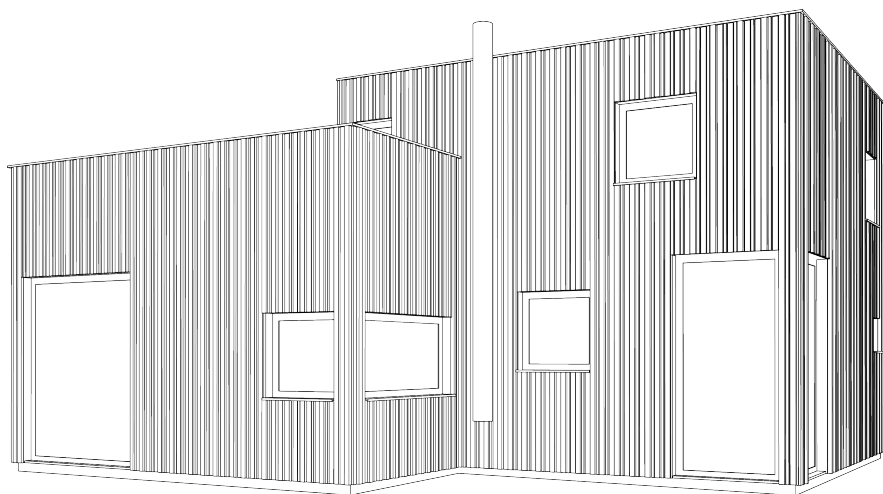


Recreatiewoning Stadspark

Onderzoek circulair en biobased bouwen



Auteur: Sanne Dijkstra
Datum: september 2019
Status: definitief
Versie: 1

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Circulair en biobased bouwen	3
2.1	Circulair	3
2.2	Biobased	4
3	Onderzoeksvraag	4
4	Onderzoek grondstoffen en milieu-impact	5
4.1	Huidig verbruik bouwgrondstoffen	6
5	Onderzoek ontwerp en materiaal Stadspark	7
5.1	Toegepaste materialen	7
5.2	Manier van bevestigen	10
5.3	Bevestigingen toegepaste materialen	11
5.4	Locatie toegepaste materialen	12
6	Conclusie	13
6.1	Onderzoek circulair en biobased bouwen	13
6.2	Evaluatie ontwerp en materiaal recreatiewoning Stadspark	14
6.3	Afsluiting	15
7	Gebruikte bronnen en referenties	16
7.1	Tabellen	17
7.2	Aanvullende informatie	18

1 Inleiding

Duurzaamheid, circulariteit en biobased bouwen staan wereldwijd veel in de belangstelling. In de publiciteit wordt veel met termen gestrooid over circulaire projecten, maar wat houdt dit nu eigenlijk in voor een ontwerper? Wat maakt een gebouw duurzaam of circulair?

Het onderwerp is complex. Veel zaken hebben met elkaar te maken zoals de schadelijkheid van het materiaal of grondstof voor de aarde, of de oorsprong van het materiaal hergebruikt is of nieuw, maar ook de mogelijkheid tot hergebruik in een later stadium is van belang.

Voor een ontwerpproject van een recreatiewoning van 60m² heb ik onderzocht in hoeverre we dit volledig circulair en biobased kunnen ontwerpen. Dit is een relatief klein project waarin alle fasen van een regulier ontwerpproject doorlopen worden. Tegelijkertijd heb ik onderzocht welke aspecten allemaal bij deze vraag naar voren komen. Waar hou je rekening mee en wat zijn de toetsingscriteria?

2 Circulair en biobased bouwen

2.1 Circulair

De bouwproductie is gebaseerd op het gebruik van materialen. Die materialen zijn weer opgebouwd uit (verschillende) grondstoffen. De bouwproductie is goed voor 40% van al het grondstoffengebruik in de wereld (1). Deze grondstoffen komen vaak van bronnen uit de aarde die eindig zijn. Dit zorgt voor schaarste en tekort in de bouwsector. Ook zorgt het delven van veel grondstoffen voor een negatief effect op de aarde.

Door het slim toepassen van grondstoffen, zodat deze oneindig hergebruikt kunnen worden in een gesloten kringloop kan dit probleem in theorie worden opgelost. De overheid geeft aan dat ze in 2030 het grondstoffengebruik wil halveren. Het doel is om in 2050 een geheel circulaire gebouwde omgeving te hebben. (2)

Circulair bouwen betekent het ontwikkelen, gebruiken en hergebruiken van gebouwen, gebieden en infrastructuur, zonder natuurlijke hulpbronnen onnodig uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten. Bouwen op een wijze die economisch verantwoord is en bijdraagt aan het welzijn van mens en dier. Hier en daar, nu en later. (3)

Circulair bouwen is daarmee een mooi begin om de negatieve menselijke invloed op de aarde te verkleinen. Met alleen circulair bouwen zijn we er denk ik nog niet. Belangrijk is ook te letten op wat voor soort materiaal je (her)gebruikt, en of dit materiaal ook schadelijk is voor het milieu.

2.2 Biobased

Biobased bouwen is een verzamelnaam voor bouwtechnieken waar gebruik wordt gemaakt van materialen die in de natuur worden gevonden en in de natuur terug kunnen groeien. (4) Biobased materialen zijn materialen uit nagroeibare grondstoffen. Als we niet meer gebruiken dan groeit zullen we nooit met uitputting geconfronteerd worden (5). Biobased materialen zijn dus niet per definitie milieuvriendelijker, maar kunnen dat in theorie wel heel goed zijn.

Bijvoorbeeld: van schapenwol dat overblijft kun je heel goed isolatiemateriaal maken. Dat is milieuvriendelijk. Maar wanneer je extra schapen gaat fokken omdat je materiaal nodig hebt om huizen te isoleren, dan verhoog je daarmee de ecologische voetstap van wol als isolatiemateriaal.

In de (circulaire) bouwrend zie je steeds meer toepassing van biobased materialen. Hout is bijvoorbeeld één van de meest bekende biobased bouwmaterialen. Door altijd genoeg bomen te planten en nooit meer te kappen dan er bij groeit, is dit in theorie een erg milieuvriendelijk bouw materiaal.

Naast dat er veel bos gekapt wordt voor biobrandstof, soja productie voor veevoer en palmolie, zie je dat er ook nog steeds niet duurzaam beheerd bos gekapt wordt voor het gebruik in de houtindustrie, zoals blijkt uit onderzoek van Greenpeace: (6), (7).

Ook treed er vaak vervuiling op, op het moment dat de grondstof verwerkt en getransporteerd wordt. De boom wordt gezaagd in een fabriek, vervoerd van locatie A naar B en vaak ook nog naar C en D. Deze vervoersbewegingen en verwerkingsprocessen kosten energie, wat weer een negatieve invloed heeft op de ecologische voetstap.

Bovendien bestaat een bos niet alleen uit hout, maar uit een heel ecosysteem van planten en dieren. Dit ecosysteem heeft jaren nodig om zich te ontwikkelen en in de huidige beleidsvoering wordt hier nog weinig aandacht aan gegeven (8).

3 Onderzoeksvraag

Voor het ontwerpproject van een recreatiewoning in het Stadspark te Groningen heb ik uitgezocht in hoe verre we dit volledig biobased en circulair kunnen ontwerpen.

Het project is een kleine woning van 60 m² in een bosrijke omgeving. De opdrachtgever gaat de woning zelf bouwen. Door de kleinschaligheid leent dit project zich uitstekend om dit onderzoek uit te voeren.

Vragen die ik mijzelf gesteld heb, zijn:

- Waar komt de grondstof van het bouw materiaal vandaan en wat is de milieu impact hiervan?
- Is de oorsprong van het bouw materiaal een nieuwe of hergebruikte bron?
- Heeft het bouw materiaal een mogelijkheid tot hergebruik in een latere fase?
- Heeft het bouw materiaal onderhoud nodig tijdens zijn levensduur?

- Wat gebeurt er met het materiaal na de levensduur als bouw materiaal voor het huis?

4 Onderzoek grondstoffen en milieu-impact

Waar komt een grondstof voor een materiaal vandaan? Is dit een eindige of oneindig grondstof? Is het delven en verwerken van de grondstof een schadelijk proces voor de aarde of niet?

Een manier om hier wat over te zeggen is de mate van milieu-impact die een grondstof van een materiaal heeft. De milieu-impact kan worden bepaald aan de hand van drie factoren: het aardopwarmingsvermogen, verzuringspotentieel en het fotochemisch ozonscheppend potentieel.

GWP: Global Warming Potential | Aardopwarmingsvermogen

GWP is een aanduiding voor de mate waarin een broeikasgas kan bijdragen aan de klimaatverandering. Het is een relatieve maat, die het aardopwarmingsvermogen van een broeikasgas aangeeft in vergelijking met dat van koolstofdioxide (CO²). Er wordt een periode van 100 jaar gehanteerd, van 1 kg van het gas ten opzichte van 1 kg CO². Minder vaak worden ook de perioden 20 jaar of 500 jaar gebruikt. (9) Een hoge GWP-waarde (in tabel 1) van een grondstof geeft hierin aan dat er meer broeikasgassen vrijkomen. Dat is slechter voor het milieu.

AP: Acidification Potential | Verzuringspotentieel

AP is de mate waarin schadelijke zuren worden uitgestoten in de atmosfeer en vervolgens worden afgezet in oppervlaktegrond en -water. (10) Een hogere AP-waarde geeft een verhoogde kans op zuren in de atmosfeer.

POCP: Photochemical ozone creation potential | Fotochemisch ozonscheppend potentieel

POCP staat ook wel bekend als zomersmog. Dit is de mate waarin veelvoorkomende verontreinigende stoffen en vluchtige organische stoffen in de atmosfeer komen. Deze kunnen onder invloed van zonlicht ozon creëren. Ozon is van cruciaal belang in de hoge atmosfeer om ons te beschermen tegen ultraviolet (UV) licht. Op laag niveau kan ozon uiteenlopende effecten hebben zoals schade aan gewassen veroorzaken. Ook is er een relatie met een verhoogde incidentie van astma en andere ademhalingsklachten. (11) Een hogere POCP- waarde geeft een verhoogde kans op ozon op laag niveau.

4.1 Huidig verbruik bouwgrondstoffen

Als we met deze milieu-impactfactoren nu naar de het huidige verbruik van bouwgrondstoffen kijken, dan zien we dat op dit moment voornamelijk minerale en petrochemische producten de markt overheersen.

Minerale producten als cement, beton, staal, glas, (bak)steen, gips en aluminium. Petrochemische producten als kunststof(kozijnen), PVC leidingen, PUR/PIR isolatie, folies, EPS-isolatie, polyester en composieten, etc. Deze producten worden vervaardigd uit eindige grondstoffen en scoren hoog in de verschillende milieu-impact categorieën, zoals opwarming van de aarde, verzuring, ozon, etc. (Tabel 1). (12)

Materiaal	energie-inhoud GJ/m ³	milieu impact factoren kg/m ³		
		GWP	AP	POCP
Aluminium	497	29975	162	321
Baksteen	5.4	342	3.6	30.6
Keramische tegels	16	1142	8	102
Beton	4.8	156	2.4	0.72
Glas	19.2	1366	96	4.8
Gipsboard	4.5	238.5	2.7	1.8
Dakpannen	2.2	288.2	2.2	2.2
PVC	116	1932	17/9	0.69
Staal	200	17840	80	6720
Hout	1.65	63.8	0.55	0.55

GWP = Global warming potential; AP = Acidification potential; POCP = Photochemical ozone creation potential

Tabel 1: Energie en milieu-indicatoren voor verschillende bouwmaterialen (Asif, 2009)

Veel beter scoren hout en andere hernieuwbare producten, die door productie (landbouw en bosbouw) en natuurlijke aanwas of afzetting (klei, zand) duurzaam kunnen worden gewonnen zonder onomkeerbare uitputting van de grondstof (13).

Voor een volledige milieuanalyse dient echter ook rekening gehouden te worden met alle milieu-impact factoren zoals fijnstof en eutrofiering (vergroten / verkleinen voedselrijkdom), maar ook de impact van onderhoud (bijv. eens in de 5 jaar schilderen). Voor circulair bouwen moet ook rekening worden gehouden met welke grondstoffen/materialen er vrijkomen bij renovatie en sloop van gebouwen en op welke manier deze al of niet hoogwaardig kunnen worden ingezet. (14)

5 Onderzoek ontwerp en materiaal Stadspark

Voor het ontwerp van de recreatiewoning heb ik per toegepast materiaal gekeken uit welke grondstof deze bestaat, of deze grondstof eindig of oneindig is, of de oorsprong nieuw of hergebruikt is, of het materiaal een mogelijkheid tot hergebruik heeft in een latere levensfase en tot slot of het materiaal ook onderhoud nodig heeft tijdens zijn levensduur.

De meest belangrijke bevindingen staan hieronder per toegepast materiaal beschreven. Het volledige overzicht staat in tabel 2.

5.1 Toegepaste materialen

Fundering: voor de fundering kunnen we deels gebruik maken van bestaande betonplaten die in de grond zitten op het perceel. Voor de delen waar deze platen niet aanwezig zijn maken we gebruik van grind in pvc-pijpen.

Het beton is niet te hergebruiken waardoor het lager scoort. Het grind kan daarentegen wel makkelijker worden hergebruikt. De pvc-pijp kan tweedehands worden aangeschaft wat de milieubelasting vermindert.

Constructiehout: het project wordt constructief uit hout opgebouwd. Houten balken kunnen makkelijk tweedehands worden aangeschaft. Belangrijk is er op te letten dat de oorsprong van het hout voldoet aan de huidige regelgeving betreffende ontbossing, bijvoorbeeld hout met het FSC keurmerk.

Houten plaatmaterialen zijn daarentegen moeilijker hergebruikt te krijgen. Door het verwerken (zagen, lijmen, schroeven) van de platen is dit een materiaal dat veel te verduren krijgt. Ook is het productieproces van houten plaatmaterialen een proces waar chemicaliën zoals formaldehyde gebruikt worden. Tegenwoordig zijn er wel biobased alternatieven lijmen die formaldehyde-vrij zijn. Zoals zetmeellijm of beenderlijm, maar deze zijn nog lastig commercieel te verkrijgen in plaatmateriaal. (15)

Een alternatief voor hout, als dit niet van hergebruikte bron te verkrijgen is, zou biologisch geteelde bamboe kunnen zijn. Bamboe is een snel groeiende plant waar inmiddels al veel mogelijkheden in zijn zoals: constructiehout, gevelbekleding en plaatmateriaal. De sterkte van bamboe komt overeen met dat van tropisch hardhout. Bijzonder is ook dat je niet steeds nieuwe bamboe bossen hoeft te planten. Na het kappen groeit de bamboe namelijk gewoon weer verder. (16)

Kozijnen, ramen, deuren: de kozijnen, ramen en deuren worden vervaardigd uit hergebruikte materialen. Dit type bouw materiaal is makkelijk hergebruikt te krijgen. Omdat we niet weten wat de exacte afmetingen zijn van de beschikbare materialen, wordt dit in tijdens de bouw afgestemd. Nadeel van deze gekozen materialen is wel dat ze onderhoud nodig hebben. Belangrijk hierbij is om te kiezen voor milieuvriendelijke afbreekbare onderhoudsmiddelen en verven. Je kunt bij deze producten vaak na licht schuren en ontvetten over de oude verflagen heen schilderen.

Gevelbekleding: de gevel wordt opgebouwd uit houten regelwerk, met verticale houten geveldelen. Het benodigde hout is relatief makkelijk hergebruikt te vinden. Belangrijk is

wel dat de gevel demonteerbaar wordt geplaatst. Bijvoorbeeld door zichtbare schroefgaten of een beddenhaaksysteem. Ook heeft de gevel onderhoud nodig. Dit kan gebeuren met biobased materialen of door het hout te branden volgens de shou sugi ban methode. Dit is een traditionele Japanse brandtechniek om hout te mee te conserveren. Door het branden ontstaat een koollaag dat het hout beschermd tegen weervloeden. Voordeel van deze methode is dat de opdrachtgever dit zelf kan uitvoeren en de uitstaling is esthetisch ook erg krachtig.

Isolatie: voor de isolatie is gekozen om een dampopen isolatiemethode toe te passen. Dit scheelt in de uitvoering één folie. Ook is hiermee het binnenklimaat prettiger en gezonder. De isolatie materialen uit hernieuwbare bronnen zoals hergebruikt katoen of vlas zijn makkelijk te verkrijgen. Bovendien zijn deze materialen goed te hergebruiken in een volgende levensfase. Door de wandplaten met schroefgaten in het zicht te plaatsen zijn de isolatieplaten in een latere fase toegankelijk voor demontage.

Folies: folies zijn een veel gebruikt bouw materiaal. In dit project heb ik door de dampopen keuze twee folies nodig. Een dampdoorlatende-lucht-en-waterdichte folie in de houtskeletbouw wand en een dampdoorlatende-waterdichte-dakbedekking op het dak.

Voor groene vegetatie daken is een sterke kwaliteit folie nodig om de wortels te weren. Een veel gebruikte toepassing hier is een EPDM folie. Waar folies voorheen veelal uit petroleum zijn gemaakt zijn er nu ook ontwikkelingen om dit uit biobased herbruikbare grondstoffen te fabriceren. Zo heeft leverancier Derbigum een puur plantaardige dakbedekking. (17) Voor de dakbedekking onder het groene dak is dit echter geen goede oplossing. Wel is er inmiddels EPDM verkrijgbaar met tot 70% biobased content. (18)

Kantplank: de meest toepasbare oplossing voor de aansluiting van een gevel met maaiveld is een vezelcement kantplank. De standaard kantplank bestaat uit een vezelcement composiet materiaal in combinatie met PIR isolatie aan de achterzijde. Het vezelcement composiet heeft niet een hele hoge milieu-impact. Het PIR is echter wel een erg milieubelastend. Hergebruikte tweedehandse kantplanken zijn moeilijk te vinden. Voor dit project heb ik gekozen voor een meer milieuvriendelijker alternatief van een biobased vezelcement plaat (bijvoorbeeld cemplaat of hennepvezel), met een natuurlijke sterke natuurlijke isolatieplaat van hennep aan de achterzijde.

Groen dak: de toepassing van een groen vegetatiedak heeft vele voordelen zoals het vasthouden van water (isolerend vermogen), en het vergroten van de biodiversiteit. Voor de opbouw van het groene dak is echter wel een kunststof dakbedekking, worteldoek en drainage plaat nodig. Deze materialen zijn veelal gemaakt uit petroleum houdende, milieubelastende materialen. Voor dit project heb ik gekozen om kunststof alternatieven toe te passen die gedeeltelijk uit gerecycled materiaal bestaan. (19)

Een alternatief is om het groene dak als Turfdak uit te voeren. Dit zijn groene daken die vroeger veel in Scandinavië en IJsland werden toegepast. Dit groene dak is geheel op natuurlijke wijze opgebouwd. De laag turf dient als basis voor de vegetatie. Het turf kan niet wegwaaien of verzakken omdat het in balen is samengeperst. Turf bevat tevens een uitstekende opslagcapaciteit voor lucht en water.

Leidingwerk: leidingwerk is vaak van PVC gemaakt. Dit is een op petroleum gebaseerde thermoplastische kunststof. Net zoals PE, PP, PC en PS. Deze grondstoffen hebben een hoge milieubelasting voor de aarde. Ze zijn echter wel her te gebruiken in tegenstelling tot thermohardende kunststoffen. (20)

De mogelijkheden om petrochemische kunststoffen door hernieuwbare grondstoffen te vervangen worden onderzocht: deze producten zijn nog niet commercieel verkrijgbaar. (21).

Aluminium: aluminium daktrim en waterslag. Aluminium heeft een hoge milieu impact. Onder bepaalde voorwaarden kan het product echter wel hergebruikt worden. Waterslagen en afdekprofielen zijn gemakkelijker her te gebruiken dan daktrimmen. Bij een daktrim zit vaak veel bitumineuze dakbedekking vast aan het aluminium. Om dat van elkaar te scheiden is een tijdrovend en kostbaar proces.

Onderzoekers zijn nu bezig om bepaalde bouwmaterialen uit biobased kunststoffen 3D te printen. Zo kunnen straks scharnieren, deurkrukken, daktrimmen, waterslagen, beugels en ventilatieroosters 3D geprint worden van ecologisch afbreekbaar materiaal. (22) Dit is echter op dit moment nog niet commercieel verkrijgbaar.

Kunststeen: optioneel is de toepassing van een kunststenen onderdorpel. Composietsteen bevat minerale vulmiddelen zoals kwartzand, met deels biobased kunsthars. Het bindmiddel is 54% biobased. (23) Kunststenen onderdorpels zijn goed hergebruikt te vinden en kunnen ook weer hergebruikt worden na hun eerste levensfase. Een alternatief is om de kozijnen bij de entree niet te voorzien van kunststenen dorpels, maar in hout uit te voeren. Dit vergt wel meer onderhoud.

Tegels: In de badkamer zijn tegels nodig. Hiervoor heb ik keramische tegels met een geglaazuurde laag gekozen. Keramische tegels zijn gemaakt van klei en zand. Deze grondstoffen zijn niet heel milieubelastend. Herbruikbaar zijn ze echter ook niet goed, omdat ze vastgelijmd worden. Een mogelijkheid is om afgekeurde tegels via internet te kopen. Een alternatief is om een douchebak in de badkamer te plaatsen die demonteerbaar is. De vloer en de wand kunnen dan met een natuurlijke coating behandeld worden.

Een ander alternatief is om tadelakt kalkstucwerk toe te passen in de natte ruimten. Dit is een oude techniek op basis van leem en kalk wat waterkerende eigenschappen heeft. Tadelakt aanbrengen vergt vakmanschap waardoor dit een kostbare optie is.

Sanitair: sanitair is meestal ook een keramisch product van klei en zand. Hergebruikte sanitaire elementen zoals wasbakken, douchebakken en toiletpotten zijn goed te vinden op internet. Deze kunnen ook demonteerbaar worden geplaatst en vragen weinig onderhoud. Biobased alternatieven zijn in ontwikkeling van vlas en hennep alternatieven.

Rocketstove: de gekozen verwarmingsvoorziening is een rocketstove. Een rocketstove is een soort houtkachel met een relatief kleine verbrandingskamer. Deze kamer bereikt hele hoge temperaturen wat ervoor zorgt dat hout op een hele efficiënte manier verbrand. De warme lucht wordt vervolgens door geïsoleerde kanalen geleid met

daaromheen een thermische massa van bakstenen en leem. Deze massa slaat de warmte op zodat je er langdurig plezier van hebt.

De kanalen met leem zijn ontworpen als zitbank waar je in de winter lekker warm kunt worden. De kachel is zo geplaatst dat je er ook op kunt koken. Met een hergebruikte stalen plaat op de bovenkant van de kachel heb je een kook mogelijkheid.

Door de hoge temperatuur wordt het hout heel efficiënt verbrand. De rocketstove heeft daardoor de helft minder hout nodig dan bij een traditionele kachel. Door de hoge verbrandingstemperatuur is de uitstoot rookgas ook vele malen lager dan bij normale houtkachels.

De toegepaste materialen: bakstenen en leem zijn gemakkelijk herbruikbaar te krijgen en kunnen na hun eerste levensfase tevens redelijk gemakkelijk gerecycled worden.

Rookgas afvoer: voor de rocketstove is leidingwerk nodig. Waar in het XX gebouw de ventilatieleidingen in karton konden worden uitgevoerd is dit voor rookgasafvoeren helaas nog niet mogelijk, omdat hierin de temperatuur veel te hoog wordt. Het staal dat nodig is heeft een hoge milieubelasting. Hergebruikte stalen afvoerbuizen zijn gemakkelijk tweedehands te vinden en goed demonteerbaar te installeren. Dat komt de circulariteit ten goede.

5.2 Manier van bevestigen

Belangrijk in het ontwerp en de uitvoering van de recreatiewoning is de manier waarop de materialen zijn bevestigd. Door de materialen zo te monteren dat deze in een latere levensfase hergebruikt kunnen worden, is hergebruik in theorie mogelijk.

Zo kunnen de houten balken met balkschoenen bevestigd worden en de houtskeletbouwconstructie met beplating kan met de schroefgaten in het zicht worden gemonteerd. De houten gevelbekleding kan met een beddenhaak-systeem, of prefab op een houten-achter-constructie bevestigd worden.

Bij de dakbedekking en rioleringsleidingen is dit lastiger. Dit zijn producten deels op petroleum basis die je niet zo snel hergebruikt weer toepast. Fabrikanten nemen deze producten vaak wel terug om de grondstoffen om te smelten en op deze manier weer her te gebruiken. Dit productieproces is echter niet zonder negatieve gevolgen voor de aarde.

In de gehele uitvoering is het belangrijk om de aansluitingen van de verschillende materialen met zorg te realiseren. Dit maakt hergebruik in de toekomst mogelijk.

5.3 Bevindingen toegepaste materialen

Materiaal gebouw	Grondstof	Grondstof eindigend?	Oorsprong	Mogelijkheid tot hergebruik?	Onderhoud nodig?	Eindscore
Fundering	Beton	XX	bestaand	Nee	Nee	000
	Grind	X	hergebruikt	Ja	Nee	00
Houten balken	Bomen (FSC)	X	Hergebruikt	Ja	Nee	0000
Plaatmateriaal hout	Bomen, hout, FSC, KOMO + lijm	XX	Nieuw	Moeilijk	Nee	00
	Bomen, hout, FSC	X	Hergebruikt	Ja	Ja	000
Kozijnen, hout	Hout, bomen, FSC	X	Hergebruikt	Ja	Ja	000
Gevelbekleding	Katoen, vlas	X	Hergebruikt	Ja	Nee	0000
Isolatie	Petroleum, aardgas	XXXX	Hergebruikt / nieuw	Ja	Nee	0
Folies	Petroleum, vezelcement	XXX	Hergebruikt	Ja	Nee	00
Kantplank	Organisch materiaal, petroleum	XX	Nieuw	Nee	Ja	00
Groen dak	Petroleum	XXXX	Hergebruikt / nieuw	Ja	Nee	00
Leidingwerk, pvc	Aluminium	XXX	Nieuw	Moeilijk	Nee	00
Daktrim	Aluminium	XXX	Hergebruikt	Ja	Nee	000
Waterslag	Kunststeen	X	Hergebruikt	Ja	Nee	0000
Onderdorpel	Klei / Zand	XX	Nieuw	Nee	Nee	00
Tegelwerk	Klei / Zand	XX	Nieuw	Ja	Nee	00
Sanitair	Petroleum	XXXX	Nieuw	Ja	Nee	0
Leidingwerk	Baksteen	XX	Hergebruikt	Ja	Nee	000
Rocketstove	Leem	X	Hergebruikt	Ja	Nee	0000
Rocketstove	Staal	XXX	Hergebruikt	Ja	Nee	000
Rookgas afvoer						

Tabel 2

Wijze van beoordelen toegepaste materialen

- -Grondstof eindig of oneindig
- -Oorsprong hergebruikt of nieuw
- -Mogelijkheid tot hergebruik toekomst
- -Onderhoud nodig tijdens levensduur

Score

- 0 = slecht voor het milieu / circulariteit
- 0000 = minst slechte keuze voor het milieu / beste voor circulariteit

5.4 Locatie toegepaste materialen

Materiaal gebouw	Materiaal	Locatie
Fundering	Beton	Bestaand
	Grind	Lokale bouwmarkt
Houten balken	Bomen (FSC)	Gebruiktebouwmaterialen.com
Plaatmateriaal	Bomen, hout, FSC, KOMO + lijm	Lokale bouwmarkt, zie info
Kozijnen, hout	Bomen, hout, FSC	Gebruiktebouwmaterialen.com – oogstkaart.nl
Gevelbekleding	Hout, bomen, FSC	Oogstkaart.nl / timmerfabriek / marktplaats
Isolatie	Katoen, vlas	Vrk-isolatie, isovlas,
Folies, dak, wand	Petroleum, aardgas	Proclima,
Kantplank	Petroleum, vezelcement	Bouwmarkt
Groen dak	Organisch materiaal, petroleum	Bouwmarkt
Regenpijp, pvc	Petroleum	Marktplaats
Daktrim	Aluminium	Bouwmarkt
Waterslag	Aluminium	Marktplaats
Onderdorpel	Kunststeen	Marktplaats
Tegelwerk	Klei / Zand	Mosa
Sanitair	Klei / Zand	gebruiktebouwmaterialen.com
Leidingwerk	Petroleum	Bouwmarkt
Rocketstove	Baksteen	Marktplaats
Rocketstove	Leem	Marktplaats
Rookgas afvoer	Staal	Marktplaats

Tabel 3

6 Conclusie

6.1 Onderzoek circulair en biobased bouwen

De aarde is een prachtige planeet met complexe ecosystemen die wij natuur noemen. Ecosystemen zoals bossen, graslandschappen, koraalriffen, meren, woestijnen, maar ook de aarde zelf kan je zien als een groot ecosysteem. Wij, mensen, hebben grote impact op het ecosysteem aarde door de grote hoeveelheden grondstoffen die we verbruiken en de daarbij komende vervuiling. Als we op deze manier verder gaan dan gaat dit prachtige ecosysteem, waar wij deel van uitmaken, snel verloren.

Gelukkig zijn steeds meer mensen zich hier bewust van en worden er milieuvriendelijkere alternatieven ontwikkeld. Ook in de bouwwereld, waar veel grondstoffen verbruikt worden, is hier volop in ontwikkeling. Het bij elkaar brengen van grondstof, productie, verwerking, ontwerp, uitvoering en onderhoud in een circulair biobased geheel is een grote uitdaging.

Om vanuit mijn onderzoek naar circulariteit en biobased bouwen een recreatiewoning te ontwerpen die volledig aan deze principes voldoet, heeft me veel inzicht gegeven in deze complexe processen. Er is al veel informatie beschikbaar over circulair en biobased bouwen. Eenduidige richtlijnen of praktijkvoorbeelden van volledig circulaire projecten zijn schaars. Projecten die nu de titel “circulair gebouw” krijgen bestaan vaak maar uit een aantal her te gebruiken onderdelen. Hierdoor lijkt het soms meer een marketingverhaal, dan dat er echt bewust is nagedacht over de toe te passen materialen.

Om een heel project volledig circulair zonder negatieve milieu-impact te ontwerpen en realiseren is erg lastig. Om toch grip te krijgen op deze vraag heb ik gekeken naar de milieu-impact van een bouwgrondstof. Hierin heb ik meegenomen: het aardopwarmingsvermogen, het verzuringspotentieel en het fotochemisch ozon-scheppend potentieel. Dit geeft al veel inzicht in de impact die een bepaalde grondstof heeft op de aarde. Toch is dit nog steeds niet het volledige verhaal.

Zoals aangegeven in de catalogus biobased bouwen dient voor een volledige milieuanalyse rekening gehouden te worden met nog meer milieu-impact factoren zoals onderhoud, fijnstof en het vergroten of verkleinen van voedselrijkdom. De impact op het gehele ecosysteem aarde is iets waar we nu dus nog geen inzicht in hebben. Het is dus mogelijk dat de milieu-impact nog veel hoger is dan waar we nu bewust van zijn.

Naast het hergebruiken van grondstoffen en materialen in een gesloten kringloop (circulair bouwen) heb ik daarom ook gekeken naar de mogelijkheid om grondstoffen op natuurlijk afbreekbare basis te krijgen (biobased bouwen).

Er komen steeds meer biobased bouwmaterialen op de markt die een lage milieu-impact op de aarde hebben. Hierdoor wordt het in de toekomst nog makkelijker om geheel biobased te bouwen. Zo zijn er nu al dakfolies van natuurlijk afbreekbaar materiaal te verkrijgen en zijn er ontwikkelingen op het gebied van 3d geprinte bouwmaterialen met ecologisch afbreekbare grondstoffen. Dit staat nog in de kinderschoenen en is niet makkelijk toegankelijk, maar het biedt wel veel mogelijkheden voor de toekomst.

6.2 Evaluatie ontwerp en materiaal recreatiewoning Stadspark

Wanneer ik kijk naar de toepaste materialen in de recreatiewoning dan scoort deze slecht op het gebruik van materialen bestaande uit aluminium en grondstoffen op petroleumbasis. Daktrimmen, waterslagen, leidingwerk en folies zijn op basis van aluminium en petroleum. Dit zijn grote vervuilers volgens de milieu-impact score en (biobased) alternatieven zijn nauwelijks ontwikkeld en slecht verkrijgbaar.

Bij een aantal oplossingen heb ik alternatieve detailleringen onderzocht. Zoals het kozijn zonder negge uitvoeren, om zo een waterslag uit te sparen. Deze oplossing is uiteindelijk niet gekozen na overleg opdrachtgever.

De recreatiewoning scoort wel weer goed in de toegepaste materialen voor isolatie en leem. Dit zijn materialen die een lage milieu-impact hebben en relatief makkelijk her te gebruiken zijn.

Ook hout scoort goed op de milieu-impact factoren. Hout is een veel gebruikt materiaal bij “groene circulaire” projecten. Houten balken, -kozijnen en gevelplanken kunnen relatief makkelijk hergebruikt worden.

Uiteindelijk constateer ik dat ik met de recreatiewoning best een heel eind gekomen ben om volledig circulair en biobased uit te voeren; dat is mooi. De woning wordt door de opdrachtgever zelf gebouwd. Tijdens de uitvoering blijf ik nauw betrokken om alle keuzes te overwegen om zo het project niet alleen op papier een circulaire biobased woning te laten zijn.

6.3 Afsluiting

Tijdens het onderzoek naar de milieu-impact van materialen en grondstoffen merkte ik op dat er nog lang niet met alle impactfactoren gerekend wordt. Toetsingscriteria zijn mijn inziens onvolledig. Hout wordt aangemerkt als duurzaam materiaal dat CO² opslaat. Dus bouwt iedereen nu “duurzame” projecten in hout.

Hout geen duurzaam materiaal als je niet goed nadenkt over het effect dat kappen heeft op het gehele ecosysteem. Dat is voor mij wellicht de kern van circulair bouwen. Soms ben ik in dit project genoodzaakt geweest om keuzes te maken die minder duurzaam waren dan ik zou willen. Ik heb er echter wél goed over nagedacht en heb de voor en tegens tegen elkaar afgewogen. Tot de tijd dat we alle materialen hergebruikt gebruiken en weer kunnen gebruiken, is het goed nadenken over wat je teweeg brengt met je ontwerp en de weg om te komen tot een volledig circulair gebouwde omgeving.

De hele klimaatdiscussie is een heet debat met voor- en tegenstanders. Er ligt nu veel focus op CO² en alle economische maatregelen die daarbij worden genomen. Aan de ene kant wordt aangegeven dat de uitstoot van broeikasgassen, zoals CO², een grote bijdragen hebben aan temperatuurstijging. Aan de andere kant zijn er wetenschappers die aangeven dat de temperatuur altijd onderhevig is geweest aan schommelingen en dat bij een verhoging van de temperatuur altijd een toename in CO² te zien is (24)(25). Een verhitte discussie waar niemand uit lijkt te komen.

Uiteindelijk denk ik dat het ook interessanter is om de focus niet te leggen op CO², temperatuurstijging, klimaatwaarde en klimaatbelasting, maar op de uitputting en vervuiling van de aarde. Ik blijf daarom de ontwikkeling van biobased materialen met interesse volgen.

Een afsluitende vraag die dit onderzoek bij mij oproept en mogelijk een interessant vervolg, is:

Hoe kunnen we het menselijk leven op aarde met alle behoeftes zoals onderdak, huisvesting, voedsel en mobiliteit inpassen in de complexe ecosystemen van de aarde zonder daarbij een verstoring aan te brengen?

Dat is een vraag die misschien nog wel dieper rijkt dan het planten van bomen om zo de circulaire doelstelling te kunnen behalen, de temperatuur stijging tegen te gaan of je klimaatbelasting te behalen. Een belangrijke vraag die misschien maar weinig mensen zichzelf willen stellen.



7 Gebruikte bronnen en referenties

- (1) **Wij gaan circulair.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://www.bna.nl/wij-gaan-circulair/>
- (2) **Wij gaan circulair.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://www.bna.nl/wij-gaan-circulair/>
- (3) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen.** Wageningen Food & Biobased Research. 17-18. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (4) **Wat is biobased bouwen.** (z.d.). Geraadpleegd op van <http://www.technischwerken.nl/kennisbank/duurzaamheid/wat-is-biobased-bouwen/>
- (5) **Wat is nu eigenlijk biobased bouwen.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20150320-wat-is-nu-eigenlijk-biobased-bouwen>
- (6) **Oerbossen het probleem.** (z.d.). Geraadpleegd op van <http://www.greenpeace.nl/campaigns/oerbossen-2/Het-probleem/>
- (7) **Kritiek op FSC in Congobekken.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://www.houtwereld.nl/houtnieuws/kritiek-op-fsc-in-congobekken/>
- (8) **Biodiversiteit van regenbossen.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/biodiversiteit-van-regenbossen/>
- (9) **Aardopwarmingsvermogen.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Aardopwarmingsvermogen>
- (10) **Verzuringspotentieel.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/acidification-potential>
- (11) **Fotochemisch-ozon-scheppend-potentieel.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://www.bregroup.com/greenguide/page.jsp?id=2104>
- (12) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen.** Wageningen Food & Biobased Research. 15-16. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (13) **Deltares**, 2009; PBL, 2009
- (14) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen.** Wageningen Food & Biobased Research. 15-16. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (15) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen.** Wageningen Food & Biobased Research. 29-30. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (16) **Is bamboe duurzaam.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://www.bamboebouwnederland.nl/info/is-bamboe-duurzaam>
- (17) **Plantaardige dakbedekking.** (z.d.). Geraadpleegd op van <https://derbigum.nl/dakbedekkingssystemen/plantaardige-dakbedekking>

- (18) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen**. Wageningen Food & Biobased Research. 56-57. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (19) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen**. Wageningen Food & Biobased Research. 47-48. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (20) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen**. Wageningen Food & Biobased Research. 47-48. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (21) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen**. Wageningen Food & Biobased Research. 49-50. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (22) **3D print je bouwmaterialen van biobased kunststoffen**. (z.d.). Geraadpleegd op van https://issuu.com/borgerparkmedia/docs/azuyd_dec2013_compleet_150dpi_issuu/11
- (23) Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen**. Wageningen Food & Biobased Research. 47-48. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (24) **Vostok ice core: climate response to CO2 and orbital forcing changes over last climate cycle**. Nature 329, 414-418 (October 1987)
- (25) Crok, M & De Vos, R. Stichting de Groene rekenkamer. **Waarom de KNMI scenario's niet zullen uitkomen**.

7.1 Tabellen

- (1) **Tabel 1:** Energie en milieu-indicatoren voor verschillende bouwmaterialen (Asif, 2009). Van Dam, J & van den Oever, M. (2019). **Catalogus biosbased bouwmaterialen 2019 – Het groene en circulaire bouwen**. Wageningen Food & Biobased Research. 14-15. [https:// doi.org/10.18174/461687](https://doi.org/10.18174/461687)
- (2) **Tabel 2:** Bevindingen toegepaste materialen Stadspark
- (3) **Tabel 3:** Locatie toegepaste materialen Stadspark

7.2 Aanvullende informatie

- Multiplex info: Hout FSC of keurhout duurzaam logo, formaldehyde uitstoot laag (E1-norm, KOMO keurmerk): <https://www.eco-logisch.nl/CommunityArtikel.aspx?ContentID=321>
- Hergebruikte balken: <https://gebruiktebouwmaterialen.com/houten-balken-8-x-20-cm-75-x-200-mm-1088.html>
- Isolatie: <https://www.vrk-isolatie.nl/isolatie>
- PIR info: <https://www.eco-logisch.nl/CommunityArtikel.aspx?ContentID=4910>
- Damp-open isoleren: <https://www.eco-logisch.nl/kennisbank-Damp-open-isoleren-139>
- Daktrim: mogelijkheid tot hergebruik aluminium:
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:076a71c4-d2ec-4a9d-bbc1-0cdf0dea05e2/datastream/OBJ/download>
- Mosa cradle to cradle: <https://www.mosa.com/nl-nl/mosa/duurzaamheid/cradle-to-cradle>
- Turfdaken: <https://www.groendak.info/overige-groenedaken/turfdak/>
- Groene rekenkamer: <https://groene-rekenkamer.nl/>
- Trouw: Twijfel zaaien tegen de klimaatgekkies: <https://www.trouw.nl/home/twijfel-zaaien-tegen-de-klimaatgekkies~a892ca53/>