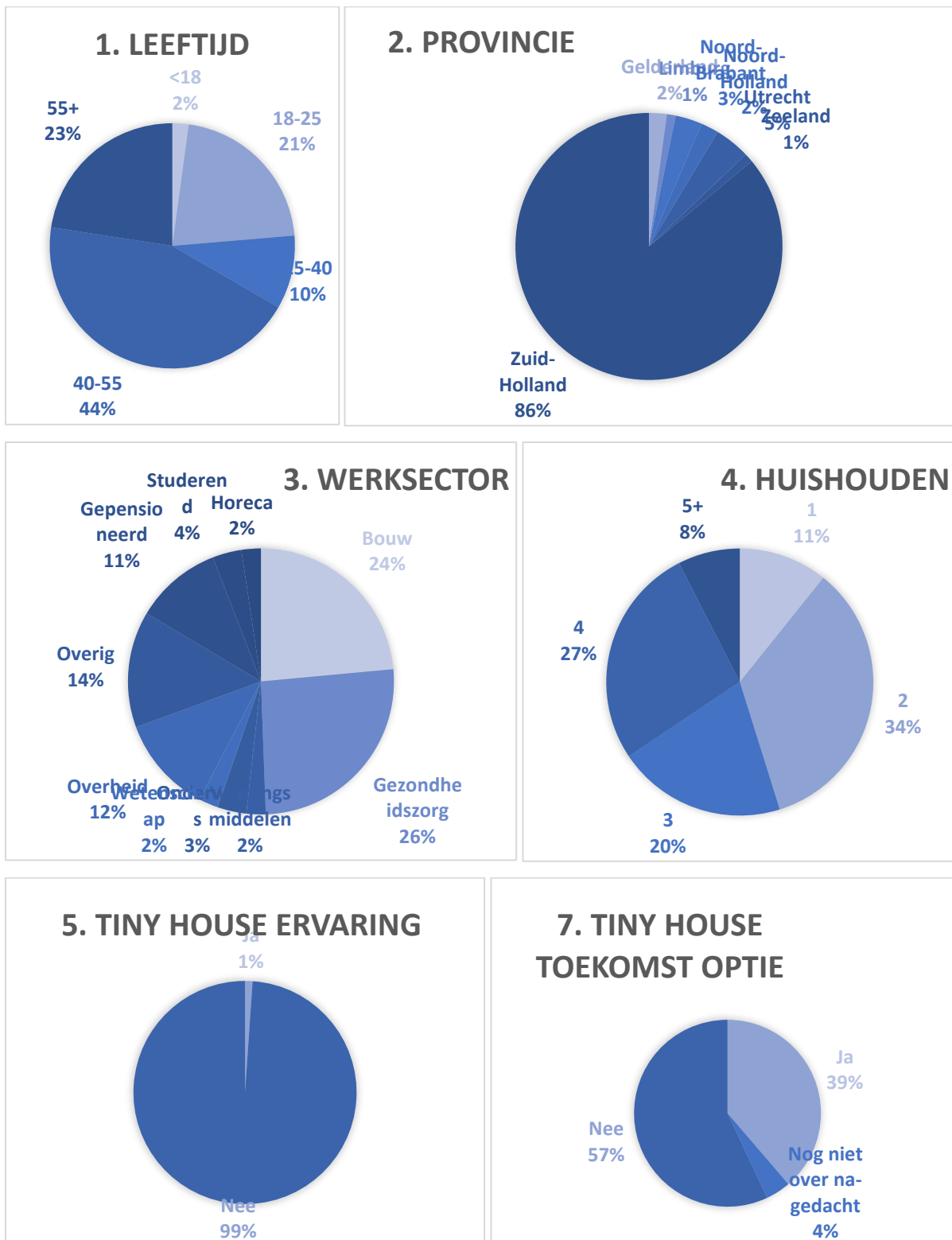
Wanneer je niet van plan bent erg vaak te verhuizen kan het een euro-dieplader een goede optie zijn. Dit gebeurt dan door een transportbedrijf en in combinatie met een autolaadkraan. Het transportbedrijf is in het bezit van een vergunning om objecten tot 3,5 meter breed te kunnen vervoeren. Een dieplader heeft een platform dat vaak minder dan 40 centimeter hoog is waardoor er nog voldoende ruimte over blijft voor het tiny house. Verder is de maximale lengte 15 meter. Houdt hierbij wel rekening met het maximale oppervlak van het tiny house, want 3,5 bij 15 is te groot. De maximale belasting op een dieplader is 27.000kg.



Afmetingen tiny house	Lengte	Breedte	Hoogte	Gewicht	Rijbewijs
<b>Trailer</b>	8,4m	3m	4m (-0,8m)	3.500kg	BE
<b>Landbouwvoertuig</b>	12m	3m	4m (-1,15m)	10.000kg	T
<b>Euro-dieplader</b>	15m	3,5m	4m (-0,4m)	27.000kg	(transportbedrijf)

## Bijlage 5 – Enquête resultaten

In deze bijlage worden de antwoorden op de enquête samengevat in percentages.





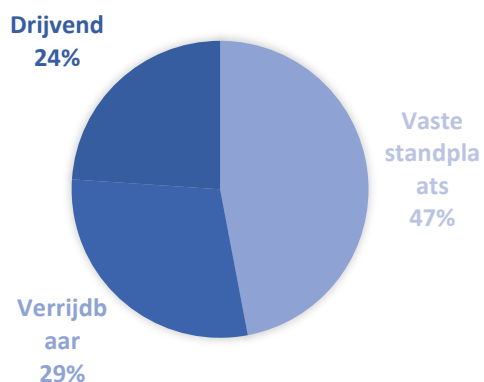
## 8. Personen in een tiny house

	0	1	2	3	4	5+
Volwassenen	1	16	81	2	6	3
Kinderen	35	31	35	1	1	2

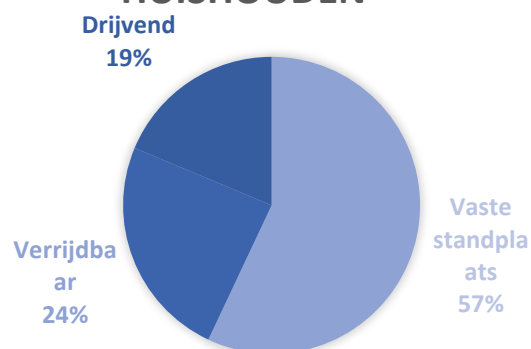
## 10. Combinaties personen in tiny house

	0k	1k	2k	3k	4k
1v	26	29	34	9	5
2v	40	34	28	2	1
3v	37	9	3	0	1
4v	37	4	1	0	2

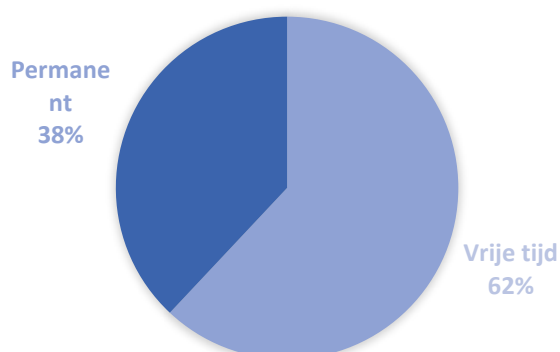
### 11. TINY HOUSE VORM ALEENSTAAND



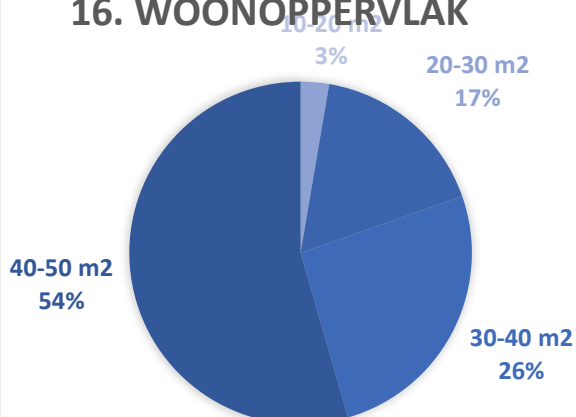
### 13. TINY HOUSE VORM HUISHOUDEN



### 15. GEBRUIKSPERIODE

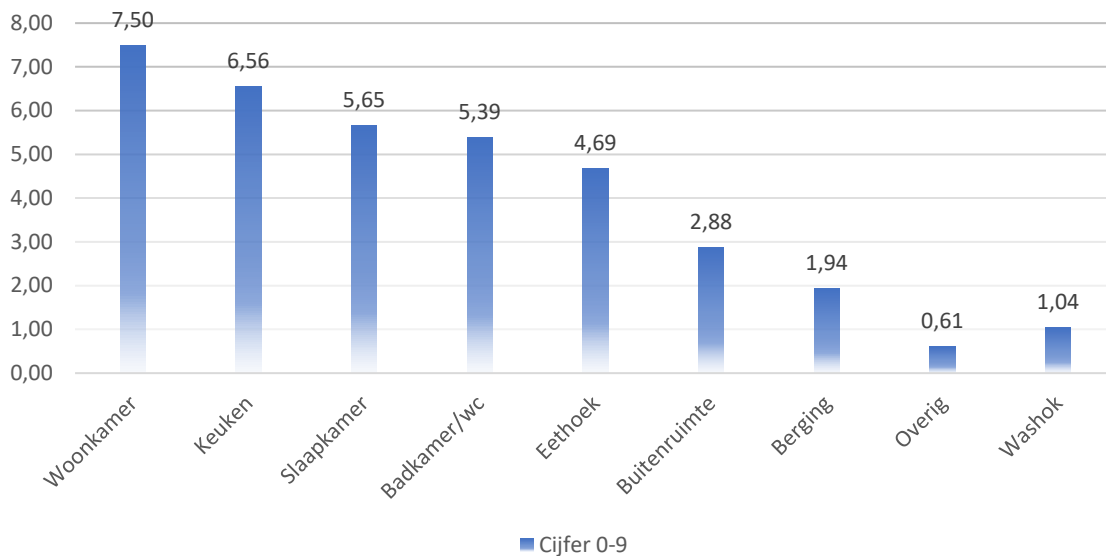


### 16. WOONOPPERVLAK

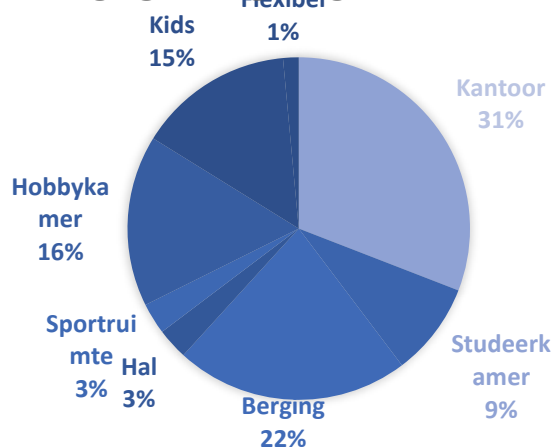




## 17. BELANGRIJKSTE WOONFUNCTIES



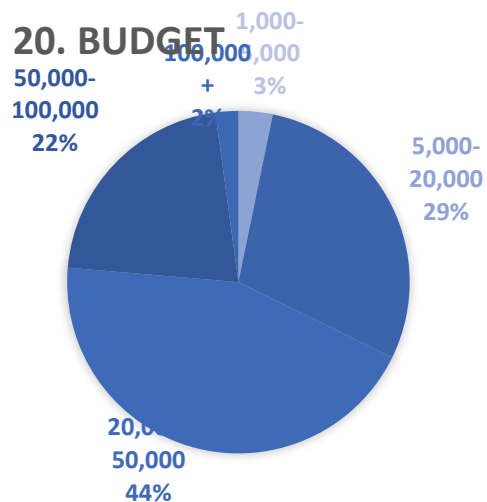
## 18. OVERIGE RUIMTEN



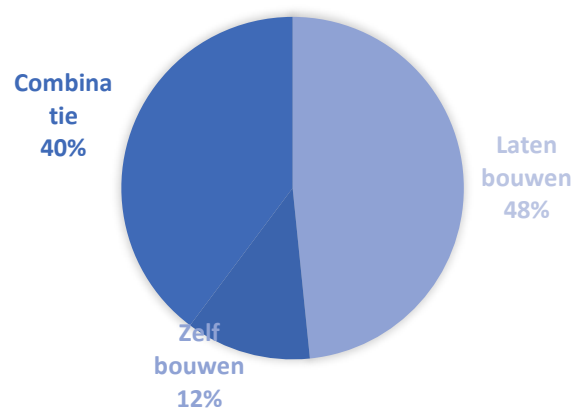
## 19. Functie combinaties

	Woonkamer	Keuken	Eethoek	Badkamer	Slaapkamer	Buitenruimte	Washok	Geen
Berging	11	7	7	6	11	31	51	20
Woonkamer	71	71	4	20	8	6	2	
Keuken	74	2	3	7	14	4		
Eethoek	0	4	8	2	4			
Badkamer	28	3	53	13				
Slaapkamer	2	5	34					
Buitenruimte	27	45						
Washok	18							

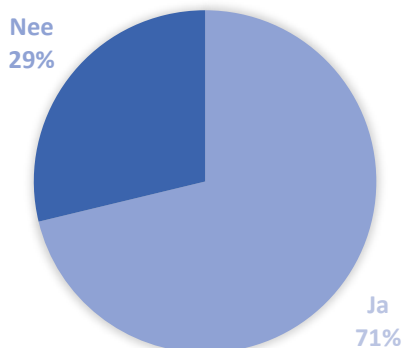
## 20. BUDGET



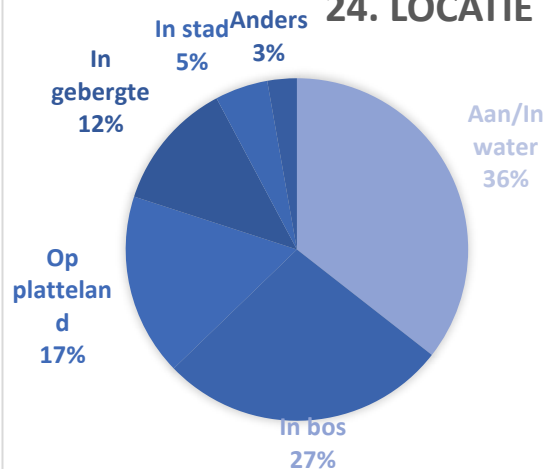
## 21. BOUWEN



### 23. DEMONTABEL



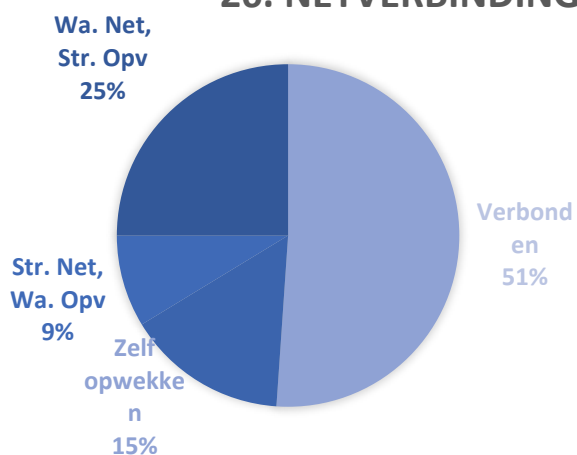
### 24. LOCATIE



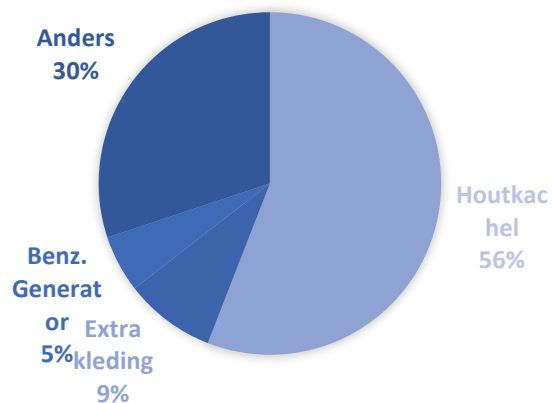
#### 24b. Anders, namelijk:

- Bij voorzieningen
- In een dorp
- Op de rand van een bos/platteland/stad
- Bij strand/duinen

### 26. NETVERBINDING



### 27. WINTERWARMTE



#### 27b. Anders, namelijk:

- Elektrische verwarming
- Zonnepanelen
- Wind
- Warmtepomp
- Infrarood verwarming
- Keramische verwarming

## 28. Vragen voor het kopen van een tiny house?

- Wat zijn de voordelen ten opzichte van een normale woning?
- Is de tiny house eigendom?
- Is de grond waar ik op sta gekocht of gehuurd?
- Waar mag de tiny house neergezet worden? Hoe groot is de kans deze in NL te vinden?
- Hoelang mag het tiny house ergens staan?
- Zijn er vergunningen nodig om te bouwen of om te wonen?
- Wat kost het totaalplaatje?
- Zijn er subsidie mogelijkheden?
- Hoe zit het met comfort?
- Wat zijn de indelingsopties?
- Is er zekerheid op stroom wanneer het huis te weinig opwekt?
- Welke materialen worden toegepast voor de bouw van het tiny house?
- Hoe demontabel is het tiny house? En wat is de levensduur?
- Staat het tiny house in de buurt van andere tiny houses?
- Hoelang gaat een tiny house mee?
- Wat is de isolatie waarde?

## 29. Eisen / Wensen aan het tiny house?

- Goede isolatie (winterbestendig)
- Voldoende bergruimte
- Energie neutraal
- Grote ramen
- Veranda/tuin
- Plek voor huisdieren
- Huiselijk gevoel
- Toilet binnen
- Ruimtelijk, met verdieping
- Vooral hout
- Aangesloten op het net
- Redelijke privacy, zowel van binnen als van buiten
- Werkplek die niet verbouwt hoeft te worden
- Optimale luchtcirculatie
- Onderhoudsarm
- FSC materiaal
- Dubbel glas

## Bijlage 6 – Bouwfysisch rapport

### Algemeen

#### 1. Korte beschrijving

Voor het maken van de berekeningen in dit rapport is uitgegaan van de tekeningen terug te vinden in bijlage 8

Het betreft een tiny house parametrisch ontworpen t.b.v. de afstudeeropdracht van afstudeerder R. Lindenburg voor het bedrijf Tedecon.

Als gebruiksfunctie is vastgesteld: Woonfunctie met een oppervlak van maximaal 50m<sup>2</sup>. Er wordt uitgegaan van de nieuwbouweisen die gelden vanaf 01-01-2021. Verder wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van milieuvriendelijke / biobased materialen voor een zo klein mogelijke ecologische voetafdruk.

In dit rapport worden daglicht, isolatie en ventilatie berekeningen gemaakt.

Deze bouwfysische berekeningen worden grotendeels gemaakt voor aanvang van de bouw. Het is daarom mogelijk dat hier nog aanpassingen op gedaan worden.

#### 2. Toegepaste programmatuur

Voor het opstellen van het bouwfysisch rapport is gebruik gemaakt van de volgende programma's:

- Microsoft excel
- AutoCAD 2022
- Rhino 7
- Grasshopper

#### 3. Begrippenlijst

**Equivalent daglichtoppervlak:** *Het equivalent daglicht oppervlak wordt gerealiseerd d.m.v. een lichtopening in een gevel.*

**Verblijfsgebied:** *Een gedeelte van een gebruiksfunctie (bijvoorbeeld wonen) met ten minste één verblijfsruimte, bestaande uit één of meer op dezelfde bouwlaag gelegen ruimten anders dan een toiletruimte, een badruimte, een technische ruimte of een verkeersruimte.*

## Daglicht

### 1. Algemeen

Het equivalente daglichtoppervlak, bepaald volgens NEN 2057, is tenminste gelijk aan 10% van het vloeroppervlak van het verblijfsgebied. Per verblijfsgebied moet dit minimaal 0,5m<sup>2</sup> zijn.

Gebruikte formule:

$$A_e = A_d \times C_b \times C_u \times C_{LTA}$$

$A_e$  -> Het equivalent daglichtoppervlak van de doorlaat, in m<sup>2</sup>.

$A_d$  -> Het oppervlak van de doorlaat, in m<sup>2</sup>.

$C_b$  -> De belemmeringsfactor van de doorlaat.

$C_u$  -> De uitwendige reductiefactor van de doorlaat.

$C_{LTA}$  -> De reductiefactor voor licht doorlatende materialen.

### 2. Daglichtberekening

Verblijfsgebied	$A_{vg}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{e,min}$ (m <sup>2</sup> )	Breedte doorlaat	Hoogte doorlaat	$A_d$ (m <sup>2</sup> )	$C_b$	$C_u$	$C_{LTA}$ (HR++)	$A_{e,aanw}$ (m <sup>2</sup> )
Woonk./keuken	14,273	1,4273	1,758	1,666	2,9288	0,8	1	0,75	1,78
			0,666	1,666	1,11	0,8	1	0,75	0,67
			1,226	0,666	0,8165	0,8	1	0,75	0,49
									<b>2,94</b>
Slaapkamer	4,064	0,5	1,666	1,066	1,776	0,8	1	0,75	1,07
									<b>1,07</b>

$A_{vg}$  -> Het oppervlak van het verblijfsgebied.

**Het uiteindelijke glasoppervlak in de gevel is afhankelijk van het ontwerp keuzes en de plattegrond en is dus te halen uit het Grasshopper bestand.**

## Isolatie

### 1. Algemeen

De minimale warmteweerstand van de begane grond vloer is 3,7m<sup>2</sup>K/W, van de gevel 4,7m<sup>2</sup>K/W en van het dak 6,3m<sup>2</sup>K/W.

In deze berekening wordt de gehele unit als één verwarmde ruimte beschouwd.

Gebruikte formules:

$$U = 1/R_m$$

$$R_m = 1/U$$

$$R_m = d / \lambda$$

$$R_c = \text{Som}(R_m)$$

U -> De warmtedoorgangscoefficiënt van het materiaal, in  $W/m^2K$

$R_m$  -> De warmteweerstand van het materiaal, in  $m^2K/W$ .

d -> dikte van het materiaal, in m.

$\lambda$  -> De warmtegeleidbaarheid van het materiaal (Lambda waarde).

$R_c$  -> De warmteweerstand van de gehele constructie, in  $m^2K/W$ .

De gemiddelde R-waarde van de totale gevel moet uitkomen op minimaal  $4,7m^2K/W$ . De gevel is als volgt verdeeld in open en gesloten delen:

Opp. totale gevel  $70,25m^2$ .

Opp. open gevel  $5,8773m^2$ . -> 8%

Opp. dichte gevel  $64,3727m^2$ . -> 92%

### 3. Isolatieberekening

<b>Vloer</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b><math>R_m</math> (<math>m^2K/W</math>)</b>	<b><math>R_c</math> (<math>m^2K/W</math>)</b>		
Ecoboards	0,009	0,17	0,0529			
Bioplastic folie	-	-	-			
Biofoam korrels met houten frame	0,13	0,037	3,5135			
Ecoboards	0,009	0,17	0,0529			
Tapijt	0,01	0,09	0,1111			
	<b>0,158</b>			<b>3,7304</b>		
<b>Dichte gevel</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b><math>R_m</math> (<math>m^2K/W</math>)</b>	<b><math>R_c</math> (<math>m^2K/W</math>)</b>		
Houten latten	0,018	0,17	0,1			
Ventilatie	0,022	-	-			
Bioplastic folie	-	-	-			
Ecoboards	0,009	0,17	0,0529			
Biofoam korrels met houten frame	0,18	0,037	4,8649			
Ecoboards	0,009	0,17	0,0529			
Plexwood	0,0025	0,2	0,0125			
	<b>0,2305</b>			<b>5,0831</b>	92%	4,68
<b>Open gevel</b>	<b>d (m)</b>	<b>U (<math>W/m^2K</math>)</b>	<b><math>R_m</math> (<math>m^2K/W</math>)</b>	<b><math>R_c</math> (<math>m^2K/W</math>)</b>		
HR+ glas (lucht gevuld)	8-16-8	1,4	0,7143			
				<b>0,7143</b>	8%	0,06
						4,74
<b>Dak</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b><math>R_m</math> (<math>m^2K/W</math>)</b>	<b><math>R_c</math> (<math>m^2K/W</math>)</b>		
Ecoboards	0,009	0,17	0,0529			
Biofoam korrels met houten frame	0,22	0,037	5,9459			
Bioplastic folie	-	-	-			
Ecoboards	0,009	0,17	0,0529			
Dakfolie						

Drainageplaat	0,025	-	-		
Daktuinsubstraat	0,04	-	-		
Sedum mixmat	0,025	-	0,3		
	<b>0,328</b>			<b>6,3517</b>	

**De uiteindelijke dikte van de isolatie in de gevel is afhankelijk van het percentage glas in de gevel en is dus te halen uit het Grasshopper bestand.**

## Ventilatie

### 1. Algemeen

Minimale ventilatie waarden, bepaald volgens NEN 1087:

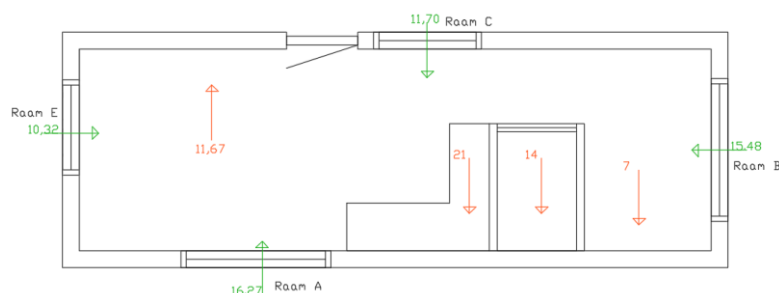
Afvoer	min	Oppervlak	Luchtverversing	
Keuken	21dm <sup>3</sup> /s		21dm <sup>3</sup> /s	
Badkamer/Toilet	14dm <sup>3</sup> /s		14dm <sup>3</sup> /s	
Woonkamer/slaapkamer			18,67dm <sup>3</sup> /s	
Toevoer				
Slaapkamer	0,9dm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup>	7dm <sup>3</sup> /s	4,064m <sup>2</sup>	7dm <sup>3</sup> /s
Woonkamer	0,9dm <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup>	7dm <sup>3</sup> /s	12,963m <sup>2</sup>	11,6667dm <sup>3</sup> /s

### 2. Ventilatieberekening

$Luchttoevoer = roosterdoorvoer * b_{raam}$

	Roosterdoorvoer	b <sub>raam</sub> (mm)	Luchttoevoer	Luchtafvoer
Raam A	8,6dm <sup>3</sup> /s/m	1892	16,27dm <sup>3</sup> /s	
Raam B	8,6dm <sup>3</sup> /s/m	1800	15,48dm <sup>3</sup> /s	
Raam C	8,6dm <sup>3</sup> /s/m	1360	11,70dm <sup>3</sup> /s	
Raam E	8,6dm <sup>3</sup> /s/m	1200	10,32dm <sup>3</sup> /s	
Badkamer				14dm <sup>3</sup> /s
Keuken				21dm <sup>3</sup> /s
Woonkamer				11,67dm <sup>3</sup> /s
Slaapkamer				7dm <sup>3</sup> /s
			53,67dm <sup>3</sup> /s	53,67dm <sup>3</sup> /s

Balans schema



**De ventilatie berekening is afhankelijk van de ontwerp keuzes en de plattegrond en is dus te halen uit het Grasshopper bestand.**

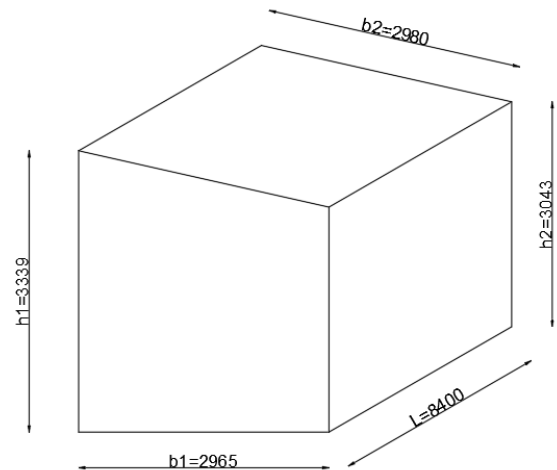
## Bijlage 7 – Constructie rapport

<b><u>Toegepaste voorschriften:</u></b>	EN 1990	Eurocode 0	Grondslagen voor het ontwerp
	EN 1991	Eurocode 1	Belastingen op constructies
	EN 1993	Eurocode 3	Ontwerp en berekening van Staalconstructies
<b><u>Betrouwbaarheidsklasse:</u></b>	CC2	$\gamma_G = 1,30$	6.10a
		$(\bar{z})\gamma_G = 1,20$	6.10b
		$\gamma_Q = 1,50$	
<b><u>Gebruiksklasse:</u></b>	A (Ruimten voor wonen en huishoudelijk gebruik)		
<b><u>Ontwerp-levensduurklasse:</u></b>	10-25jaar		
<b><u>Wind- en sneeuwbelasting:</u></b>	<u>Wind</u>	Gebied III Hoogte (z) = 4m	Omgeving Onbebouwd Stuwdruk $q_p(Z) = 0,49$
	<u>Sneeuw</u>	$\alpha=6^\circ$ Vormcoëfficiënt $\mu_1 = 0,8$ Vormcoëfficiënt $\mu_2 = 0,95$	$\times 0,70 = 0,56\text{kN/m}^2$ $\times 0,70 = 0,67\text{kN/m}^2$
<b><u>Aangehouden belastingen:</u></b>			
Lessenaarsdak Constructie	0,27kN/m	hoh 2060mm	0,13kN/m <sup>2</sup>
Sedum	$\alpha=6^\circ$	$\gamma=0,70$	0,4kN/m <sup>2</sup>
Isolatie	220mm		0,0385kN/m <sup>2</sup>
Ecoboard 2x			<u>0,072kN/m<sup>2</sup></u>
			<b>0,6405kN/m<sup>2</sup></b>
Sneeuw			<b>0,557kN/m<sup>2</sup></b>
Personen			<b>1,0kN/m<sup>2</sup></b>
Gevel Isolatie	180mm		0,0315kN/m <sup>2</sup>
Ecoboard 2x	9mm		0,072kN/m <sup>2</sup>
Buitenaafwerking	18mm		0,0667kN/m <sup>2</sup>
Plexwood	2,5mm		<u>0,01kN/m<sup>2</sup></u>
			<b>0,1802kN/m<sup>2</sup></b>
Vloer ecoboard	9mm		0,036kN/m <sup>2</sup>
Isolatie	130mm		<u>0,0228kN/m<sup>2</sup></u>
			<b>0,0588kN/m<sup>2</sup></b>
Veranderlijke belasting ( $q_k$ )		( $\psi_0=0,4$ . $\psi_1=0,5$ . $\psi_2=0,3$ )	<b>1,75kN/m<sup>2</sup></b>



### Afmetingen gebouw:

Lengte ( $l_{\text{gebouw}}$ ):	8400mm
Breedte1 ( $b_{\text{gebouw}}$ ):	2965mm
Breedte2 ( $b_{\text{dak}}$ ):	2980mm
Hoogte1 ( $h_{\text{gebouw west}}$ ):	3339mm
Hoogte2 ( $h_{\text{gebouw oost}}$ ):	3043mm
$q_{\text{dak}} = 0,6405\text{kN/m}^2 * 2,98\text{m}$	$= 1,908\text{kN/m}$
$q_{\text{sneeuw}} = 0,557\text{kN/m}^2 * 2,98\text{m}$	$= 1,66\text{kN/m}$
	$= 3,176\text{kN/m}$



### Sterkteberekening dakligger

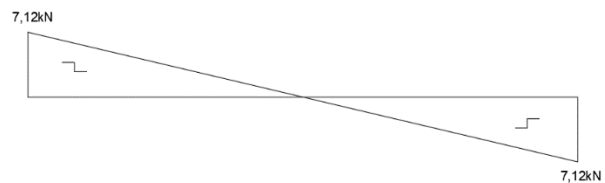
Belastingcombinaties ( $q_{ed}$ ):

- $1,3 * 1,908 + 0 * 1,66 = 2,48\text{kN/m}$
- $1,2 * 1,908 + 1,5 * 1,66 = 4,78\text{kN/m} \rightarrow$  Maatgevend

$$V_{ed} = q_{ed} * \frac{b_{\text{gebouw}}}{2} = 4,78 * \frac{2,98}{2} = 7,12\text{kN}$$

$$V_{rd} = h_f * d * (235 * \sqrt{3}) = 208 * 6 * (235 * \sqrt{3}) = 169\text{kN}$$

$$U.C.V. \rightarrow \frac{V_{ed}}{V_{rd}} < 1 \rightarrow \frac{7,12}{169} = 0,04 < 1 \text{ voldoet}$$



$$M_{ed} = \frac{1}{8} * 4,695 * 2,98^2 = 5,21\text{kNm}$$

$$M_{rd} = W_y * f_y = 170 * 10^3 * 235 = 40\text{kNm}$$

$$U.C.M. \rightarrow \frac{M_{ed}}{M_{rd}} < 1 \rightarrow \frac{5,21}{40} = 0,13 < 1 \text{ voldoet}$$



### DOORBUIGING

$$q_{ed} = 1,908 + 1,66 = 3,568\text{kN/m}$$

$$V_{ed} = q_{ed} * \frac{b_{\text{gebouw}}}{2} = 3,568 * \frac{2,98}{2} = 5,32\text{kN}$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8} * 3,568 * 2,98^2 = 3,96\text{kNm}$$

$$u_{\text{max}} = 0,004 * 2980 = 11,92\text{mm}$$

$$u = \frac{5ql^4}{384EI} = \frac{5 * 3,568 * 2980^4}{384 * 210000 * 1900 * 10^4} = 0,92\text{mm}$$

$$U.C.u. = \frac{u}{u_{\text{max}}} = \frac{0,92}{11,92} = 0,077 < 1 \text{ voldoet}$$

## Sterkteberekening kolom (koker)

$$q_{wind} = 0,49 * 3,339 * 2,06 * 0,8 = 2,7kN/m$$

$$N_{ed} = h * q_{ed,dak} = 3,339 * 4,78 = 15,96kN$$

$$N_{pl} = f_y * A = 235 * 2700 = 634,5kN$$

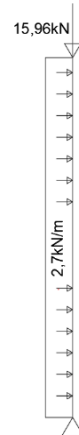
$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{l^2} = \frac{\pi^2 * 210000 * 11240000}{3,339^2} = 2089,5kN$$

$$M_{ed} = \frac{1}{8}ql^2 = \frac{1}{8} * 2,7 * 3,339^2 = 3,76kNm$$

$$M_{pl} = W_{pl} * f_{yd} = 125000 * 235 = 29,375kNm$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{pl}} + \frac{1}{1 - \left(\frac{N_{ed}}{N_{cr}}\right)} * \frac{M_{ed} + N_{ed} * e_0}{M_{pl}} < 1$$

$$\frac{15,96}{634,5} + \frac{1}{1 - \left(\frac{15,96}{2089,5}\right)} * \frac{3,76 + 15,96 * 0}{29,375} = 0,154 < 1 \text{ voldoet}$$



## Toetsing opwaaiing

$$Windbelasting_{zoneF} = q_p * b * l * windzuiging = 0,49 * 0,298 * 4,2 * -2,3 = -1,41kN$$

$$Windbelasting_{zoneG} = q_p * b * l * windzuiging = 0,49 * 0,298 * 4,2 * -1,3 = -0,8kN$$

$$Windbelasting_{zoneH} = q_p * b * l * windzuiging = 0,49 * 2,682 * 8,4 * -0,8 = -8,83kN$$

$$Q_{wind} = -1,41 + -0,8 + -8,83 = -11,04kN$$

$$EG_{constructie} = 39kN$$

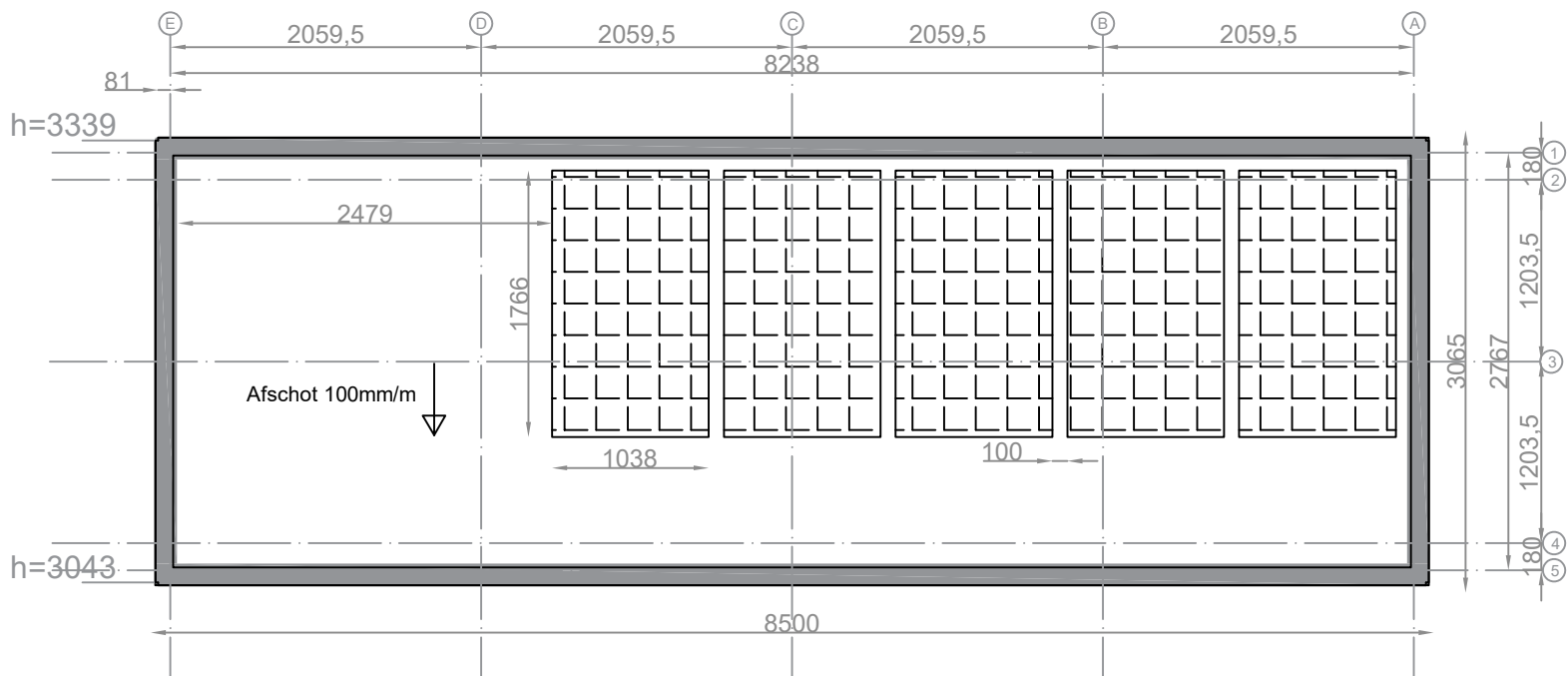
$$U.C. Wind = \frac{1,5 * Q_{wind}}{0,9 * EG} = \frac{1,5 * 11,04}{0,9 * 39} = 0,47 < 1 \text{ voldoet}$$

## Bijlage 8 – Tekeningen

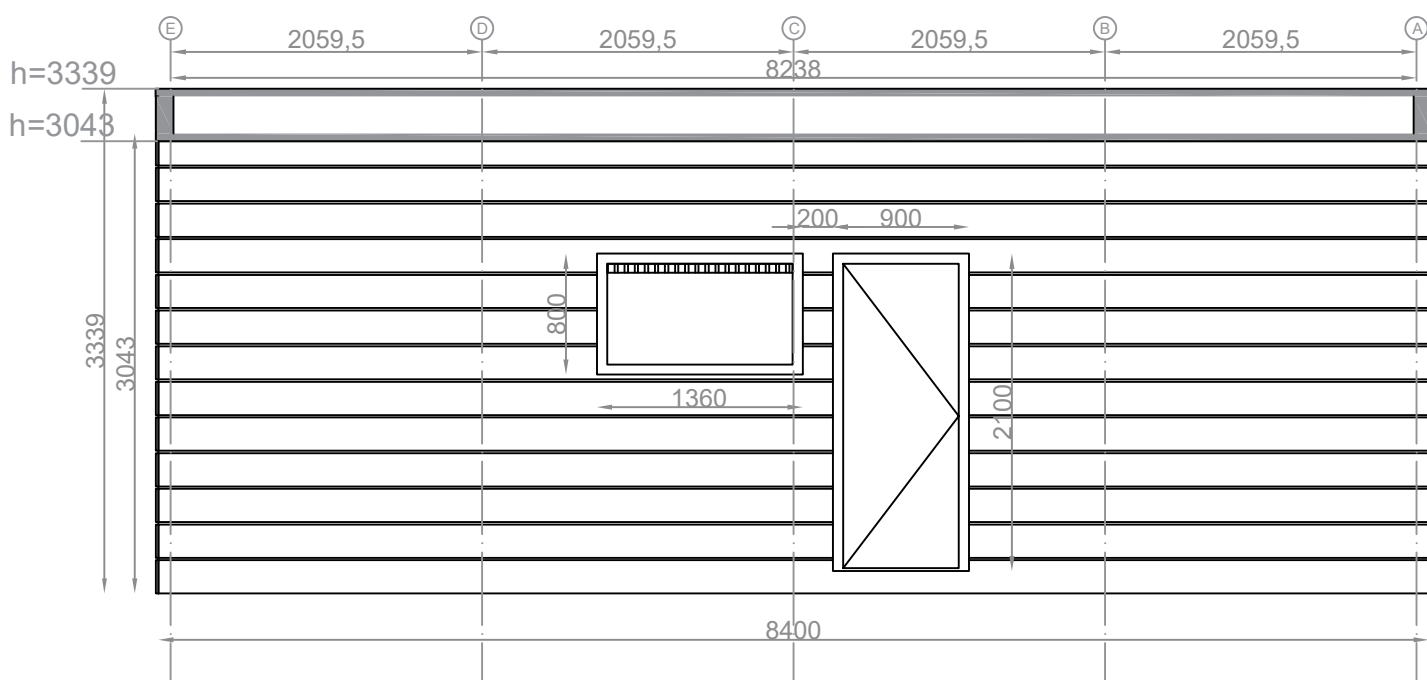
A1 – Aanzichten 1:50

A2 – Aanzichten constructie 1:50

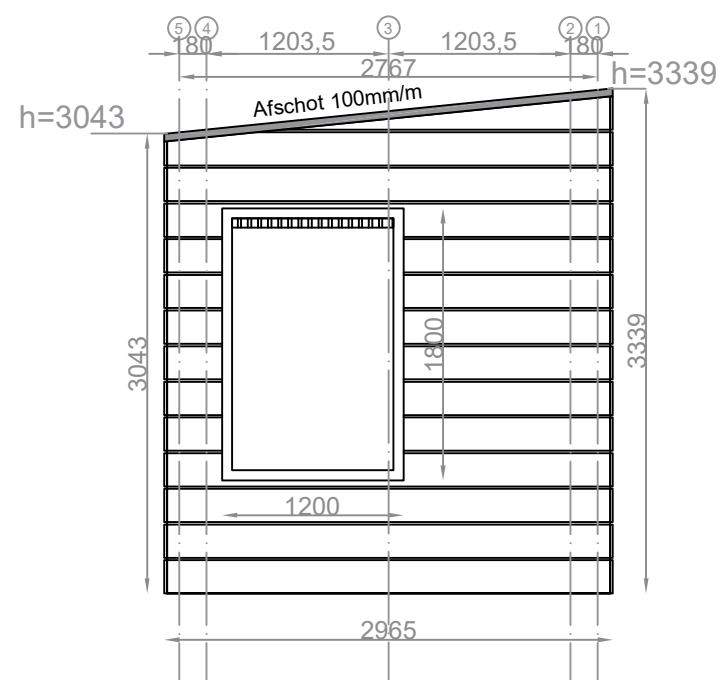
B1 – Details en doorsneden 1:10/1:20



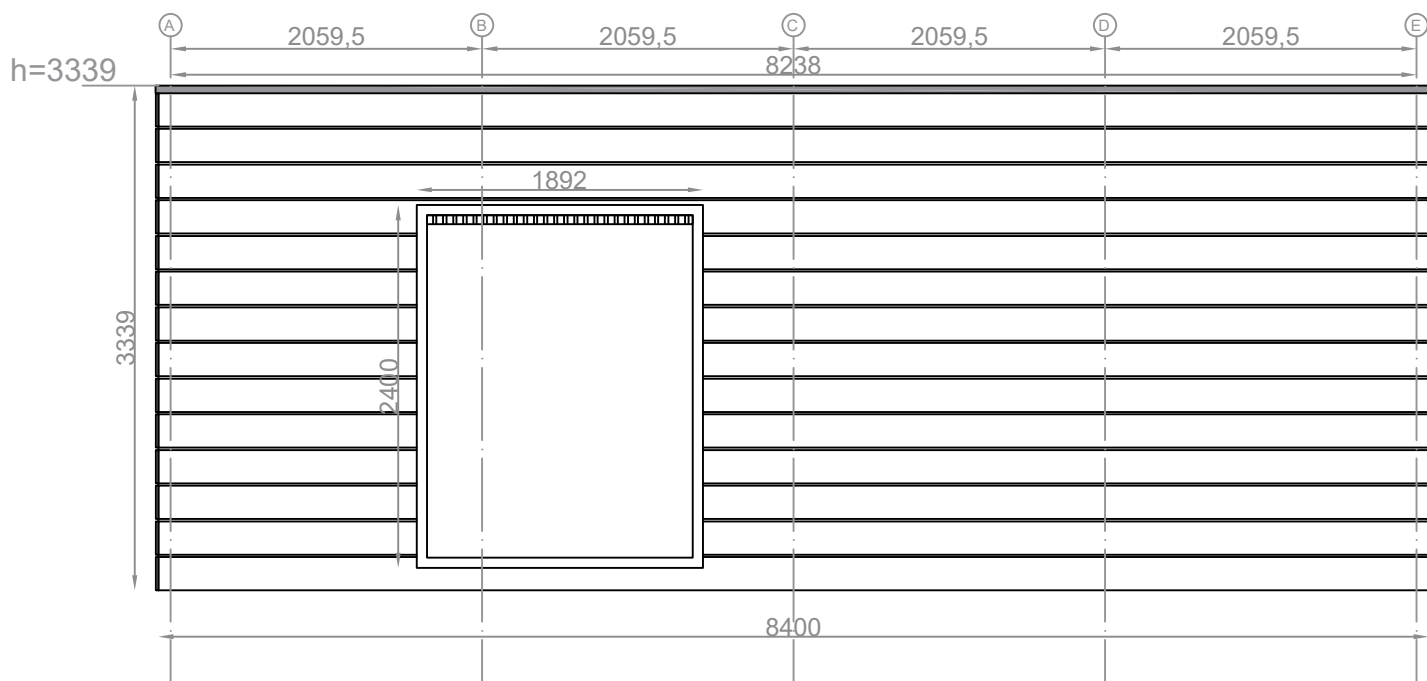
Dak



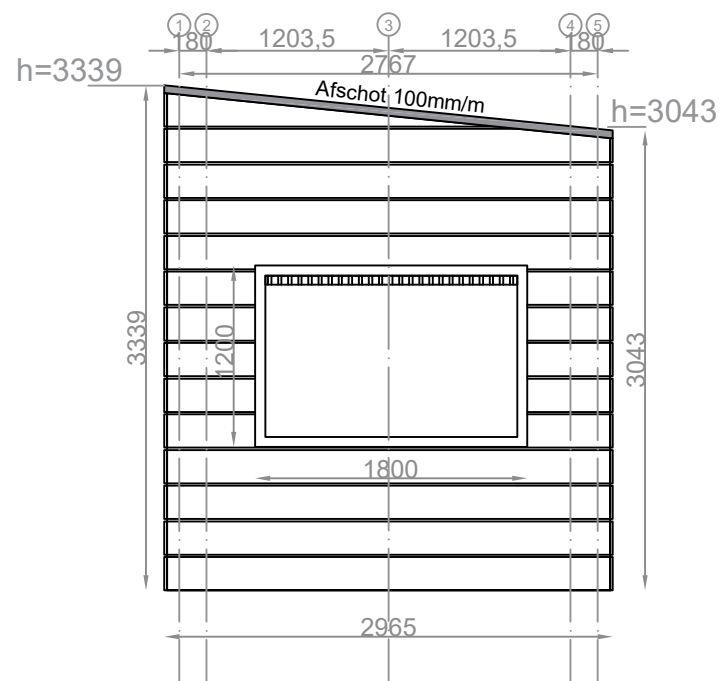
Voor



Rechts



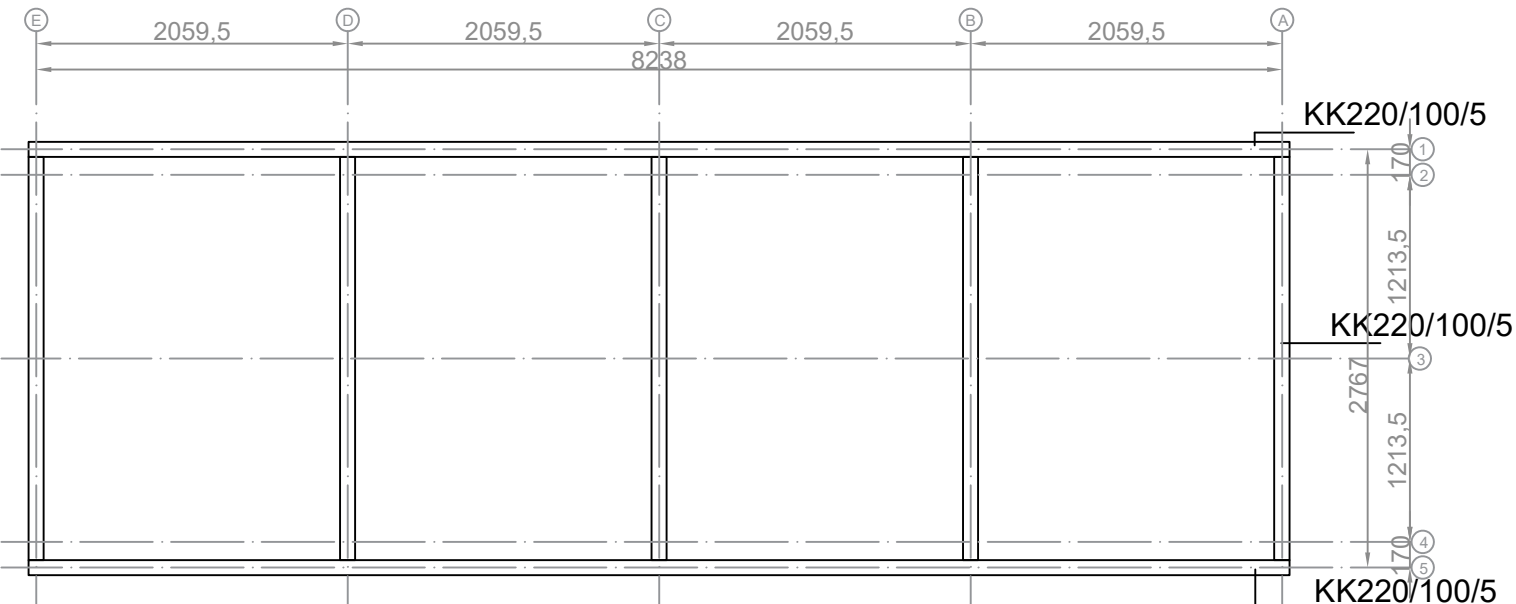
Achter



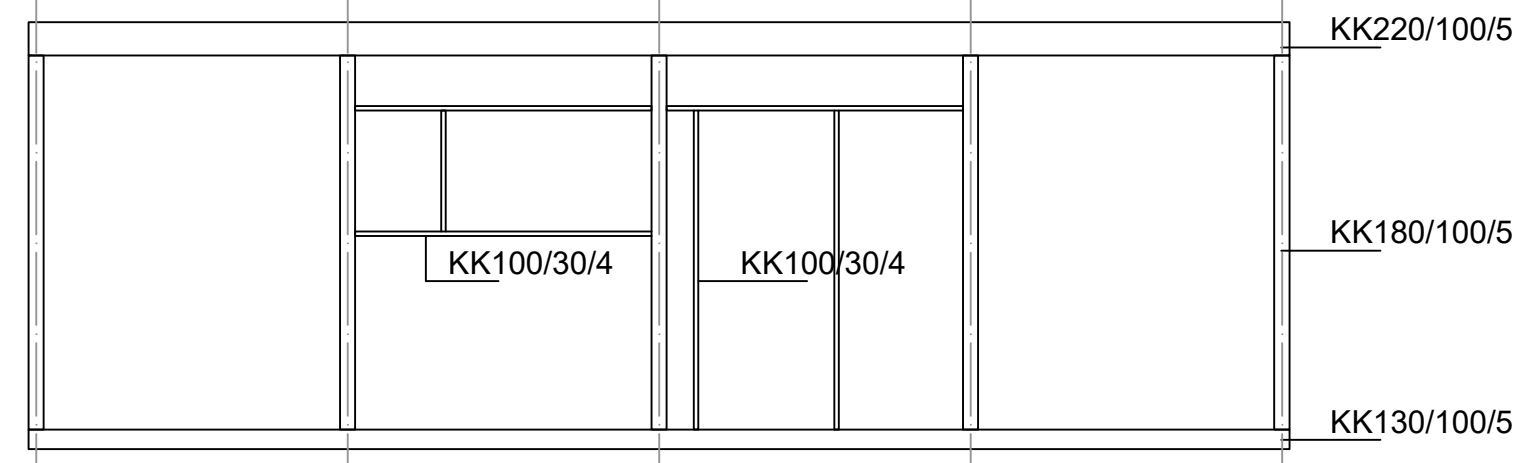
Links

opmerkingen			
- maten in mm			
MAATVOERING IN HET WERK TE CONTROLEREN			
bijbehorende documenten			
Scriptie R. Lindenburg 0928269			
project:	AFP R.Lindenburg tiny house	C	
opdrachtgever:	Hogeschool Rotterdam	B	
onderdeel:	Aanzichten	A	
		O	03-05-2021
		rev.:	datum: gew.:
		getekend:	R. Lindenburg
		schaal:	1:50
		formaat:	A3
		werknr.:	1
		tekeningnr.:	A-1
		blad1:	van: 3

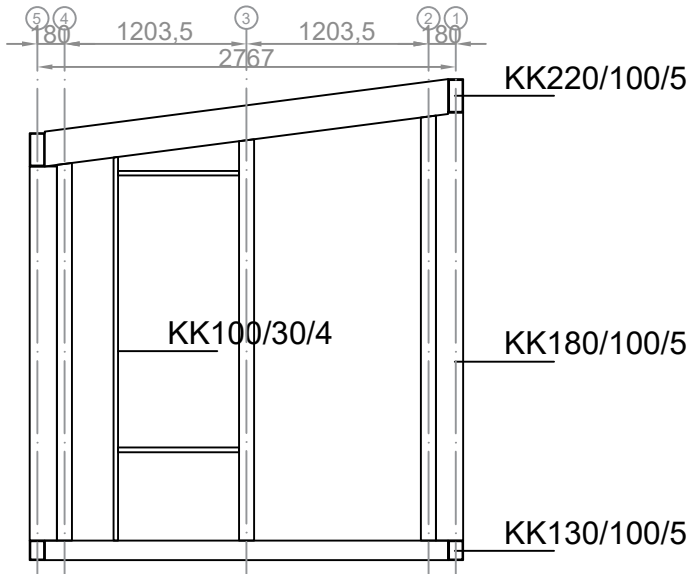
renvooi
---------



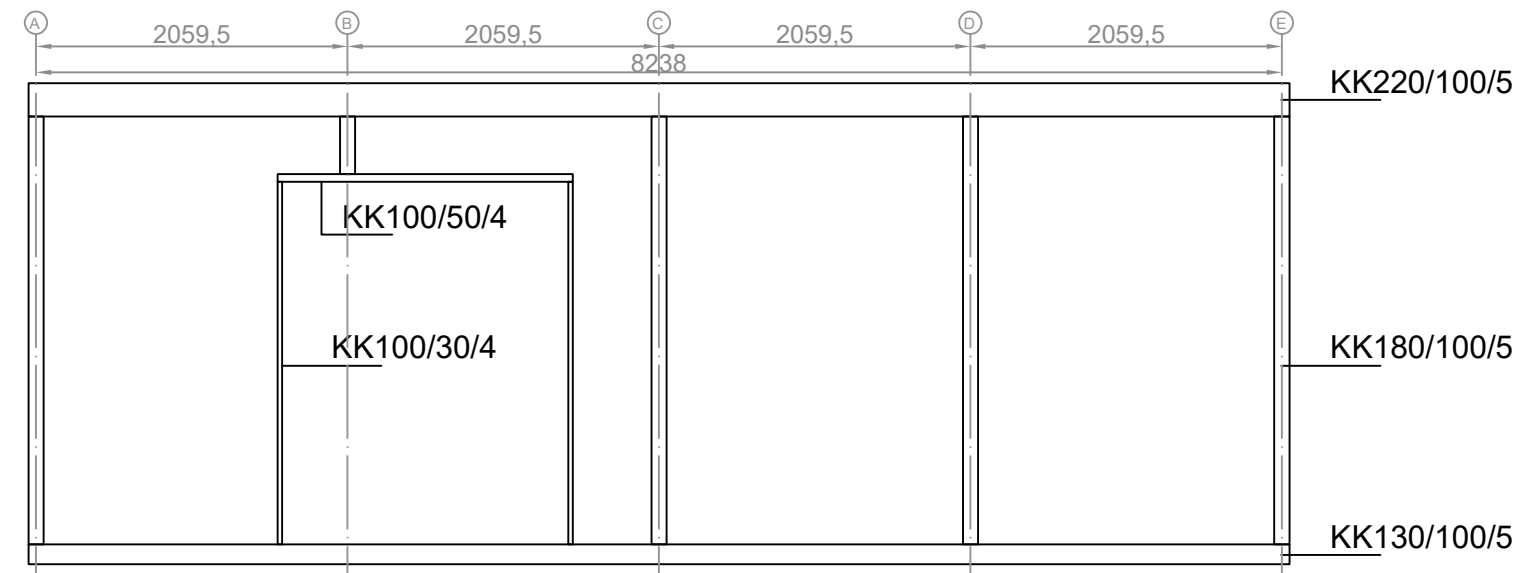
Dak



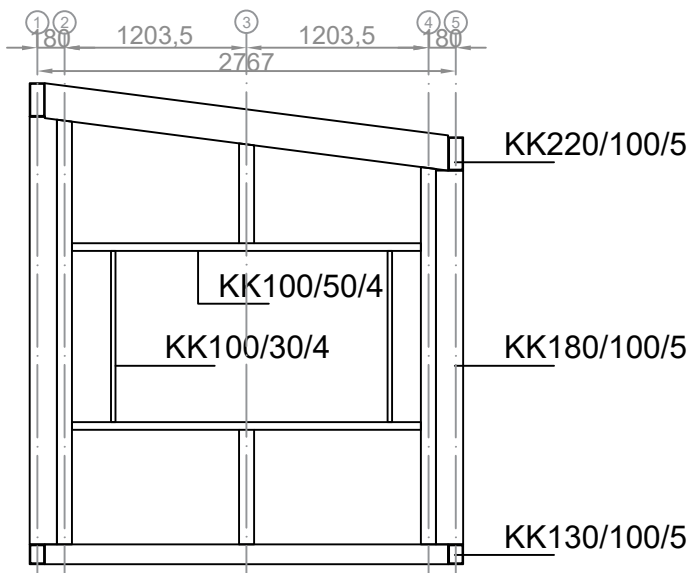
Voor



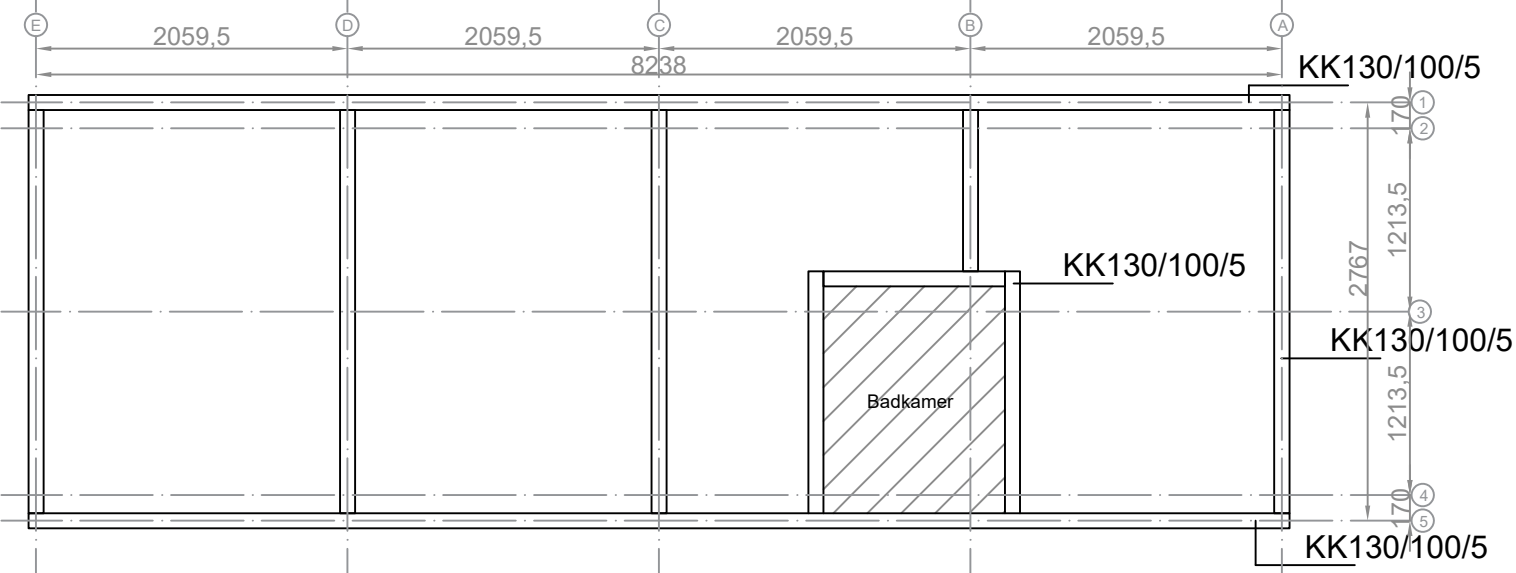
Rechts



Achter



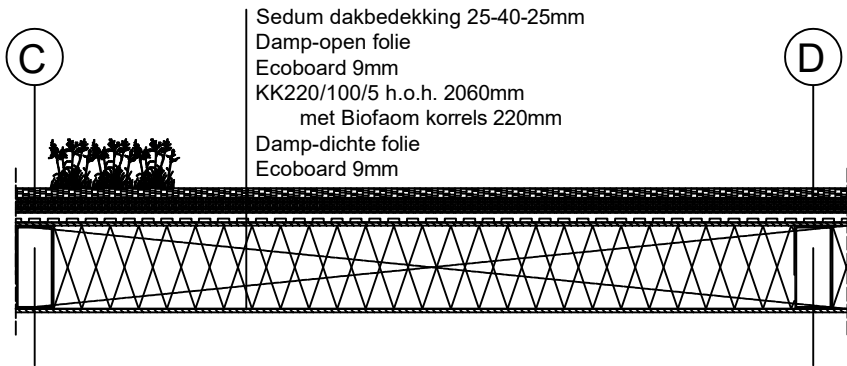
Links



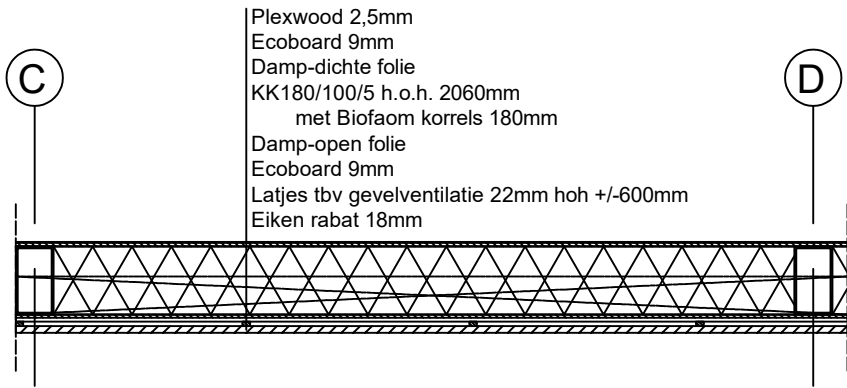
Vloer

renvooi  
 Toegepaste profielen:  
 KK100/30/4  
 KK100/50/4  
 KK130/100/5  
 KK180/100/5  
 KK220/100/5

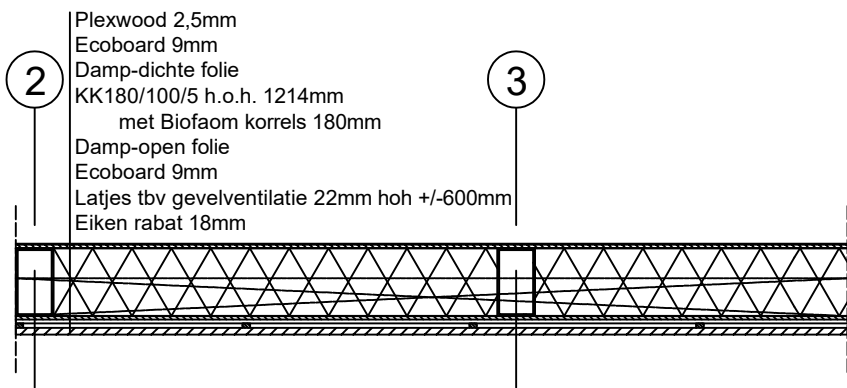
opmerkingen	
- maten in mm	
<b>MAATVOERING IN HET WERK TE CONTROLEREN</b>	
bijbehorende documenten	
Scriptie R. Lindenburg 0928269	
project:	AFP R.Lindenburg tiny house
opdrachtgever:	Hogeschool Rotterdam
onderdeel:	Constructie aanzichten
C	
B	
A	
O	03-05-2021
rev.:	datum: gew.:
getekend:	R. Lindenburg
schaal:	1:50
formaat:	A3
werknr.:	1
tekeningnr.:	A-2
blad 2	van 3



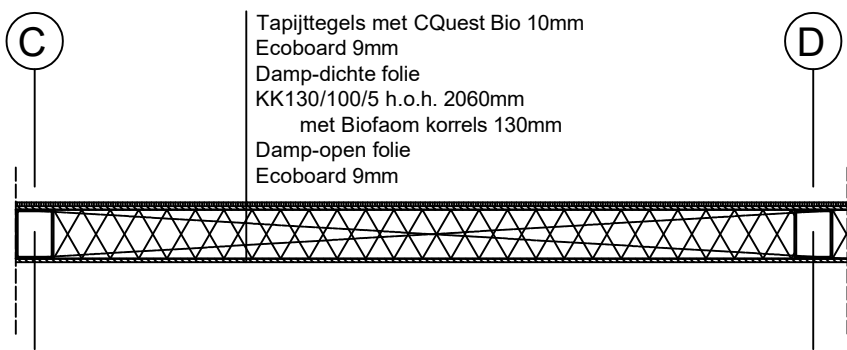
Dakopbouw



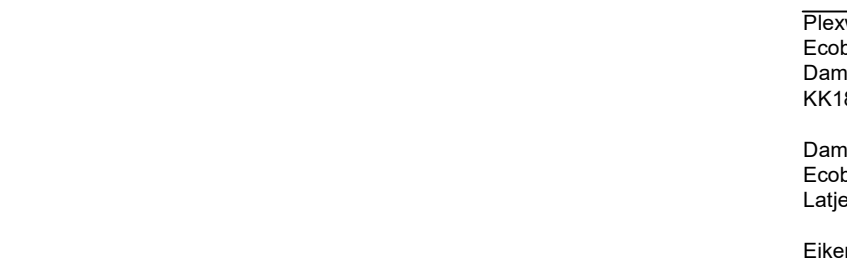
Wandopbouw 1



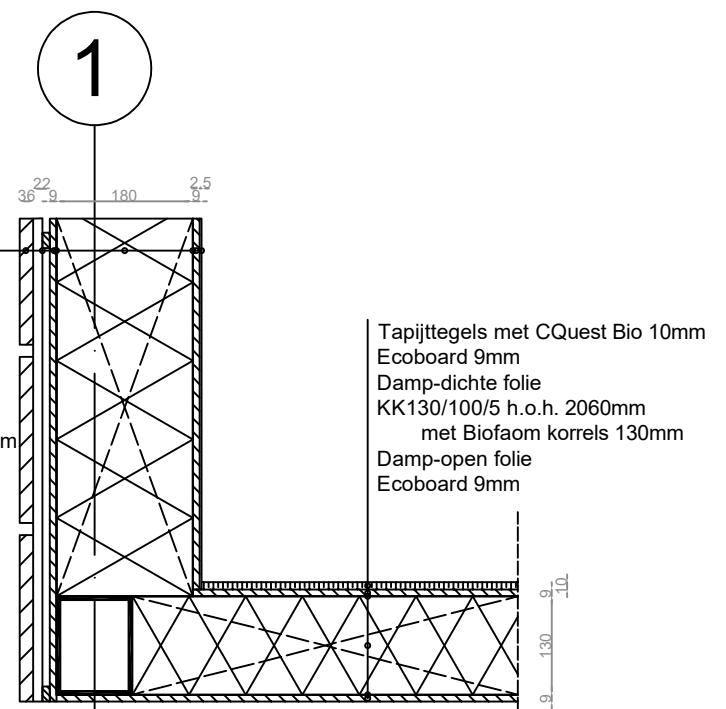
Wandopbouw 2



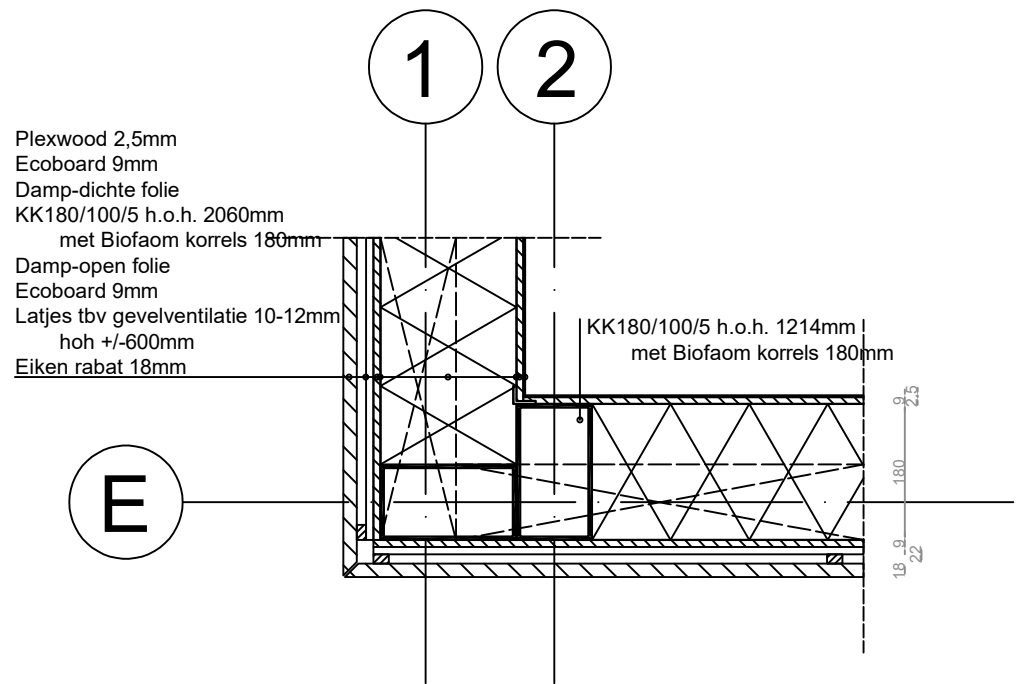
Vloeropbouw



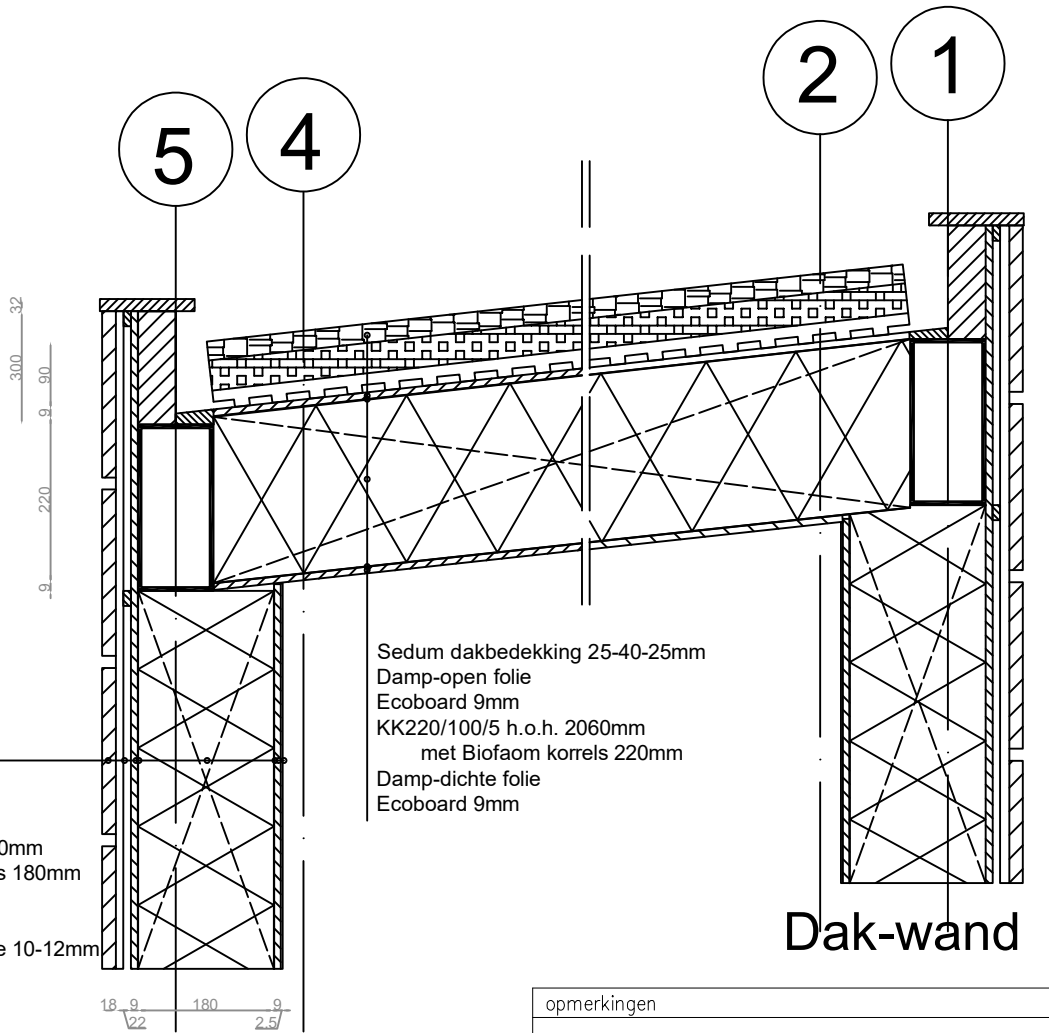
Dak-wand



Wand-vloer



Wand-wand



renvooi

- Ecoboard
- Biofoam korrels
- Tapijttegels
- Staal
- Hout (eiken)
- Plexwood
- Daktuinsubstraat
- Sedum mixmat

opmerkingen

- maten in mm

MAATVOERING IN HET WERK TE CONTROLEREN

bijbehorende documenten

Scriptie R. Lindenburg 0928269

project:	AFP R.Lindenburg tiny house	rev.:	03-05-2021	gew.:	
opdrachtgever:	Hogeschool Rotterdam	getekend:	R. Lindenburg	schade:	1:20/1:10
onderdeel:	Doorsnedes / details	formaat:	A3	werks:	1
		tekeningnr.:	B-1	blad.3	van: 3