

# BOUWEN MET WATER

Kunnen we de toenemende waterrijke gebieden inzetten voor de teelt van grondstoffen voor bouwmaterialen?

Bo Martens  
2e master architectuur  
Universiteit Hasselt - faculteit Architectuur & Kunst  
Masterscriptie 2021-2022  
Promotor: Prof. Dr. Ir. Arch. Griet Verbeeck  
Studiobegeleiders Prof. Arch. Johan Berben, Prof. Arch. Eef Boeckx

Seminarie: Circulair Bouwen  
Masterstudio: Studio Degrowth



# VOORWOORD

---

Voor u ligt de scriptie ‘Bouwen met water - Kunnen we de toenemende waterrijke gebieden inzetten voor de teelt van grondstoffen voor bouwmaterialen?’ Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Architectuur binnen de faculteit Architectuur en Kunst aan de universiteit Hasselt.

De keuze voor dit onderwerp is voortgekomen uit mijn opleiding. Vooral de laatste jaren is mijn aandacht naar de relatie tussen architectuur en de impact op ecologie en de circulaire economie gegaan.

De scriptie is tot stand gekomen met de hulp van enkele personen die ik graag wil bedanken. Als eerste bedank ik mijn promotor

Griet Verbeeck voor de ondersteuning tijdens dit traject, het grondig nalezen, de opmerkingen en de begeleidingen voor mijn scriptie. Dit heeft ervoor gezorgd dat ik dit onderzoek tot een goed einde heb kunnen brengen. Verder wil ik de studiobegeleiders, Jo Berben en Eef Broeckx, bedanken voor hun kennis en feedback. Ik wil ook Robrecht Keersmaekers en Peter op’t Veld danken voor hun hulp bij het bouwkundig deel. Tenslotte bedank ik ook mijn ouders, familie en vrienden voor de praktische, maar ook morele ondersteuning bij de totstandkoming van deze scriptie, maar ook voor hun steun tijdens alle fases van mijn studie.

Ik wens u veel plezier bij het lezen van deze scriptie!

Bo Martens  
Bilzen, 22.04.2022

## ABSTRACT

---

**Gezien de toenemende klimaatproblemen is het nodig dat we in alle sectoren, alsook architectuur, ons steentje bijdragen om een betere toekomst tegemoet te kunnen gaan. Zo wordt duurzaam en ecologisch verantwoord bouwen hoe langer hoe belangrijker. Één manier om dit te bekomen is het bouwen met lokale materialen.**

Wanneer men zich de vraag stelt wat lokaal beschouwd kan worden in België hoeft men vandaag nog maar de krant te openen om het volgende te lezen; ‘Extreem regenfront door opwarming aarde’ (Van den Eynde & Debeuckelaere, 2021), ‘Ravage na ware zondvloed in ons land wordt duidelijk’ (Cardoen et al., 2021), ‘Extreme wateroverlast zal vaker voorkomen’ (Glas, 2021), enzoverder. Wat is er tegenwoordig lokaler in België dan water? Zeker als men weet dat voor het einde van deze eeuw de winters beduidend natter zullen worden en er, gemiddeld over België, geen of lichte daling van neerslag wordt verwacht in de zomer.

Het doel van dit onderzoek is om te bestuderen op welke manier we de toenemende waterrijke gebieden in België kunnen inzetten zodat ze een meerwaarde kunnen bieden voor de bouwsector. Natte teelt, landbouw in waterrijke gebieden, zou een oplossing kunnen zijn. In tegenstelling tot traditionele landbouw, zorgt natte teelt voor het behouden van biodiversiteit, het voorkomen van schadelijke bodemdaling en het opslaan van CO<sub>2</sub>.

Aan de hand van een literatuurstudie wordt er onderzocht op welke manier we aan landbouw kunnen doen in waterrijke gebieden, wat voor planten er geteeld worden en op welke manier we deze planten kunnen inzetten als grondstof voor

materialen binnen de bouwsector. Daarnaast wordt er onderzocht op welke manier we met deze materialen kunnen bouwen en wonen.

Het resultaat van dit onderzoek is een overzicht van de verschillende materialen binnen de natte teelt die ingezet kunnen worden als bouwmaterialen. Hierbij wordt de nodig informatie vermeld zoals eigenschappen, oogstbrengrst, isolatie- en draagvermogen, enzoverder, om op die manier aan de slag te kunnen gaan met de materialen.

Uit het onderzoek naar het potentiële van lisdodde, riet en wilg is gebleken dat de lisdodde het meest geschikt is binnen de bouwsector. Toch heeft eenieder gewas zijn eigen voordelen, waarmee dus de te kiezen teelt afhankelijk zal zijn van het doeleinde waarvoor het gebruikt zal worden. Tenslotte dragen de drie gewassen ook bij aan het behouden van het ecosysteem.

Op basis van de resultaten van de literatuurstudie wordt de link naar het gebied de Wijers gemaakt om een concrete situatie uit te werken, analoog met het masterproject uit de Studio Degrowth. Er wordt hier gefocust op één bepaald bouwmetaal, nl. de lisdodde. Hiermee wordt er onderzocht of het haalbaar is om in de toekomst te bouwen met grondstoffen gewonnen uit waterrijke gebieden, én waarbij het klimaat er baat bij heeft.

## ABSTRACT IN ENGLISH

---

**Considering the increasing climate problems, all sectors, including architecture, must do their bit to ensure a better future. This way, sustainable and ecological building practices are becoming increasingly indispensable. One way to achieve this is through the utilization of local materials.**

Only by going through our local newspapers, one can easily deduce the possible risks of climate change in Belgium: 'Extreme rain front due to global warming' (Van den Eynde & Debeuckelaere, 2021), 'Ravage after major flood in our country becomes visible' (Cardoen et al., 2021), 'Extreme flooding will become more frequent' (Glas, 2021), and so on. What's more local in Belgium today than water? Especially knowing that, by the end of this century, winters will become significantly wetter and that no or only just a slight decrease in rainfall is expected in summer in Belgium.

The aim of this research is to analyze how we can make use of these increasing wet areas in Belgium so that they can provide added value to the construction sector. Wet cultivation, agriculture in water-rich areas, can possibly be a conceivable solution. In contrast to traditional agriculture, wet cultivation ensures the preservation of biodiversity, the prevention of damaging subsidence and the storage of CO<sub>2</sub>.

On the basis of a literature study, research will be carried out into how we can develop agricultural practices in water-rich areas, what type of plants are cultivated and how we can use these plants as raw materials for products within the construction sector. In addition, reference will be made to possible methods of

construction based thereupon.

The result of this research is to offer an overview of the various materials within wet cultivation that can be used as building materials. The necessary information - such as characteristics, crop yield, insulation- and load-bearing capacity - is hereby provided in order to start working with the materials.

The research on the potentiality of cattail, reed and willow has shown that the cattail can be considered most suitable within the construction sector. However, each crop has its own advantages, meaning that the ideal crop will depend on the purpose for which it will be used. Finally, all three crops anyway are able to contribute to an improvement of the natural values in the area and the preservation of the ecosystem.

Based on the results of the literature study, reference is also made to the Wijers area to work out a concrete situation, analogous to the master project from the Studio Degrowth. The emphasis in this regard is however reserved for only one building material in particular, namely the cattail. The aim is to investigate whether it is feasible in the future to build with raw materials that are extracted from wetlands and to designate their contribution in the combat against climate change.

# INHOUDSOPGAVE

---

VOORWOORD	3
ABSTRACT	4
ABSTRACT IN ENGLISH	5
<b>01 INLEIDING</b>	<b>8</b>
<b>02 LITERATUURSTUDIE</b>	<b>9</b>
2.1 Waterbeheer Vlaanderen	
2.1.1 Waarom worden waterrijke gebieden interessanter?	
2.1.2 Op welke manier kunnen we deze waterrijke gebieden inzetten?	10
2.2 Paludicultuur	11
2.2.1 Wat is paludicultuur?	12
2.2.2 Paludicultuur vs. traditionele landbouw	
2.2.3 Hoe en waar wordt er aan paludicultuur gedaan?	14
2.2.4 Welke gewassen kunnen geteeld worden?	15
2.3 Gewassen als grondstof voor bouwmaterialen	16
2.3.1 Lisdodde	
2.3.1.1 Beschrijving en teelt van de plant eigenschappen, aanplant en oogst, opbrengst, toepassingen	
2.3.1.2 Plant als bouw materiaal eigenschappen, isolatievermogen, draagvermogen productieprcs	20
2.3.1.3 Historische toepassingen	28
2.3.1.4 Hedendaagse toepassingen	36
2.3.2 Riet	40
2.3.2.1 Beschrijving en teelt van de plant eigenschappen, aanplant en oogst, opbrengst, toepassingen	
2.3.2.2 Plant als bouw materiaal eigenschappen, isolatievermogen, draagvermogen productieprcs	43
2.3.2.3 Historische toepassingen	46
2.3.2.4 Hedendaagse toepassingen	56
2.3.3 Wilg	61
2.3.3.1 Beschrijving en teelt van de plant eigenschappen, aanplant en oogst, opbrengst, toepassingen	
2.3.3.2 Plant als bouw materiaal eigenschappen, isolatievermogen, draagvermogen productieprcs	64
2.3.3.3 Historische toepassingen	67
2.3.3.4 Hedendaagse toepassingen	69

---

<b>03 VERGELIJKENDE ANALYSE</b>	74
3.1 Vergelijking beschrijving plant eigenschappen, aanplant en oogst, opbrengst, toepassingen	
3.2 Vergelijking plant als bouw materiaal eigenschappen, isolatievermogen, draagvermogen productieproces	75
3.3 Samenvattende tabel	80
3.4 Conclusie	81
<b>04 TERUGKOPPELING MASTERPROJECT</b>	82
4.1 Studio Degrowth	
4.1.1 Toelichting studio	
4.1.2 De Wijers	83
4.2 Basisprincipes	86
4.2.1 Lisdodde-oogst	88
4.2.2 Traditionele oogsttechniek als aanvulling op Bokrijk	90
4.2.3 Nieuwe typologie = station + productie	92
4.2.4 Architectuurproject uit lisdodde-materiaal	94
4.3 Persoonlijke reflectie	105
<b>05 FIGURENLIJST</b>	106
<b>06 LITERATUURLIJST</b>	113
<b>07 BIJLAGEN</b>	120

# 01

## INLEIDING

---

In België zien we dat er meer en meer waterrijke gebieden ontstaan. Dit heeft verschillende oorzaken. Enerzijds is er de klimaatverandering waardoor er meer overstromingen plaatsvinden. Daarnaast zorgen ook enkele menselijke ingrepen zoals het ontharden en het lokaal integreren van water voor meer waterrijke gebieden. Op dit moment zijn vele van deze waterrijke gebieden nog vrijwel onbenut. Nochtans kunnen deze gebieden zeer voordelig zijn voor een duurzame toekomst wanneer we dit op een juiste manier inzetten. Dit omdat waterrijke gebieden helpen bij het verminderen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en ons beschermen tegen extreme klimaatveranderingen.

In deze scriptie wordt er onderzoek gedaan naar een manier om deze waterrijke gebieden in te zetten voor teelt van grondstoffen voor bouwmaterialen.

Zo kunnen er verschillende maatschappelijk relevante problemen aangepakt worden. Enerzijds de onbenutte waterlandschappen

van België inzetten die toch een belangrijk aandeel hebben bij de koolstofopslag in onze gebieden. Anderzijds kan het de negatieve impact van de bouwsector op het klimaat naar beneden halen door regeneratieve materialen te leveren als alternatief op de traditionele 'cradle-to-waste materialen'. Op deze manier zou de druk op de beton-, staal-, houtsector vermindert kunnen worden.

Bijgevolg wordt er onderzoek gedaan naar wat deze toenemende waterrijke gebieden betekenen voor de bouwsector. Op welke manier we in waterrijke gebieden aan landbouw kunnen doen. Welke gewassen we kunnen telen in deze gebieden en welke materialen hieruit kunnen voortkomen. Tenslotte wordt er onderzocht op welke manier we kunnen bouwen met deze materialen en of dit een andere manier van wonen vraagt.

Hieruit volgt een overzicht waarin de materialen en hun toepassingen beschreven staan, zodat we hiermee aan de slag kunnen gaan.



In deze scriptie wordt er onderzocht of er een mogelijkheid is om waterrijke gebieden in te zetten voor de teelt van grondstoffen voor bouwmaterialen. Daarom wordt er in volgende literatuurstudie in eerste instantie bestudeerd waarom waterrijke gebieden interessant zijn en op welke manier we deze waterrijke gebieden kunnen inzetten. Vervolgens wordt er uitgeweid over de paludicultuur, dit is een teelt waarbij gewassen in een natte bodem staan. Aansluitend volgt een analyse van gewassen uit die paludicultuur die het meest perspectief bieden als grondstof voor bouwmaterialen, nl. de lisdodde, wilg en riet.

## 2.1 Waterbeheer Vlaanderen

### 2.1.1 Waarom worden waterrijke gebieden interessanter?

Waterrijke gebieden zijn de meest uiteenlopende ecosystemen op aarde. Ze helpen de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen door de ondergrondse veenlaag in stand te houden en kunnen de impact van extreme overstromingen tot een minimum beperken door een cruciale rol te spelen bij overstromingsbeheer. In regentijd fungeren ze als natuurlijke sponzen die overtollig regenwater absorberen en opslaan. Ze geven dan het opgehoopte water vrij tijdens het droge seizoen. Deze actie vermindert watertekorten en vertraagt het begin van droogtes (WWF België, 2021).

De studie van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) heeft aangetoond dat Vlaandere

ren liefst 75% van zijn wetlands verloor in de afgelopen 60 jaar. Dit omwille van stadsuitbreidingen en drooglegging van veel natte natuur voor traditionele landbouw. Daarnaast zien we dat hetzelfde INBO ook het potentieel voor herstel op 147.000 ha aangeeft. Dit omwille van de klimaatverandering die overstromingen, zeespiegelstijging, etc veroorzaken. Vervolgens is er een shift te zien van verharden naar ontharden en proberen we meer en meer water lokaal te integreren. Deze evenementen en maatregelen zorgen ervoor dat België steeds meer natte bodems bezit. Als we deze op een juiste manier inzetten, heeft zowel de natuur als de mens hier baat bij (Verachtert, 2022).

---

### 2.1.2 Op welke manier kunnen we deze waterrijke gebieden inzetten?

Zoals bovenaan besproken is het behouden van de waterrijke gebieden van cruciaal belang voor o.a. de klimaatopwarming, overstromingsbeheer, etc.

Één van de oorzaken van droogleggen is landbouw. Dit omdat de Belgische boeren meestal kiezen voor traditionele landbouw waarbij aardappelen en maïs geteeld worden. Deze traditionele landbouw heeft een droge bodem nodig waardoor droogleggen vaak noodzakelijk is (Van der Werf, 2018; Vanheukelom, 2018; Ysebaert, 2021).

Als we dit deel van droogleggen kunnen elimineren door van traditionele landbouw naar natte teelt te gaan, zouden we veel waterrijke gebieden kunnen beschermen. Natte teelt is landbouw waarbij de gewassen in het

water staan. Deze gewassen, zoals o.a. riet of lisdodde, groeien dus het best in waterrijke gebieden. In deze paper wordt er nog verder bestudeerd naar de voordelen die deze gewassen leveren en of we deze kunnen inzetten als grondstof voor bouwmaterialen. Zo wordt er een win-win-situatie gecreëerd wetende dat de bouwsector één van de meest vervuilende sectoren is.

Enerzijds worden waterrijke gebieden behouden waardoor CO<sub>2</sub> wordt opgeslaan onder de veenlaag en waardoor overstromingen onder controle blijven. Anderzijds worden de gewassen die geteeld worden in deze waterrijke gebieden ingezet als bouw materiaal om zo huidige CO<sub>2</sub>-emissies binnen de bouwsector te verminderen.

---

## 2.2 Paludicultuur

Tijdens mijn onderzoek naar planten en ander organisch materiaal bij waterrijke gebieden die als grondstoffen kunnen dienen als bouw materiaal, kwam ik terecht bij het onderwerp ‘natte teelt’, oftewel ‘paludicultuur’. Dit is een duurzame landbouwmethode op percelen met een hogere grondwaterstand. Hoewel de paludicultuur een vrij nieuw begrip in de landbouw is, dat zelfs pas in april 2021 zijn intrede in het Vlaams landbouwbeleid deed, zijn er al heel wat studies naar gedaan. In volgend hoofdstuk worden de verschillende documenten naast elkaar gelegd en met elkaar vergeleken om zo een juist en duidelijk beeld te krijgen van wat de paludicultuur inhoudt en waar het kan instaan voor het produceren van grondstoffen voor bouwmaterialen.



Afbeelding 1: Teelt op natte bodem, paludicultuur (Bestman, 2019)

---

### 2.2.1 Definitie paludicultuur

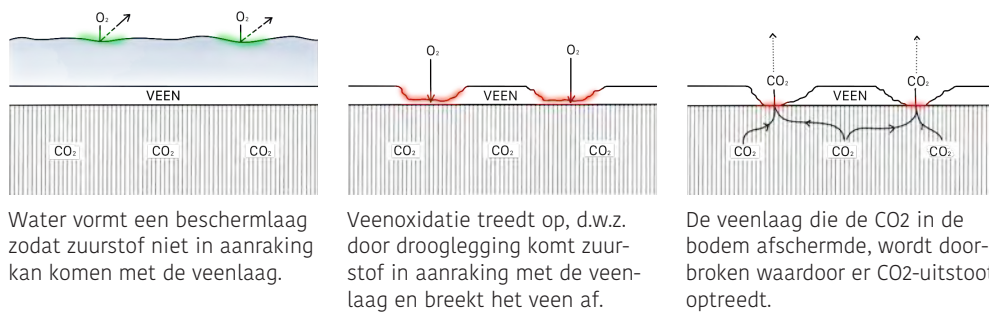
Natte teelt, of ook wel paludicultuur genoemd, is landgebruik onder natte omstandigheden, waarbij de grondwaterstand boven of rond het maaiveld staat. Bij paludicultuur wordt de teelt afgestemd op de van nature vochtige condities van de bodem in plaats van het aanpassen van de bodem door middel van drooglegging aan de teelt zoals bij traditionele

landbouw. In paludicultuur staan biomassaproductie, ecosysteemdiensten, veenbehoud, en zo ook CO<sub>2</sub>-opslag centraal. De natte teelt maakt het dus mogelijk om gewassen te telen in waterrijke gebieden zoals; lisdodde, wilgen of riet, zonder nefaste gevolgen voor het klimaat te veroorzaken (Bestman, 2019).

### 2.2.2 Paludicultuur vs. traditionele landbouw

Vandaag worden de meeste natte percelen drooggelegd omdat het veen, dat zich meestal in deze waterrijke gebieden bevindt, geen goede ondergrond is voor teelt van bijvoorbeeld maïs en aardappelen. Laat het nu net die gewassen zijn die in België het meest gewild zijn. Nochtans zorgt dit droogleggen voor meer slecht dan goed. Het kan een voortdurende bodemdaling veroorzaken die er ook voor zorgt dat veen wordt verteerd en hierdoor CO<sub>2</sub> uitstoot. Dit laatste fenomeen van CO<sub>2</sub>-uitstoot door veen noemt men veenoxidatie.

Een schematische weergave hiervan is verduidelijkt in Tekening 2. Veen bestaat grotendeels uit plantaardig materiaal waardoor het, zoals elk organisch materiaal, kan verteren. Dit komt doordat veen afbreekt wanneer dit met zuurstof in contact komt, wat gebeurt wanneer de watergebieden drooggelegd worden. Deze situatie speelt zich af wanneer de bodem geschikt wordt gemaakt voor landbouw. Daarnaast zorgt de veenoxidatie voor een volumeafname waardoor bodemdaling optreedt.



Tekening 2: Veenoxidatie (Eigen tekening obv Fritz et al., (2014), 2021)

Het kan leiden tot een verslechtering van oppervlakte- en grondwaterkwaliteit, hogere overstromingsrisico's en verlies van biodiversiteit. Paludicultuur is een methode dat hiervoor de oplossing kan bieden (Crevits & Talpe, 2021).

Fritz et al. (2014) vult hierop aan dat één hectare ontwaterde veengrond 20 tot 25 ton CO<sub>2</sub> per jaar uitstoot. Dit komt overeen met een auto die drie keer rond de aarde rijdt. Daarnaast wordt hier vermeld dat er in sommige gevallen zelfs sprake kan zijn van veenvorming, i.p.v. het aanwezige veen enkel te beschermen. Een volgend voordeel dat Vakblad Natuur Bos Landschap aanhaalt is dat er omwille van het telen van natte gewassen een buffer wordt gecreëerd tussen de natte natuur en de aangrenzende droge landbouwgebieden. Daarnaast wordt bij de paludicultuur het gewas gekozen op basis van lokale bodemeigenschappen. Dit in tegenstelling tot wat we vandaag vaak

zien waarbij de landbouwgrond aangepast wordt aan het gewas dat men wil telen. Dit laatste kan nadelig zijn voor de bodem en kan de biodiversiteit van het gebied verstoren. Het volgende voordeel dat zij aanhalen is dat de grondstoffen, geproduceerd op natte gronden, veel markten kunnen aanspreken. Zo kan van de lisdodde hoogwaardig ecologisch isolatie- en constructiemateriaal worden gemaakt. Er bestaat bovendien een grote variatie aan medicinale moerasplanten, die in paludicultuur geteeld kunnen worden. Meer uitleg over de verschillende gewassen komen in volgende onderdelen aan bod.

Hieruit kunnen we concluderen dat buiten het feit dat de paludicultuur niet de negatieve gevolgen op klimaat heeft zoals we dit wel zien bij de traditionele landbouw, maar ook zorgt voor een betere biodiversiteit, CO<sub>2</sub>-opslag, leveren van grondstoffen voor biologische materialen, enzoverder.

---

### 2.2.3 Hoe en waar wordt er aan paludicultuur gedaan?

Het concept van paludicultuur is toepasbaar op meerdere natte bodemtypes, maar op veenbodems is er een grotere meerwaarde te behalen door het verhogen van ecosysteemdiensten, zoals o.a. het tegengaan van bodemverzakking of koolstofemissie. Om deze reden wordt de veenbodem aangeraden (Fritz et al., 2014). In het onderzoek van Schepers (2018) omtrent de inrichting van

de paludicultuurzones wordt geconcludeerd dat de waterstand, waarbij er aan natte teelt gedaan kan worden, gelijk is aan of hoger is dan 20 centimeter onder het maaiveld. Daarnaast mag de grondwaterstand nooit meer dan 40 cm onder het maaiveld komen. Bij traditionele landbouw is een waterstand van 90 cm onder het maaiveld de gebruikelijke grondwaterstand.



Afbeelding 3: Lisdodde-teelt op natte bodem (Lisdodde veld, 2017)

---

## 2.2.4 Welke gewassen kunnen geteeld worden?

Gewassen die verbouwd kunnen worden in waterrijke gebieden zijn niet mais of aardappelen zoals bij een traditionele landbouw, maar wel lisdodde, veenmos, kroosvaren, cranberries, riet, wilgen en wilde rijst. (Crevits

& Talpe, 2021). Van Duursen en Nieuwenhuijs (2016) vervolledigt dit rijtje met de pijlkruid, eendenkroos, blauwe bes, wolfspoot, zonnedauw, watermunt, waterdrieblad en kalmoes.



Afb. 4: Lisdodde  
(Michael, 2007)



Afb. 5: Riet  
(Darkone, 2004)



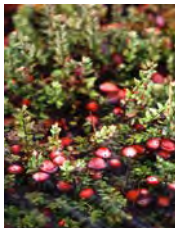
Afb. 6: Wilg  
(Demeester, 2001)



Afb. 7: Veenmos  
(Fischer, 2006)



Afb. 8: Kroosvaren  
(Stüber, 2004)



Afb. 9: Cranberreis  
(Weller, 2005)



Afb. 10: Wilde rijst  
(Lavin, 2015)



Afb. 11: Pijlkruid  
(Fischer, 2008)



Afb. 12: Eendenkroos  
(Fischer, 2010)



Afb. 13: Blauwe bes  
(Rasbak, 2004)



Afb. 14: Wolfspoot  
(Peeters, 2005)



Afb. 15: Zonnedauw  
(Wieneke, 2006)



Afb. 16: Watermunt  
(Peters, 2006)



Afb. 17: Waterdrieblad  
(Rønning, 2011)



Afb. 18: Kalmoes  
(Autoreille, 2004)

---

## 2.3 Gewassen als grondstof voor bouw materiaal

De gewassen die, volgens het onderzoek van Bestman (2019), het meest in aanmerking komen als bouw- of isolatiemateriaal zijn lisdodde, riet en wilg. Deze drie gewassen worden in volgend onderdeel verkend. Dit door middel van een beschrijving van de plant zelf, de aanplant- en oogsttechniek en opbrengst. Daarna wordt er verder ingegaan op welke manier de plant ingezet kan worden als bouw materiaal.

### 2.3.1 Lisdodde

#### 2.3.1.1 Beschrijving en teelt van de plant

##### Eigenschappen



Afbeelding. 4: Lisdodde (Michael, 2007)

Als eerste het voorbeeld van de lisdodde (Typha), gekenmerkt vanwege zijn opvallende fluwelen bruine kolven aan het uiteinde van de stengels die lijken op sigaren. De planten worden 1,5 tot 3 m hoog.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de grote lisdodde (Typha latifolia) en de kleine lisdodde (Typha angustifolia). Het duidelijkst verschil in uiterlijk is dat bij de grote lisdodde de sigaar tegen de erboven liggende bloeiwijze aanzit. Bij de kleine lisdodde zit hier een spatie tussen.



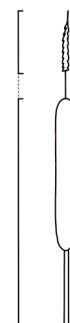
Afbeelding 19: Grote lisdodde (Grote lisdodde, z.d.)



Tekening 20: Grote lisdodde (Eigen tekening, 2022)



Afbeelding 21: Kleine lisdodde (Cattail, z.d.)



Tekening 22: Kleine lisdodde (Eigen tekening, 2022)



---

## Aanplant en oogst

In het document van Bestman (2019) wordt zowel het planten als het zaaien van de lisdodde met elkaar vergeleken.

Bij planten worden de wortels meestal handmatig in de bodem geplaatst. Dit is voordelig omdat op deze manier wegdrijven wordt voorkomen. Dit gebeurt best vooraleer water wordt aangezet. In de maanden mei tot juli kunnen lisdoddeplanten van 30 tot 60cm

geplant worden. Dit met een dichtheid van gemiddeld 1 tot 2 planten per m<sup>2</sup>. Daarna wordt er een waterpeil van 10 tot 20 cm boven het maaiveld aangezet. Geurts et al. (2017) vermeldt dat een plantdichtheid van 0,25 tot 1 per m<sup>2</sup> het meest realistische lijkt te zijn. Na 3 maanden was de plantendichtheid 10 keer zo hoog geworden. Na maaien was dit 37 per m<sup>2</sup>.



Afbeelding 23: Inplanten van lisdodde (New Scientist, z.d)



Afbeelding 24: Scheuten (Moons, 2018)

Uit onderzoek van Postma (2017) blijkt dat de opbrengsten van droge stof per hectare van de kleine lisdodde hoger is dan de opbrengsten van de grote lisdodde. Bovendien blijkt ook dat de kleine lisdodde meer droge stof per plant oplevert, dit omwille van hogere dichtheid van scheuten, namelijk 117 per m<sup>2</sup> in tegenstelling tot 50 per m<sup>2</sup> van de grote lisdodde.

Bij zaaien is er geen constante verdeling van dichtheid per m<sup>2</sup> omdat het moeilijk hanteerbaar is. Wel kan het zaad van de lisdodde praktisch hanteerbaar gemaakt worden door het samen met leem tot kleine bolletjes te vermengen. Op die manier laat het zaad in het water los en zinkt het. Als vuistregel wordt er zo één kilogram zaad per hectare

gebruikt, dit komt overeen met 30 sigaren. Per m<sup>2</sup> is dat dan 10 gram zaad. Het zaad nestelt zich het best bij een laag waterpeil van maximum 5 cm boven het maaiveld.

Er wordt in dit document gesteld dat het inplanten tot 3 keer meer opbrengst kan leveren dan het zaaien.



Afbeelding 25: Winteroogst (Versluijs, 2021)

---

Het moment van oogsten is afhankelijk van de doeleinden waarvoor de grondstof gebruikt zal worden.

De lisdodde kan twee keer per jaar geoogst worden en kan hierdoor ingezet worden voor verschillende doeleinden. Als ruwvoer voor koeien moet de lisdodde geoogst worden voor de bloei. Voor bouw materiaal gebeurt de oogst in de winter of in het vroege voorjaar.

Postma (2017) concludeert dat het jaarlijks oogsten van alleen de stengels leidt tot het grootste behoud van nutriënten. Het

### Opbrengst

De lisdodde kan 15 tot 20 ton droge stof per hectare opleveren. Dit komt overeen met vier tot vijf keer de hoeveelheid van wat lokale naaldbossen bieden (Krus et al., 2014). Het aantal droge stof is afhankelijk van het waterpeil, beschikbaarheid van nutriënten, leeftijd van het gewas en het oogstseizoen.

Bij de opbrengst van de lisdodde geven de geraadpleegde documenten verschillende cijfers weer. Fritz et al. (2014) berekenen een 2 ton opbrengst droge stof per hectare. In het document van Bestman (2019) worden twee voorbeelden aangehaald; in het eerste voorbeeld is er 11 ton op-

halfjaarlijks oogsten leidt tot een grote verhoging van de hoeveelheid afgevoerde nutriënten in het oogstmateriaal aangezien de stengels op het maximum van hun hoeveelheid nutriënten zitten midden in het groeiseizoen. Twee keer per jaar oogsten leidt tot een uitputting van de standplaats. Als het in stand houden van constante oogsten het doel is, raadt de literatuur dan ook aan om maar één keer per jaar te oogsten. Bovenal zorgt de lisdodde-teelt voor waterzuivering in zijn gebied doordat de lisdodde nutriënten vastlegt (Schepers, 2019).

brengt droge stof per hectare en in het tweede voorbeeld is er 6 ton opbrengst droge stof per hectare. In het document van Van Duursen en Nieuwenhuijs (2016) is er een schatting van 15 ton opbrengst droge stof per hectare, maar bij een optimaal water- en nutriëntenmanagement is er 20-25 ton opbrengst droge stof per hectare mogelijk. Ook Geurts et al. (2017) stellen vast dat onder de juiste omstandigheden opbrengsten van meer dan 20 ton droge stof per hectare mogelijk zijn. Postma (2017) doet de vaststelling dat de gemiddelde opbrengst 15 ton droge stof per hectare per jaar is, na 2-5 jaar na inplanten.

---

## Toepassingen

Van Duursen en Nieuwenhuijs (2016) geven enkele toepassingen voor de lisdodde mee; nl. als bio-bouwmaterialen (isolatie-, plaatmateriaal, bio-laminaat en vloerdelen), veevoer en biomassa voor energie.

### **2.3.1.2 Plant als bouw materiaal**

#### Eigenschappen

In het document van Van Duursen en Nieuwenhuijs (2016) wordt er verder ingegaan op de lisdodde als materiaal dat in de bouwsector toegepast kan worden.

Hier wordt geconcludeerd dat de lisdodde één van de weinige planten is die bestaat uit lange scheurbestendige vezels die voor 85% uit sponsachtig materiaal bestaat. Om wille van deze structuur en natuurlijke oliën is de lisdodde een optimale grondstof

voor bouwelementen. Daarnaast zorgt het hoge percentage polyfenolen in de lisdodde voor bescherming tegen schimmels en insecten. De lisdodde heeft daarom weinig tot geen toevoegingen nodig en stoot geen giftige VOC's uit (volatile organic compounds). Het heeft een optimale brandwerendheid en werkt warmte- en geluidsisolerend als gevolg van de luchtholtes aanwezig in de stengel van de lisdodde (Van Duursen & Nieuwenhuijs, 2016).



Afbeelding 26: Luchtholtes in lisdodde-stengel  
(Moons, 2018)

Bijkomend heeft het een bufferende werking op vocht waardoor in vele toepassingen het damp-scherp achterwege gelaten kan worden (Krus et al., 2014).

Uit deze studie blijkt ook dat de kleine lisdodde het meest geschikt blijkt voor toepassing van hoogwaardig bouw materiaal.

Door haar stevigheid is ze ook uitermate geschikt voor constructieplaten met een hoog isolatievermogen en is qua stevigheid en isolatiewaarde vergelijkbaar met OSB-platen (Hýsková et al., 2020). De lisdodde vereist weinig ener-

gie om te produceren in vergelijking met synthetische en minerale isolatiematerialen en scoort daarmee hoog op de milieuprestatie ladder. Lisdodde is 100% recycleerbaar, het verbetert de waterkwaliteit en legt per hectare vijfmaal zoveel CO<sub>2</sub> vast als een naaldbos. Opmerkelijk is dat het gebruik van lisdodde isolatie leidt tot vastlegging van koolstof in tegenstelling tot minerale en synthetische isolatiematerialen, waar alleen al in het productieproces tot 1 ton CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> wordt uitgestoten (Van Duursen en Nieuwenhuijs, 2016).

### Isolatievermogen

Lisdodde heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  van 0.044 - 0.061 (W/mK) en een warmteweerstand R van 2.3 - 1.7 (m<sup>2</sup>K/W) bij een dikte van 10 cm. Van Duursen en Nieuwenhuijs (2016) maken bij de warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  nog het onderscheid tussen de grote en de kleine lisdodde.



Afbeelding. 27: Lisdodde-panels als isolatie ((Van Duursen en Nieuwenhuijs, 2016)

Zo heeft de grote lisdodde een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  van 0.032 W/mK, en de kleine lisdodde heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  van 0.044 - 0.061 W/mK.

Lisdodde isoleert even goed als traditionele isolatie materialen, zoals bijvoorbeeld minerale wol 0.030-0.050 W/m.K en EPS 0.032-0.040 W/m.K.

## Draagvermogen

De vezels van de lisdodde worden gekenmerkt door hun vormstabiliteit, scheur- en breukvastheid. Meer specifiek zijn het de langsv ezels die een hoge treksterkte en een elastisch ponsweefsel bezitten. Hierdoor beschikken lisdodde-materialen over een gunstig draagvermogen (Krus et al., 2014).

Proeven van Hýsková et al. (2020) tonen aan dat de eigenschappen van de lisdodde na heetpersen vergeleken kan worden met een type 3 oriented strand board (OSB). De kracht van OSB komt voornamelijk uit de gerichte houtschilfers. Dit houdt in dat de houtschilfers aan de buitenste laag gericht zijn naar de plaatlengte. Aan de binnenzijde van plaat kunnen de houtschilfers niet gericht zijn ofwel dwars gericht zijn op de plaatlengte. Door de kruislingse opbouw ontstaat

een sterke plaat die ook nog eens aan beide zijden gebruikt kan worden. Aangezien het basisproduct, de houtschilfers, zowel bij de lisdodde-panelen als bij de OSB-plaat overeenkomen, kunnen er dus ook overeenkomstige eigenschappen verkregen worden.

In Tabel 28 worden de eigenschappen van een OSB type 3 getoond waarmee de lisdodde-panelen mee vergeleken kunnen worden. De studies en onderzoeken naar lisdodde als grondstof voor bouw materiaal staat nog maar in de kinderschoenen waardoor het nog verdere ontwikkeling vraagt. Het is dus belangrijk om deze getallen niet voor 100% waar aan te nemen, maar het kan wel dienen als een handig hulpmiddel bij het rekenen om zo dicht mogelijk bij de realiteit te komen.

Eigenschap	Test	Eenheid	Diktebereik (mm, nominaal)		
	Methode		6 tot 10	>10 en <18	18 tot 25
Buigsterkte - hoofd as	EN310	N/mm <sup>2</sup>	22	20	18
Buigsterkte - kleine as	EN310	N/mm <sup>2</sup>	11	10	9
Elasticiteitsmodulus bij buiging - hoofdas	EN310	N/mm <sup>2</sup>	3500	3500	3500
Elasticiteitsmodulus bij buiging - kleine as	EN310	N/mm <sup>2</sup>	1400	1400	1400
Treksterkte loodrecht op het vlak	EN319	N/mm <sup>2</sup>	0,34	0,32	0,30

Tabel 28: Eigenschappen OSB type 3 (SterlingOSB, 2014)

---

## Productieproces tot bouw materiaal

De lisdodde-plant kan verwerkt worden tot twee soorten bouwmaterialen. Enerzijds kan het in zijn originele vorm, de stengel van de plant, geweven worden tot dakafdekking of tapijten. Anderzijds kan de droge stof verwerkt worden tot plaatmateriaal als isolatiemateriaal of als dragende wanden. Deze laatste is een techniek die het meest perspectief biedt om als alternatief

te dienen voor traditionele plaatmaterialen die minder voordelig zijn voor het klimaat.

Op dit moment zijn volgende producenten hier al mee bezig: Handfasser Uckermark, Naporo, Dijkstra & Draisma, Fraunhofer IBP, RikMakes, Typha Technik, Wetland Products, Isover, Naporo, Kingspan Insulation, Unipro, Huis Veendam en Eco-Scala.

### 1 Weven van lisdodde-stengels

In Afbeelding 29 en 30 zien we de manier waarop de stengels van de plant geweven kunnen worden. Op deze manier kan het toegepast worden als tapijt of als manden. In Afbeelding 31 en 32 wordt er een tweede manier van schikken getoond die ingezet wordt als muren en daken. In het onderdeel 2.3.1.3 Historisch toepassingen wordt deze techniek verder besproken.



Afbeelding 29: Weefproces  
(Hýšková et al., 2020)



Afbeelding 30: Opgedorde tapijten  
(Hýšková et al., 2020)



Afbeelding 31: Schikking rietstengels  
(Hýšková et al., 2020)



Afbeelding 32: Hutten op de Uros-eilanden  
(Hýšková et al., 2020)

---

2 | Plaatmateriaal conform met productieproces OSB, met bindmiddel

Zoals eerder vermeld heeft het lisdodde-paneel sterke overeenkomsten met de OSB. Aangezien er nog niet veel gekend is over het productieproces van de droge stof van de lisdodde tot een paneel zou het vergeleken kunnen worden met het productieproces van de OSB.

In eerste instantie worden de snippers gedroogd bij hoge temperaturen. Daarna worden de snippers gemengd in harsen en was. Vervolgens worden de droge snippers op elkaar gelegd tot de mat 20 cm hoog is. De oriëntatie van de snippers is een belangrijk aspect om stabiliteit te bieden aan het paneel. Zo zijn de snippers in het boven- en onderoppervlak in de langrichting georiënteerd, terwijl de binnenste snippers in de dwarsrichting worden georiënteerd. De mat met de snippers gaat de pers in waarbij er een druk van 4136,85 kPa op wordt gezet zodat de snippers in nauw contact met elkaar komen. De mat wordt verhit tot een temperatuur van 218,33°C opdat de hars uithardt. Het resultaat na de pers is een plaat van 0,95 tot 2,5 cm breed. Vervolgens worden de panelen op de gewenste lengte en breedte gesneden. Als laatste gaat het product de spuitcabine in om randen af te dichten (Weyerhaeuser, 2016)

Zoals hierboven vermeld wordt er bij een traditioneel productieproces van de OSB hars en was gebruikt om de snippers te binden met elkaar. In de studie van Krus et al. (2014) wordt er een magnesium-bindmiddel toegepast. Zo ontstaat er een product dat naast plantaardige componenten en één minerale lijm geen verdere toevoegingen vraagt en is daarom volledig composteerbaar. Studio Bruno Franchi is een Duits architectenbureau die deze methode toepast, nl. in het Typhaboard House in Milaan dat in het deel 2.3.1.4 Moderne toepassingen verder wordt toegelicht. wordt deze techniek verder besproken.





Afbeelding 33: Houtsnippers



Afbeelding 34: Mengproces



Afbeelding 35: Mat van houtsnippers



Afbeelding 36: Oriënteren snippers



Afb. 37: Pers, ontspannen toestand



Afb. 38: Pers, gespannen toestand



Afbeelding 39: Resultaat na pers



Afbeelding 40: Plaat voor bijnijden



Afbeelding 41: Bijnijden platen



Afbeelding 42: Resultaat bijnijden



Afbeelding 43: Randen bijwerken



Afbeelding 44: Eindresultaat

Afbeelding 33 - 44 (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

### 3 | Plaatmateriaal conform met productieproces OSB, zonder bindmiddel

Hýsková et al. (2020) voerde een studie uit om platen van totora, familie van de lisdodde, te produceren via een heetpersproces zonder toegevoegde lijmen. Deze planten hebben een belangrijke eigenschap. Zo hebben ze, onder bepaalde heetpersende omstandigheden, een zelfbindend karakter.

De totorastelen worden gedesintegreerd (verliezen van samenhang) d.m.v. een laboratoriumshredder waarna de vezels in drie gescheiden worden. Daarna worden de vezels handmatig in een mal gelegd en voorgeperst tot een vezelmat. Deze mat wordt in een hete pers verwarmd tot 180 - 200°C gedurende 10 minuten tot plaat.

Zoals eerder aangegeven worden de eigenschappen van de ontwikkelde platen; m.n. interne verlijming, diktezwelling en de wateropname, vergeleken met commercieel geproduceerde platen zoals type 3 oriented strand board (OSB).



Afbeelding 45: Lisdodde-stengels



Afbeelding 46: Lisdodde-stengels



Afbeelding 47: Lisdodde-snippers



Afbeelding 48: Lisdodde-vezels



Afbeelding 49: Lisdodde-vezels in mal



Afbeelding 50: Resultaat na mal



Afbeelding 51: in hete pers met temperaturen van 180 - 200°C



Afbeelding 52: Resultaat na pers



Afbeelding 53: Eindproduct

Afbeelding 45 - 53 (Hýsková et al., 2020)

#### 4 Alternatieve vormen met behulp van een mal

In plaats van plaatmateriaal kunnen er ook alternatieve vormen geconstrueerd worden aan de hand van een mal. Rik Makes is een Design Studio gericht op composteerbare materialen die op deze manier te werk gaat.

Rik Maarsen, oprichter van Rik Makes, geeft aan dat de plaat eerst geperst wordt en daarna in een 'droog mal' wordt gelegd waar deze uithardt in de gewenste vorm. In afbeelding 56 zien we een meubel dat voortkomt uit zo een mal. Objecten kunnen hun verschillende kleur verkrijgen door de vezels op de gewenste kleur te sorteren vooraleer ze de pers ingaan. Op dit moment werkt hij met een biologisch bindmiddel dat weer uit elkaar valt wanneer het in regen wordt gezet. Aangezien hij vooral focust op interieurelementen is dit geen probleem, maar wanneer de materialen buitenshuis ingezet worden zal er een nabehandeling nodig zijn (persoonlijke communicatie, 4 januari 2022). Dit wordt in volgend onderdeel verder behandeld.



Afbeelding 54: Mal voor boogvorm  
(Maarsen, z.d.)



Afbeelding 55: Boogvorm  
(Maarsen, z.d.)



Afbeelding 56: Stoel uit lisdodde  
(Maarsen, z.d.)

#### 5 Nabehandeling

In de studie van Hýsková et al. (2020) wordt vermeld dat bij de nabehandeling van het paneel, door middel van wax, de waterbestendigheid van de platen verbeterd kunnen worden. Hier wordt aangegeven dat dit nog verder onderzoek vraagt.

In de studie van Krus et al. (2014) worden platen langs de buitenkant afgewerkt met kalkpleister en aan de binnenkant met leem waardoor een volledige doorlatende, één-laagse wandstructuur met een U-waarde van 0,23 wordt opgebouwd. Deze specifieke wandstructuur wordt toegepast in het paviljoen 'Typhaboard House' van Studio Bruno Franchi in Milaan.

---

### 2.3.1.3 Historische toepassingen

#### Totora-riet bij het Titicacameer in Peru door de Uros-bevolking

Een plaats waar lisdodde meer dan ergens anders centraal staat, is het Titicacameer in Peru. Hier vinden we de drijvende Uroseilanden die gemaakt zijn van totora, een lisdodde-soort. Daarnaast maken de bewoners hier ook huizen, boten, tapijten en uitkijktorens van. De Urosbevolking migreerden naar dit gebied tijdens de Precolumbiaanse periode. Dit is de periode van de komst van de oudste bewoners van Ameri-

ka tot ongeveer 1492. Ze bouwden de drijvende Uroseilanden om zich te beschermen tegen vijandige burens op het land. Aangezien de totora in de Urosgemeenschap alomtegenwoordig was, excelleerden ze in het bewerken van deze plant. Vandaag de dag kunnen we nog veel leren van deze traditionele techniek van het bouwen met totora. In volgend onderdeel wordt hier verder op ingegaan (Watson, 2019).



*Afbeelding 57: Drijvende eiland uit totora (Watson, 2019)*

---

## Beschrijving totora



Afbeelding 58: Totor (Clark, 2006)

Totor groeit in meren en moerassen en bereikt zijn beste groei in waterstanden van 30-70 cm. Dit kan afwijken want in het Titicacameer, de plaats waar de totora het meest wordt aangetroffen, kan de plant echter groeien in waterdiepten tot 5 m. Het kan tot 57,90t ds/ha/jaar opleveren, afhankelijk van de voedingsstoffen van het substraat, de locatie en het klimaat.

De snelle groei van Totor maakt het mogelijk om twee keer per jaar te oogsten voor gebruik in de bouw, waardoor een constante bron van materiaaltoevoer wordt gegarandeerd vanuit een relatief klein plantage-gebied. De totora is niet vatbaar voor aantasting door biologische agentia wanneer het droog bewaard wordt en kan daardoor tientallen jaren meegaan (Hidalgo-Cordero & García-Navarro, 2018).

Totor heeft drie herkenbare delen met verschillende kenmerken: de wortels, de ondergedompelde halm en de bovengrondse halm.

- 1 | De wortelstok is enerzijds bedoeld om de plant een stabiele ondersteuning te bieden voor de groei. Anderzijds ontwikkelt het wortelsysteem zich als een netachtige structuur die voedingsstoffen opslaat en de plant helpt te overleven tijdens droge seizoenen en ongunstige omstandigheden.
- 2 | Het tweede deel van de plant is de ondergedompelde halm. Het heeft een ronde tot driehoekige doorsnede waarvan de interne structuur bestaat uit een weefsel van luchtkamers die verticaal gerangschikt zijn. Deze wordt verondersteld te worden gebruikt om gasuitwisseling te vergemakkelijken. Hoewel het ondergedompelde gedeelte soms bladgroenkorrels bevat die een groene kleur aan de stengel geven, doet de plant niet aan fotosynthese.
- 3 | Het bovengrondse deel van de halm heeft ook een interne structuur bestaande uit luchtkamers. Deze heeft dezelfde functies als het ondergedompeld deel van de halm (Hidalgo-Cordero & García-Navarro, 2018).

---

In het boek *Lo-Tek* van Watson (2019) worden inheemse filosofieën en lokale architectuur geïntroduceerd als mogelijkheid om naar een duurzame en klimaatbestendige toekomst te gaan.

Zoals eerder vermeld is het Titicacameer de plaats bij uitstek voor het vinden van traditionele totora-structuren. Tegenwoordig leven er 2629 mensen in een groep van 91 totora-rieteilanden. Elk eiland herbergt een aantal huizen met rieten daken die toebehoren aan een uitgebreide familie. De hutten zijn geïmponeerd met uitzicht op een centrale open plek, bezet door een uitkijktoren, terwijl een kant van het eiland open wordt gelaten om boten aan te leggen. Daarnaast vind je ook visvijvers, moestuinen

en totora-rietvelden terug op de eilanden.

De Uros-gemeenschap is ontstaan omdat ze zich moesten afschermen van de rivaliserende buurstammen, zoals de Inca's, en waardoor ze een manier moesten bedenken om zich te isoleren. Zo ontstonden de eilandjes volledig geconstrueerd uit totora. Met hun eenvoudige en nederige levensstijl dachten de Inca's dat ze weinig waard waren. Nu weten we dat de Uros-gemeenschap, i.t.t. tot de Inca's met hun reusachtige steden en tempels van steen, het wel volhielden tot op de dag van vandaag. Een mooi voorbeeld dus waar mensen in symbiose met de natuur overleefden en nog steeds leven.



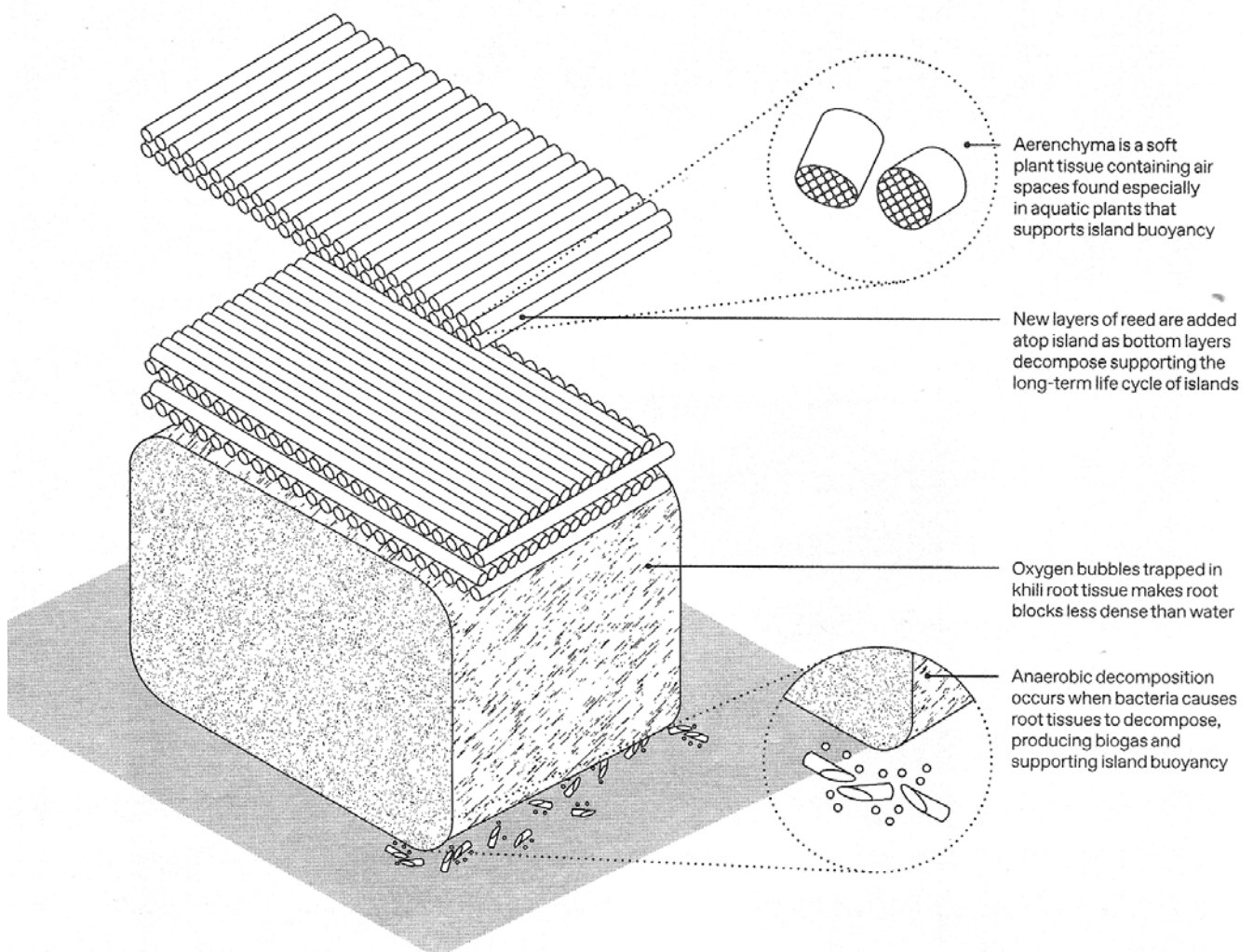
*Afbeelding 59: Drijvende eilanden aan de oevers van het Titicacameer (Apple kaarten, 2022)*

## Drijfvermogen

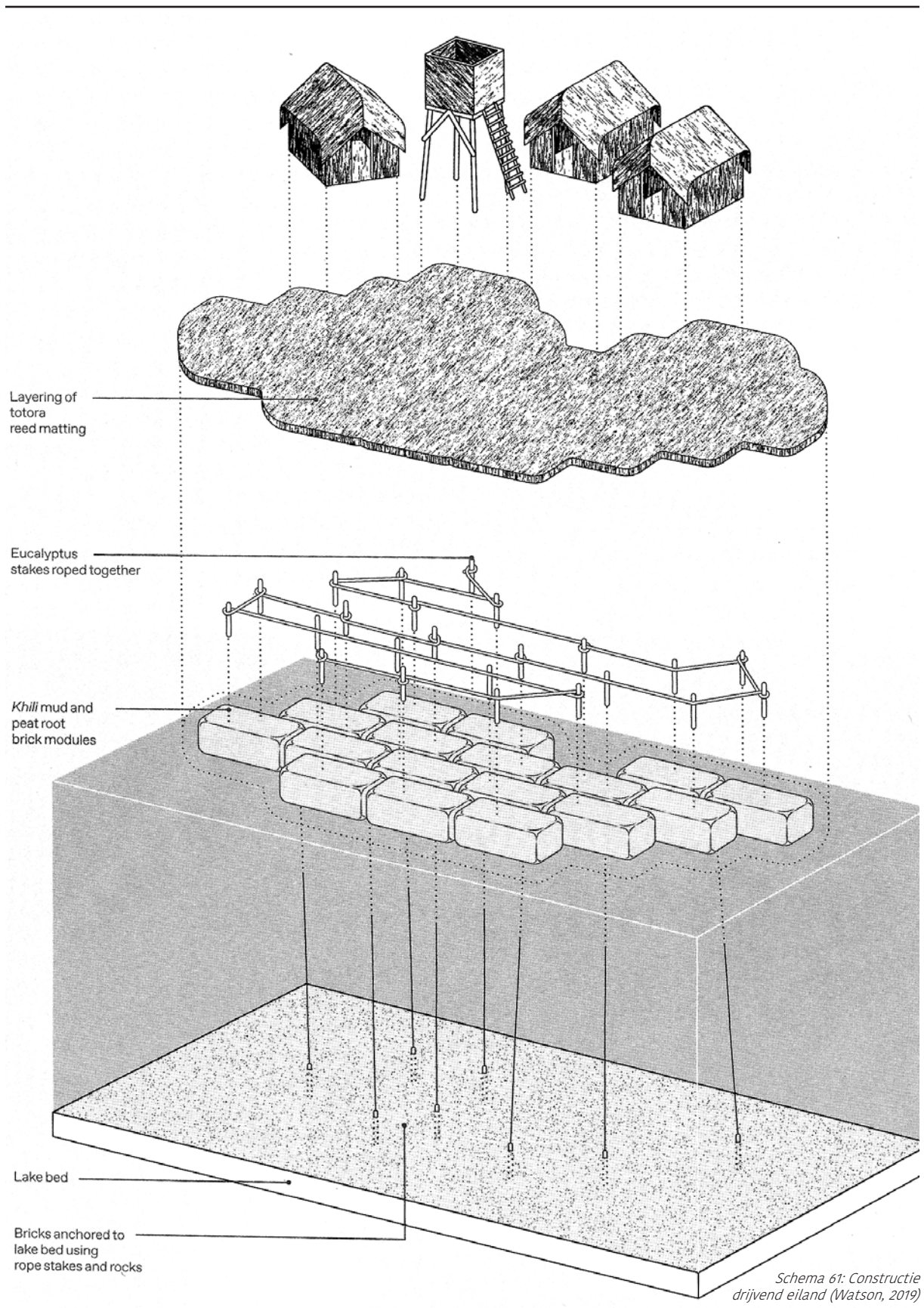
Ondanks de traditionele overtuigingen van het Uros-volk dat het drijfvermogen toeschrijft aan een zegen van de goden, drijven de eilanden technisch gezien als gevolg van organische ontbinding.

De wortels zijn van nature drijvend omdat er interne luchtkanalen in zitten die het minder dicht maken

dan water. Voortdurend onderhoud van de eilanden is een cruciaal onderdeel geworden van de fysieke en culturele duurzaamheid van de gemeenschap, waarbij elke twee tot drie maanden nieuwe rietlagen worden toegevoegd om de verzinken en rottende rietlagen te vervangen, zodat de fundering twintig tot vijfentwintig jaar meegaat.



Schema 60: Drijfvermogen van baksteenmodule ondersteund door organische processen (Watson, 2019)



Schema 61: Constructie drijvend eiland (Watson, 2019)



---

## Constructiemethode

- 1 | De eerste stap om het eiland op te bouwen, is het totora-riet oogsten. De hoge, dikke totora-stelen hebben een wortelmassa van 1 à 2 meter diep, omgeven door modder en turf.
- 2 | Deze wortelmassa wordt in grote stenen gesneden die de basis-module vormen voor eilandconstructie. Deze bakstenen modules variëren in grootte van 2 bij 6 meter tot 6 bij 10 meter.
- 3 | Daarna worden de bakstenen aan elkaar gesjord met behulp van eucalyptusstokken. Hierdoor ontstaat er een zwevende fundering die twee meter diep reikt.
- 4 | Na verloop van tijd groeien de stenen aan elkaar tot een geheel platform en vormen ze een eiland.
- 5 | Vervolgens worden ze aan een nabijgelegen eiland of aan de bodem van het meer vastgemaakt.
- 6 | Bovenop dit funderingsplatform wordt er een soort van tapijt gelegd, geweven uit de geogste totora-riet zodat de bodem van het eiland altijd droog blijft.

Hidalgo-Cordero & García-Navarro (2018) geeft nog de twee belangrijkste groepen van gebruikte planttechnieken mee. Wanneer de waterdiepte minder is dan 1m kiest men best voor oeverbeplanting. Hier wordt de plant begraven in het substraat en vervolgens verdicht door er omheen te stappen. Wanneer de waterdiepte groter is dan 1m is diepwaterbeplanting de beste oplossing. Hierbij worden planten vastgebonden aan een steen of een blok aarde om ze naar de bodem van het van het meer te laten zinken. Van

deze technieken worden de beste resultaten verkregen met de oevertechniek vanwege het hoge rendement en omdat het verdichten van het substraat een betere ondersteuning bood. Hierdoor is de kans op het wegspoelen van de plant verkleind.

Het totorariet kan ook ingezet worden voor het vervaardigen van huizen, daken, uitkijktorens, tapijten, kleding, isolatie, dekens, bedden, boten, veevoer, voedsel en medicijnen.



Hidalgo-Cordero & García-Navarro (2018) weidt uit over de quesana, een traditioneel dik tapijt gemaakt in de hooglanden van Peru en Bolivia, dat lokaal wordt gebruikt als vloermat, dak en wandbekleding. De dikte van de quesana is ongeveer 5 cm, de breedte is ongeveer 2 m, afhankelijk van de lengte van de totora-halmen, en de lengte is gewoonlijk tussen de 3 en 10 m. De uiteindelijke afmetingen zijn echter afhankelijk van de grootte van het raamwerk

voor het weven en het uiteindelijke gebruik ervan. De totora stengels worden met nylondraad aan mekaar bevestigd en leveren een eindproduct van 5 cm dik textiel dat als muur, dak of vloerkleed kan worden gebruikt. Daarnaast zijn er testen uitgevoerd om het isolatievermogen te achterhalen. Hieruit blijkt deze 0,083 W/mK te zijn. Dit wil zeggen dat 5 cm Quesada dezelfde waarde heeft als 30 cm lemen muur.



Afbeelding 31: Schikking rietstengels (Hýsková et al., 2020)



Afbeelding 63: Daklaag (Hýsková et al., 2020)



Afbeelding 64: Uros' hutten (Hýsková et al., 2020)

## Ecosysteem

De drijvende eilanden van Uros hebben nog een andere belangrijke eigenschap, m.n. ze kunnen de waterkwaliteit van het meer verbeteren door het vervuilde water, afkomstig van de stad Punto, te filteren. Organische, vaste stoffen blijven onderaan het eiland

kleven en vormen de basis van het zoetwater-voedselsysteem waardoor er zich een grote biodiversiteit aan vissen bevindt. Het Uros-dieet bestaat dan ook bijna volledig uit vis en wortels van gedroogd riet dat vermalen wordt tot meel.

---

## Slot

Het eenvoudige constructieproces op basis van een totora-riet-wortel-baksteen is een ingenieuze uitvinding, waarbij drijfvermogen wordt bereikt door natuurlijke afbraakprocessen te versterken. In een tijdperk van verkenning van drijvende beschavingen, bieden de Uros een ongekend voorbeeld van ecologisch duurzame eilandinnovatie.

Aangezien totora in veel klimaatzones kan groeien, zou het mogelijk zijn om: lokale materiële

bronnen te genereren op korte termijn in delen van de wereld waar het klimaat niet geschikt is om houtbossen te laten groeien. Dit kan leiden tot een meer evenwichtige verdeling van hulpbronnen. Totora kan een betrouwbare materiaalbron zijn die hernieuwbaar is en, als het op de juiste manier wordt beheerd, kan het voor een lange tijd materiaal opleveren met minimale potentiële milieueffecten, zoals aangetoond in de Uros-eilanden in het Titicacameer.

### 2.3.1.4 Hedendaagse toepassingen

#### Totora-kubus van 'Think-act tank Archquid' - Ecuador, Otavalo

Dit project, ontwikkeld samen met de inheemse gemeenschap van Otavalo, draait om het materiaalonderzoek van de totora-plant, een ondersoort van de lisdodde. Hiermee verdiept het zich in de kunst en de ambacht waarmee deze plant al sinds de pre-Inca-tijd wordt gebruikt. Daarnaast toont het hoe deze traditionele techniek op een hedendaagse manier toegepast kan worden.

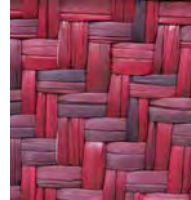
De totora-kubus is een experimentele structuur die het handwerk van de lokale gemeenschap toont. Daarnaast heeft het ook een mate van flexibiliteit die verschillende programma's binnen de boxen mogelijk maakt. De kubusvormige module van 3 meter, met negen panelen aan elke kant, vormt een soort catalogus van de verschillende weeftechnieken van de plant (Franco, 2010).



Afbeelding 65: Lokale ambacht  
(Franco, 2010)



Afbeelding 66: Lokale ambacht  
(Franco, 2010)



Afb. 67: Weeftechniek  
(Franco, 2010)



Afb. 68: Weeftechniek  
(Franco, 2010)



Afbeelding 69: Totoru-kubussen in landschap (Franco, 2010)

---

### Typhaboard House van 'Werner Theuerkorn' - Italië, Milaan

Dit Duitse paviljoen bevindt zich in de agrarische nederzetting Cascina Cuccagna in Milaan. Het is ontworpen door architect Werner Theuerkorn uit Postmünster met steun van de Duitse Federale Milieustichting en het Fraunhofer Instituut voor Bouwfysica. De expo is bedoeld als podium om de nieuwste innovaties op het gebied van materiaal- en productontwikkelingen aan een groot publiek te tonen.

Het paviljoen vertegenwoordigt de lisdodde waarmee bouwmaterialen, zoals de Typha-panelen, geproduceerd kunnen worden. Het paviljoen bestaat grotendeels uit wand-, plafond- en vloerelementen gemaakt van deze magnesietgebonden Typha-panelen.

De binnenschil is doorlatend en bedekt met een decoratieve kleislib, de buitenschil is bepleisterd met kalkslib als bescherming tegen weersinvloeden. De locatie in de agrarische nederzetting is bewust gekozen omdat de waterrijke omgeving de potentie heeft om zich te ontwikkelen tot een belangrijk teeltgebied voor lisdodde en een regionale productie van ecologische bouwmaterialen kan ontwikkelen. Sinds de lisdodde plant in staat is om oppervlaktewater te reinigen, le-

vert het een belangrijke bijdrage aan de bescherming van het milieu. Het benodigde materiaal voor de Typha-panelen wordt in de winter verkregen zodat de oogst probleemloos verloopt voor de dieren. Bovendien zou de teelt niet in concurrentie zijn met de agrarische voedselproductie.

Het is bestand tegen hoge drukbelasting in het vlak van de plaat. De stof tannine zorgt ervoor dat de groei van bacteriën wordt tegengehouden. Ze bieden een goede brand- en geluidswering en zijn relatief diffusie-open, maar voldoende dicht dat een damp-scherm in de meeste toepassingen achterwege kan blijven. Het is beschermend tegen vocht en schimmel. Het is ook extreem stabiel, maar toch licht. Het heeft een verbazingwekkende draagkracht en isolatievermogen.

Enerzijds verbruikt het weinig energie om te vervaardigen, anderzijds kan het na gebruik gecomposteerd worden zonder giftige resten achter te laten. Dit laatste enkel omdat de panelen uit plantaardig materiaal en een minerale lijm bestaan. Hierdoor voldoen ze aan de criteria van een duurzaam bouw-materiaal dat volledig composteerbaar zou zijn (Franchi, 2015).



Afbeelding 70: Opbouw paviljoen  
(Franchi, 2015)



Afbeelding 71: Interieur paviljoen  
(Franchi, 2015)



Afb. 72: Lisdodde-wand  
(Franchi, 2015)



Afb. 73: Wand-vloer  
detail (Franchi, 2015)



Afbeelding 74: Typhaboard House (Franchi, 2015)

---

## 2.3.2 Riet

### 2.3.2.1 Beschrijving en teelt van de plant

#### Eigenschappen



*Afb. 5: Riet (Darkone, 2004)*

Riet (*Phragmites australis*) is een teelt die prominent aanwezig is aan waterkanten op natte, zoete tot brakke bodem en is hiermee een uitstekend gewas voor de paludicultuur. Het wordt gekenmerkt door zijn grote pluim als bloem en door zijn stengel die stijf rechtop staat. Hij kan 3 tot 4 meter hoog worden, afhankelijk van de beschikbaarheid van nutriënten.

Riet neemt veel nutriënten op uit de bodem en heeft dus een sterk waterzuiverende werking. Bovendien kan het gebied waar het riet gekweekt wordt, als waterbergingsgebied worden ingericht, omdat het riet bestand is tegen wisselende waterpeilen. Naast het feit dat riet een interessant product kan leveren, schept het ook een habitat voor veel beschermde planten- en diersoorten (Bestman, 2019; Fritz et al., 2014; Van Duursen & Nieuwenhuijs, 2016).



*Afbeelding 75: Rietvelden aan oever (Hendriks, 2014)*



---

## Aanplant en oogst

Water is de belangrijkste factor voor de groei van riet. Voor een succesvolle teelt is een grondwaterstand, die niet verder wegzakt dan 50cm beneden maaiveld, noodzakelijk. Dit is een minder hoog waterpeil dan dat de lisdodde nodig heeft. Daarnaast is riet geschikt voor zeer uiteenlopende bodemgesteldheden.

Met het oog op de klimaatverandering is het van belang dat ons land een oplossing kan bieden voor het overtollig water. Interessant hierbij is dat riet bestand is tegen fluctuerende waterpeilen en kan waterpeilen aan tot wel 2m boven het maaiveld. Het zou dus een manier zijn om overbodig water op te slaan tijdens wateroverlast.

In natuurlijke situaties verspreidt riet zich op een vegetatieve manier of via zaden. Een andere methode is het plaatsen van een aantal kiemplanten, verzameld in de winter uit de omgeving.

Deze worden geplant met een dichtheid van 0,25 tot 4 planten per m<sup>2</sup>. Het riet bloeit van juli tot oktober. Het oogsten van het riet kan gebeuren met een éénassige rietmaaier. Na twee tot drie jaar



Afbeelding 76: Eénassige rietmaaier (Brouwer, 2016)

zal de eerste volwaardige oogst verkregen worden.

Riet wordt traditioneel in de winter geoogst omdat dit een positief effect heeft op de productie. 's Winters worden de nutriënten opgeslagen in ondergrondse delen waardoor de opbrengsten van de winteroogst constant kunnen blijven. De productie neemt nog verder toe wanneer er om het jaar wordt geoogst. Net zoals de lisdodde is het moment van oogst bepalend voor het doeleinde van het riet.

Een oogst in de winter zal grondstoffen kunnen leveren voor dakbedekking en isolatie.

De zomeroogst kan enerzijds dienen voor biomassa, nl. als biogas, anderzijds voor strooisel voor veevoer. Weliswaar zal een oogst dat niet in de winter gebeurt de productie doen dalen.

Het riet is eveneens geschikt als helofytenfilter, d.w.z. dat er bij de groei van het riet water wordt gezuiverd doordat het riet nutriënten opneemt uit de bodem en het grondwater. Deze zullen bij de oogst mee afgevoerd worden (Bestman, 2019; Schepers, 2018).



Afbeelding 77: Handmatig riet snijden (Afanja, 2021)

---

### Opbrengst

Het riet kan zo een 6 tot 24 ton droge stof per hectare opleveren. Het verschil is afhankelijk van het waterpeil, beschikbaarheid van nutriënten, leeftijd van het gewas en het oogstseizoen. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen rietmoerassen, met een maximale productie van 7-10 ton droge stof per hectare en rietteelt op natte percelen, met een maximale productie van 20

ton droge stof per hectare (Bestman, 2019).

Fritz et al. (2014) geeft een andere opbrengst aan, nl. 3 tot 16 ton droge stof per hectare. Schepers (2018) bevestigt deze aantallen. Van der Werf (2018) geeft een rietproductie mee van 10 tot 15 ton droge stof per hectare per jaar, waarbij er geoogst wordt in de winter.



*Afbeelding 78: Droge stof van riet-oogst (Lemmers, 2019)*

### Toepassingen

Rietstengels kunnen voor allerlei doeleinden gebruikt worden, zoals voor dakbedekking, rietmatten, rietschermen, brandstof in de vorm van geperste pellets, afdek materiaal in de bollenteelt of als een vervanging van stro in (pot)stallen. Verschillende natte teelten, zoals het riet, zijn geschikt voor isolatiemateriaal, zowel voor inblaasisolatie als platen. (Fritz et al., 2014). Tevens

wordt riet al decennialang ingezet voor de verwerking van grijs huishoudelijk afvalwater (Van der Werf, 2018).

Lemmers (2019) voegt hier nog grondstof voor manden, penpunt, papier, en hengels aan toe. Riet wordt zelfs in bepaalde muziekinstrumenten (rietblazers) gebruikt, zoals de klarinet.

---

### 2.3.2.2 Plant als bouw materiaal

#### Eigenschappen

Reeds in het Neolithicum gebruikte men riet als bouw materiaal. Het is door zijn eigenschappen geschikt voor dakbedekking, en is een natuurlijk isolerend materiaal. Dit laatste omwille van de holtes in het riet. Die holtes zorgen ook voor het lichte gewicht. De grondstof is geschikt voor een duurzaam beheer en is hernieuwbaar.

Van Steen et al. (2010) geeft aan dat de kracht van het riet ligt in zijn duurzame en 'ecologische' kenmerken als lokale, hernieuwbare en verantwoord geproduceerde bron zonder concurrentie met bestaande landbouw. Riet bestaat in verschillende soorten en kwaliteiten. Het spreekt

voor zich dat de meest kwalitatieve rietsoorten de grootste levensduur hebben. Dit kan oplopen tot meer dan 50 jaar.

Riet kan als bouw materiaal ingezet worden als dakafdekking in zijn niet-bewerkte vorm, met de rietstengels zelf. Het riet kan ook gebruikt worden als gevelafwerking. Na bewerking kan riet toegepast worden als isolatiemateriaal of plaatmateriaal.

Van Steen et al. (2010) voegt hier nog aan toe dat het materiaal potentie heeft om als alternatieve grondstof voor spaanplaten te dienen.

#### Isolatievermogen



Afbeelding 79: Rieten isolatiematten (Bestman, 2019)

Hoe dikker de stengel, hoe meer isolerend het riet ook werkt. Riet heeft hierbij een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  van 0.06 (W/mK) en een warmteweerstand R van 1.7 (m<sup>2</sup>K/W) bij een dikte van 10 cm. Dit is gemeten wanneer rietstengels een plaat/mat vormen met een dikte van 10 cm (Bestman, 2019).

#### Draagvermogen

Over het draagvermogen van de constructies uit riet is weinig gekend. Dit omdat de voornaamste manier om riet toe te passen geen dragende functies bevat.

---

## Productieproces tot bouw materiaal

### 1 | Rieten daken

Een rieten dak is nog steeds de belangrijkste huidige toepassing van riet. Het is een duurzame dakbedekking met goede isolerende eigenschappen. Wanneer er brandwerende materialen aan de onderzijde van het dak worden bevestigd, is het brandgevaar van riet te beperken. Een rieten dak kan 30-40 jaar meegaan (Van Steen et al., 2010).

Dit wil zeggen dat het minder lang meegaat dan een traditioneel pannendak en meer onderhoud vraagt. Daarentegen is het een hernieuwbare grondstof en heeft het nauwelijks afval. De rieten dakbedekking levert, in tegenstelling tot de dakpan, een substantiële bijdrage aan de isolatiewaarde van het dak. In de zomer wordt zo een dak minder snel warm (SHR Hout

Research et al., 2014). Een rieten dak wordt gemaakt van eenjarig riet. Meerjarig riet is hiervoor niet geschikt. Het riet wordt ondersteund door een dakconstructie bestaande uit spanten, waarover gordingen zijn aangebracht. Hierop worden sparren (rondhout) of sporen (rechthoekig) bevestigd. Deze lopen van de nok tot de onderzijde van het dakvlak.

Hierover worden horizontaal de rietlatten aangebracht, met een onderlinge afstand van ongeveer 28 centimeter, waarop tenslotte het riet wordt aangebracht. Het riet wordt laagsgewijs van onder af naar boven toe aan de latten bevestigd met de pluim omhoog. De uiteindelijke dikte van het dak is onderaan ca. 32 cm, naar boven toe neemt het af tot ca. 25 cm. (Van Steen et al., 2010).



Afbeelding 80: Opbouwen rieten dak (Stevens Master Thatcher, z.d.)



Afbeelding 81: Opbouwen rieten dak (Oude Wesselink Rietdekkers, z.d.)

## 2 | Weven van rietstengels

Net zoals bij de stengels van de lisdodde kunnen de stengels van riet ingezet worden voor het weven van o.a. tapijten, manden of afwerking voor wanden. Deze techniek werd besproken in deel 2.3.1.2 Plant als bouw materiaal.



Afbeelding 29: Weefproces (Hýsková et al., 2020)



Afbeelding 31: Schikking rietstengels (Hýsková et al., 2020)

## 3 | Rieten plaatmateriaal

Bij de verwerking van riet als spaanplaat kan vermeden worden dat hiervoor vers hout wordt gebruikt. Riet lijkt een goede vervanger van hout omdat het vergelijkbare eigenschappen heeft als hout, met name de treksterkte, en omdat hier weinig verwerkingsstappen voor nodig zijn. Voor de huidige productie van spaanplaten en mdf worden houtspaanders of andere houtige materialen gebruikt.

In plaats van deze materialen kunnen rietsnippers ingezet worden. Deze snippers worden in speciale persmachines samen met lijm in platen geperst. Een belangrijke voorwaarde is dat het riet droog, schoon en rotvrij is wanneer het voor die toepassing gebruikt wordt. Het gebruik van lijm zorgt ervoor dat het materiaal na levensduur niet herwerkt kan worden (Van Steen et al., 2010).



Afbeelding 82: Doorsnede spaanplaat, houtspaanders (Kabel, 2004)



Afbeelding 83: Spaanplaat (D-Kuru, 2009)

---

### 2.3.2.3 Historische toepassingen

#### Qasab-riet bij de zuiderse waterlandschappen van Irak



Afbeelding 84: Qasab-riet  
(Starr, 2009)

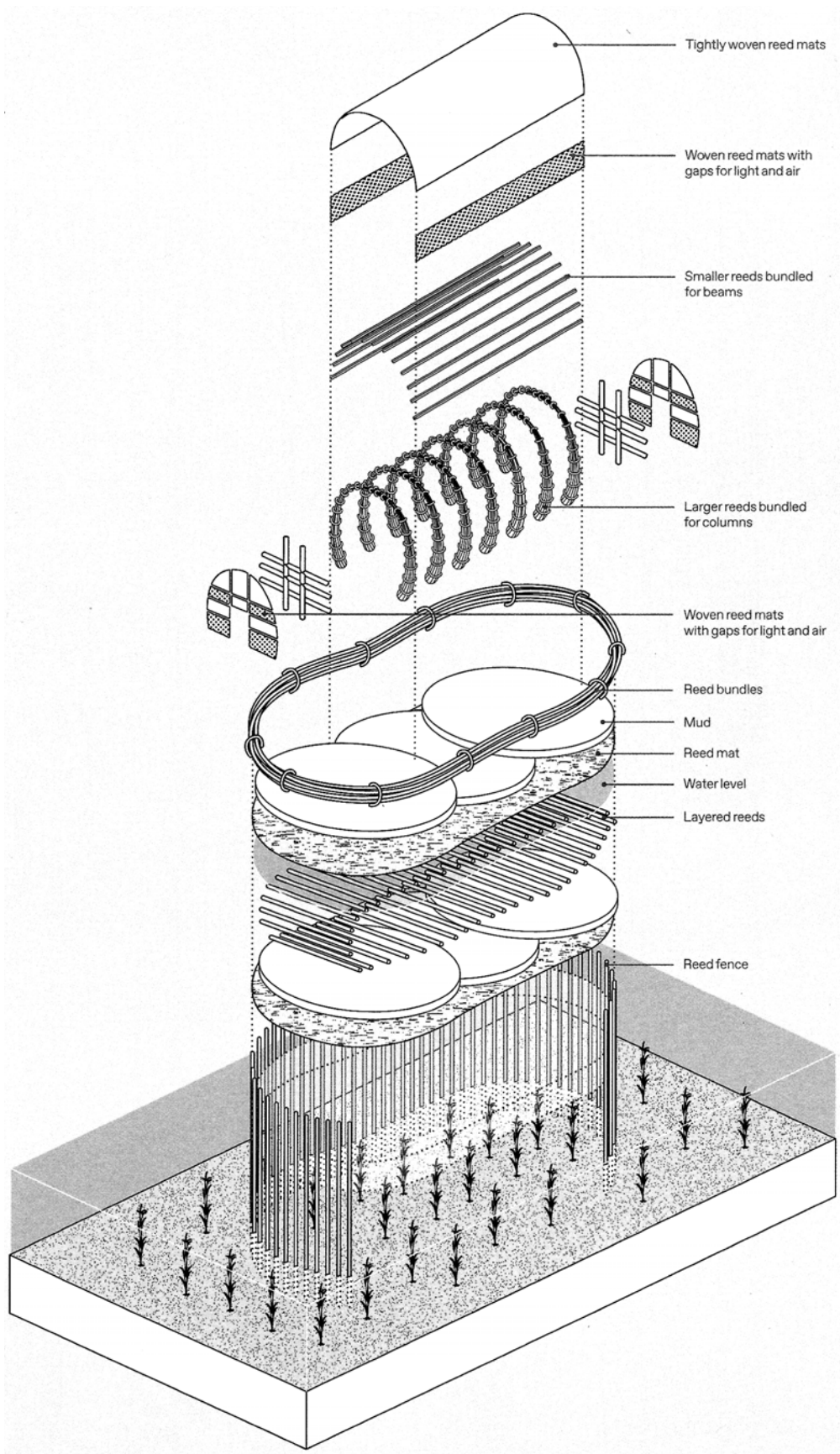
Aan de samenvloeiing van de rivieren Tigris en Eufraat vinden we overblijfselen van een unieke op-water-gebaseerde samenleving terug. Ook wel, en niet onterecht, het Venetië van Mesopotamië genoemd. Hierover wordt er in het boek *Lo-Tek* van Watson (2019) uitgeweid over het qasab-riet die men in deze Zuiderse waterlandschappen van Irak terug kan vinden.

Op deze eilanden waren de Ma'dan in staat om prachtig, drijvende huizen te bouwen die volledig zijn gemaakt van lokaal geogst qasab-riet, en dit in slechts drie dagen tijd. Het qasab-riet, een acht meter hoge bamboe-achtige gras, bloeit in de moerassen die een ideale omgeving vormen voor rijst en waterbuffels. Net als de totora-rieteilanden van de

Uros in Peru, wordt het qasab-riet uit de moerassen geogst voor de bouw van eilanden en is het een integraal onderdeel van elk aspect van het leven van de Ma'dan. Qasab-riet levert voer voor kuddes waterbuffels, meel voor brood, bouw materiaal voor huizen, kano's en de drijvende eilanden zelf.



Afbeelding 85: Drijvende eilanden geconstrueerd uit Qasab-riet (Watson, 2019)



Schema 86: Modder- en rietlagen (Watson, 2019)

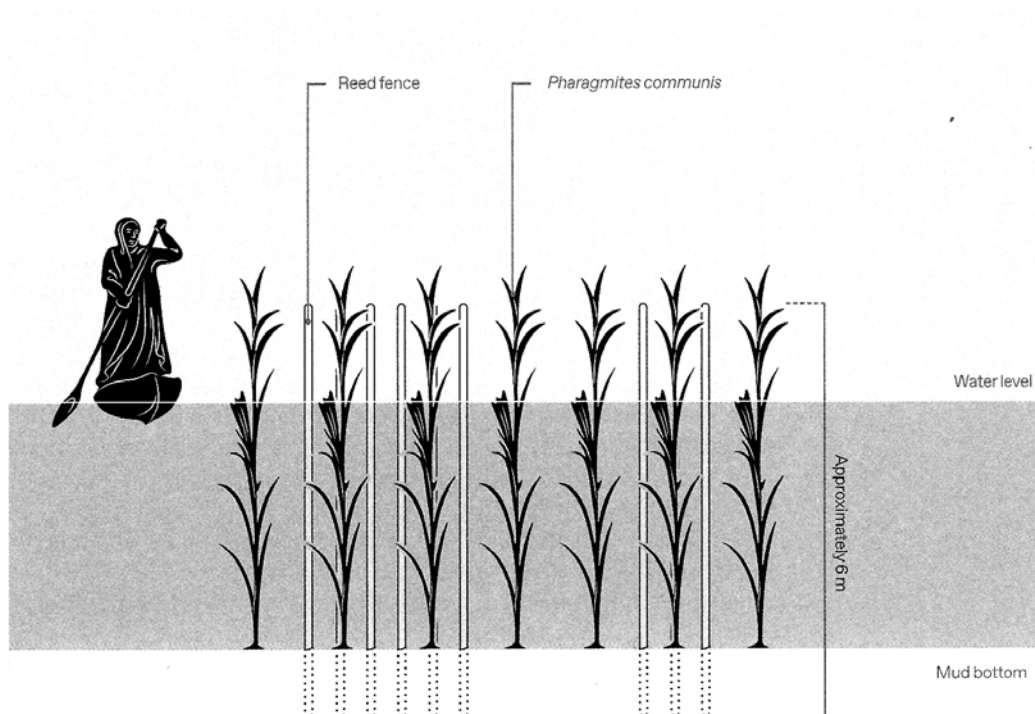
---

Hoe wordt het gebouwd?

De bouw van het eiland volgt een seizoensschema in drie fasen dat begint in de herfst, wanneer het water het laagst is.

### Constructiefase 1

In de eerste fase wordt een stuk moerasriet omsloten met een zes meter hoge omheining van gedroogd riet. Dit zal later de basis van het eiland vormen.

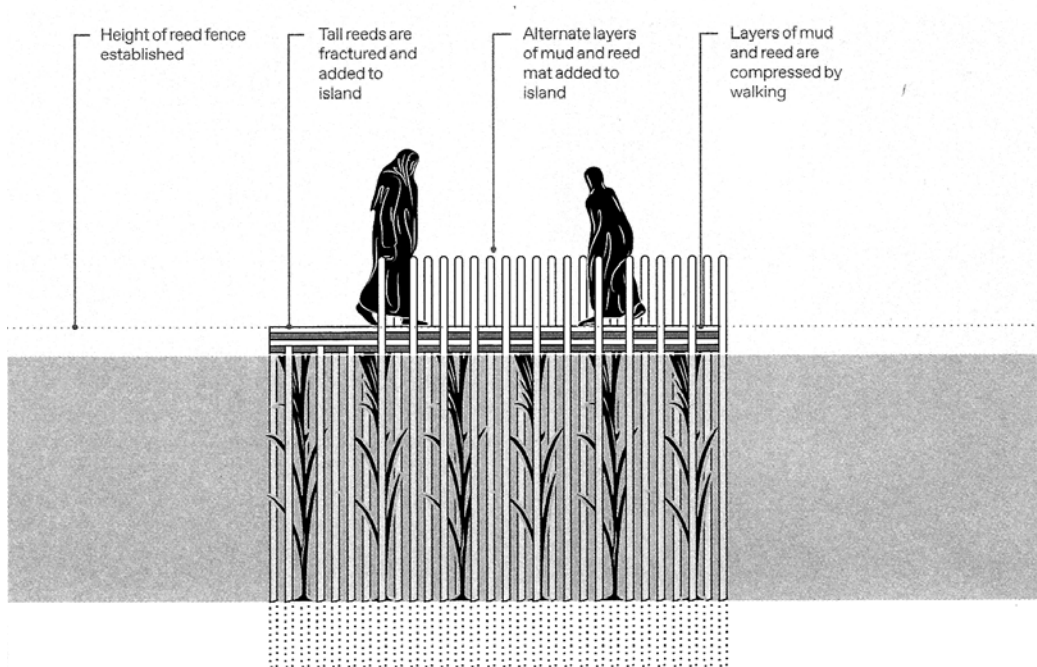


Schema 87: Een bestaande groep riet wordt omsloten door een rieten schutting (Watson, 2019)



## Constructiefase 2

In de tweede fase van de constructie zal de bodem van het eiland versterkt worden. Dit door afwisselende lagen van gedroogd riet en modder, die uit de bodem van het moeras werden gebaggerd, op elkaar te stapelen en aan te drukken.

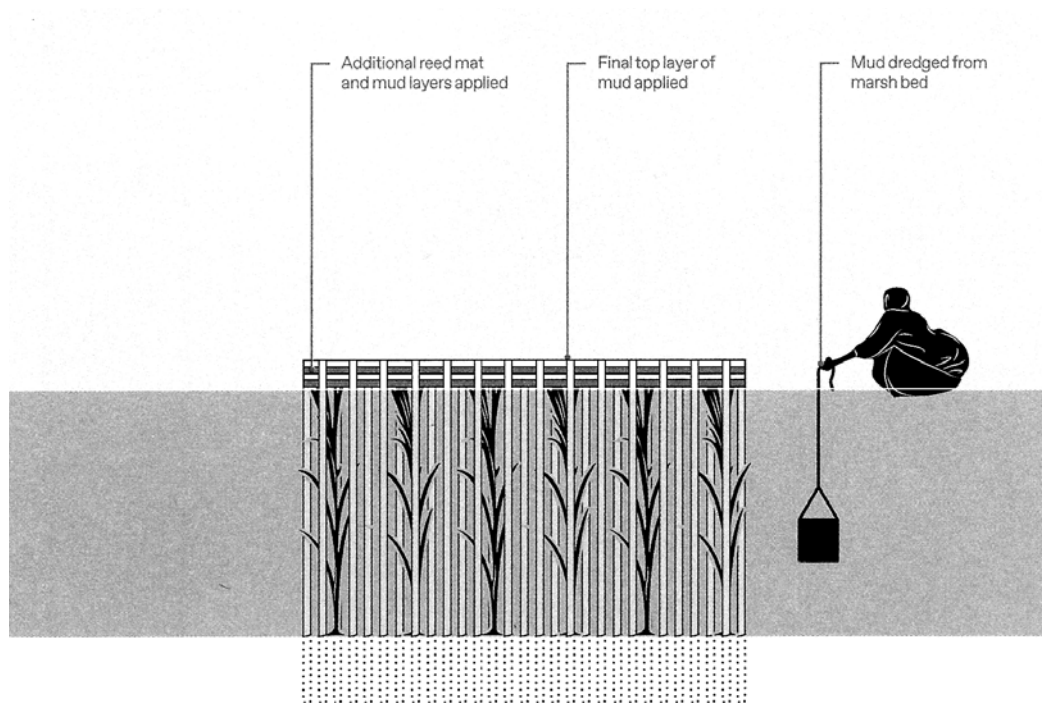


Schema 88: Extra lagen toegevoegd om een tijdelijk eiland, genaamd Kibasha, te maken (Watson, 2019)

---

### Constructiefase 3

Daarna wordt een laatste toplaag van baggerspecie toegevoegd waardoor een lange levensduur van het eiland gegarandeerd kan worden.

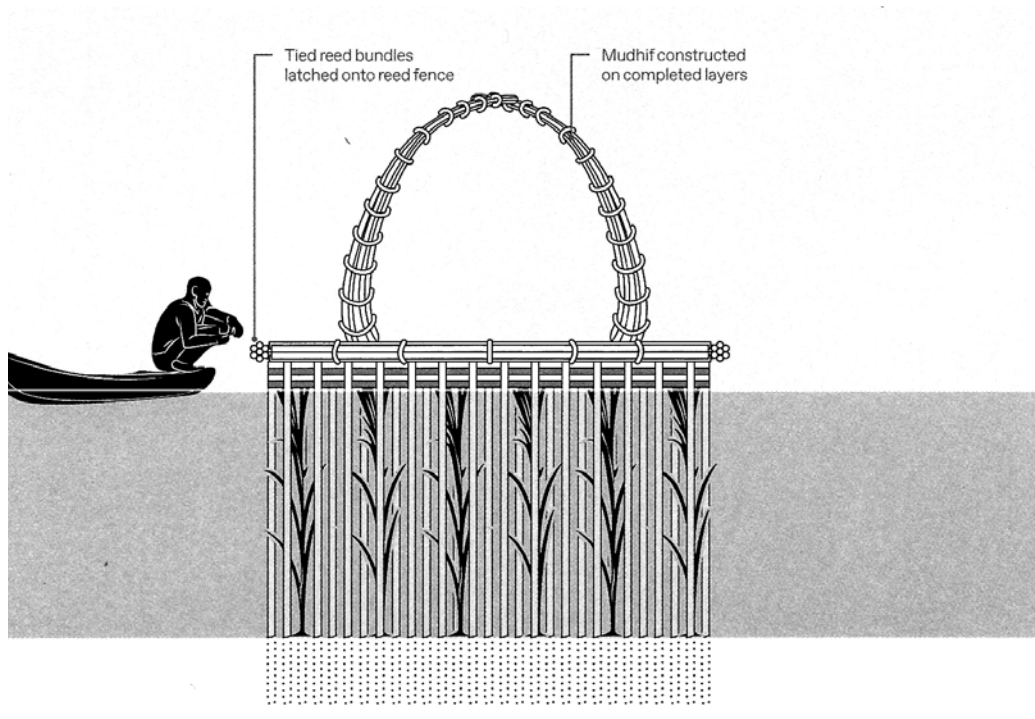


*Schema 89: Laatste lagen toegevoegd om een permanent eiland, of dibin, te maken (Watson, 2019)*

---

## Constructiefase 4

Als laatste stap wordt de architectuur geconstrueerd.



Schema 90: Dorps huis, of mudhif, gebouwd op het nederzettingseiland, of al-tahla (Watson, 2019)

De rietarchitectuur van de Ma'dan staat bekend om zijn veelzijdig gebruik van een lokaal, goedkoop en flexibel materiaal. De eilanden dienen als basis waarop dan de structuren uit qasab-riet, zoals religieuze gebouwen, woningen, publieke gebouwen, schuren en hekken, worden gebouwd.

De grote gewelven domineren de horizon van de eilanden met elegantie. Het gedroogde qasab-riet is sterk genoeg om verwerkt te worden tot kolommen, balken, muren, daken of vloeren. Het riet kan flexibel ingezet worden als een touwachtig element die gebouwen structureel kan verbinden.

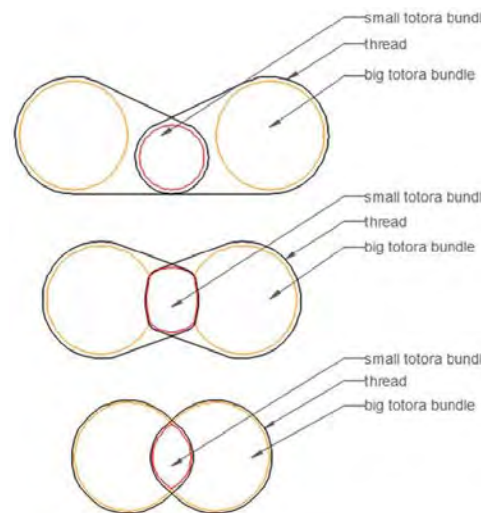
Dik riet wordt gebundeld tot kolommen zoals te zien in Afbeelding 90 en 91. Hoewel totora-halmen afzonderlijk relatief zwak zijn, vormen ze compacte lichamen met aanzienlijke sterkte wanneer ze stevig aan elkaar zijn gebonden. Zo worden bundels geconstrueerd die 3 m lang zijn en een diameter van 30 tot 60 cm hebben. De kolommen worden voorgespannen door ze onder een tegengestelde hoek in het eiland te steken zoals in Afbeelding 92. In Afbeelding 93 zien we hoe de kolommen kracht en stabiliteit bieden, eenmaal gebogen en vastgebonden in gewelfvorm (Hidalgo-Cordero & García-Navarro, 2018).



Afbeelding 90: Vlechten van riet tot pilaren (Watson, 2019)



Afbeelding 92: Constructie van bundels tot structuur (Watson, 2019)



Schema 91: Schematische weergave vlechttechniek (Hýsková et al., 2020)



---

Lange dwarsbalken van kleiner gebundeld riet worden over de bogen heen gelegd. Het raamwerk wordt vervolgens bedekt met fijngeweven rietmatten die perforaties voor licht en ventilatie bevatten.

Hoewel informatie over de mechanische sterkte van deze constructies niet was gedocumenteerd, toonden ze aan dat het gebruik van deze techniek het mogelijk maakte om gecompli-

ceerde constructievormen te bouwen die zichzelf konden dragen en zelfs de eventuele extra belastingen tijdens het bouwproces, zoals de arbeiders.

Met de juiste zorg kunnen deze rietwoningen 25 jaar meegaan. Deze constructies zijn een voorbeeld van innovatief gebruik van materialen in een moeilijk waterlandschap. (Hidalgo-Cordero & García-Navarro, 2018).



Afbeelding 94: Eindresultaat structuur (Watson, 2019)

---

## Ecosysteem

Tijdens het Hoessein-regime werden de moeras-Arabieren uit dit gebied verdreven waardoor tienduizenden inwoners hun huizen verlieten en hun traditionele levensstijl opgaven. Moerassen werden drooggelegd waardoor in dit gebied 52 inheemse vissoorten verdwenen, alsook wilde zwijnen, rode vossen, buffels en watervogels en zullen

velen hiervan nooit terugkeren. Na de val van het regime van Hoessein, heeft de lokale bevolking veel dijken vernietigd die het water van de moerassen tegenhielden. Hierdoor zijn de moerassen sindsdien gedeeltelijk hersteld en zijn een deel van de moeras-Arabieren teruggekeerd wat hoop geeft voor een nieuwe bloei van deze gemeenschap.

## Conclusie

De technieken die door de Ma'dan zijn ontwikkeld tonen aan dat architectuur en landschap elkaar kunnen versterken zonder het ecosysteem te verstoren.

Het qasab-riet dat als meest voorkomend inheems materiaal beschikbaar is, wordt aan een va-

riëteit van manieren innovatief toegepast in het dagelijks leven. De Ma'dan hebben niet alleen een verfijnde vorm van een huis ontwikkeld met behulp van één enkel bouw materiaal, maar ze hebben ook het land zelf gecreëerd waarop hun huizen staan.

---

### 2.3.2.4 Hedendaagse toepassingen

#### Natuurbehoudcentrum in Glänås door Wingårdh Arkitektkontor

In 1983 startte het Zweedse Milieubeschermingsagentschap een architectuurprogramma voor het 'Naturum'-netwerk van nationale natuurreservaten, dat over het hele land zou worden gebouwd. Ontwerpkwaliteit was een belangrijke vereiste in het programma, waarbij elk nieuw centrum van start ging via een wedstrijd. De gebouwen nemen ook een bijzondere positie in doordat duurzaamheid niet alleen onderdeel is van de bouwopgave, maar ook een communicatieve inhoud heeft. Ten slotte vervullen de be-

zoekerscentra ook een educatieve functie, waarbij ze de bezoekers een dieper inzicht willen geven in de omringende ecosystemen.

Het centrum is gesitueerd bij het meer Tåkern in Zuid-Zweden. Dit gebied is gelegen in Östergötland dat een lange geschiedenis kent van het reed thatching, een ambacht van het bouwen van een dak met riet waarbij de stengels in lagen worden aangebracht om het water van het binnendak af te voeren (Lowenstein, 2013).



*Afbeelding 95: Natuurbehoudcentrum, terrein met drie gebouwen uit riet geconstrueerd (Lowenstein, 2013)*



De bedoeling van Gert Wingårdh was dan ook om deze techniek nieuw leven in te blazen en ontwierp het gebouw waarbij de gehele buitenzijde afgedekt is met riet. Hierdoor lopen de steile daken naadloos over in de muren. Aan de nok, waar het rieten dak het meest kwetsbaar is, wordt een glazen dakraam aangebracht.

Door te kiezen voor een rieten dak accepteerden de architecten ook de technische beperkingen van dit materiaal. Dit komt het duidelijkst tot uiting in de steile dakhelling van om en bij de 50 graden. Dit is bedoeld om te voorkomen dat het riet te veel vocht opneemt. Hierdoor variëren de wandhoogtes van 1,2 meter op het laagste punt van de dakrand tot zeven meter op de nok. Het gebouw wordt ondersteund door een draagconstructie van verlijmd, gelamineerd hout.

De architecten schatten de levensduur van de dakbedekking op 50 tot 75 jaar, gebaseerd op ervaringen met oudere rieten daken.

Bij isolatie wilden ze echter niet alleen vertrouwen op de rietlaag, die tot 28 centimeter dik is. Het glulam frame eronder is daarom extra geïsoleerd met 20 tot 40 centimeter minerale wol. Voor de ruwbouw waren in totaal zo'n 36 miljoen rietstengels nodig, afkomstig van regionale oogsten.

Het bezoekerscentrum is slechts één van de drie gebouwen op het terrein. Op korte afstand van het bezoekerscentrum staat een vogelkijkhut en als derde is er het technische gebouw. Dit laatste was oorspronkelijk ontworpen voor houtpelletverwarming, maar uiteindelijk bleek het zuiniger om het bezoekerscentrum te verwarmen met aardwarmte. Daardoor wordt het technische gebouw nu vooral als opslag gebruikt. De drie gebouwen zijn elk opgebouwd met rieten buitenafwerking op alle wanden en zijn met elkaar verbonden door promenades die het terrein voor iedereen toegankelijk maken (Gaete, 2021; Lowenstein, 2013).



Afbeelding 96: Rieten dak doorlopend in gevel (Lowenstein, 2013)



Afbeelding 97: Detail riet (Lowenstein, 2013)

---

### Hedendaagse rieten daken en gevels

Hier volgen enkele voorbeelden van hedendaagse toepassingen van het materiaal riet binnen de architectuur.



*Afbeelding 98: Rieten afdak (Aguilar, 2021)*



*Afbeelding 99: Vormvrijheid (Luco, 2022b)*



Afbeelding 100: Rieten gevelpanelen (Ross, 2020)



Afbeelding 101: Rieten gevelafwerking (Detail green, 2016)



Afbeelding 102: Rieten dak (Luco, 2022a)



*Afbeelding 103: Rieten dak (Sandellsandberg, 2019)*



*Afbeelding 104: Rieten dak doorlopend in gevel (Sánchez, 2021)*



*Afbeelding 105: Rieten dak doorlopend in gevel (Detail, 2017)*

---

## 2.3.3 Wilg

### 2.3.3.1 Beschrijving en teelt van de plant

#### Eigenschappen



Afb. 6: Wilg (Demeester, 2001)

Als laatste voorbeeld is er de wilg, een snelgroeiende boom of struik die op de grens tussen land en water voorkomt. Zo is er bijvoorbeeld een groep die zich heeft gespecialiseerd in overstromingszones langsheen rivieren; andere komen voor op voedselarmere, meestal vochtige standplaatsen. Hij kan als volwassen exemplaar een uiteindelijke hoogte van 20-30 m bereiken.

De hoogte is afhankelijk van de groeiplaats en het klimaat. Hij wordt gekenmerkt door zijn bloeiwijze in de vorm van een katje. Dit is een slanke, cilindrische bloemencluster.

De plant kent vele soorten en kruisingen. Er zijn zowel boomvormende als struikvormende wilgensoorten. Zo zijn er de kruipwilg (*Salix repens*) en de struikwilg die behoren tot de struiken. De krulwilg (*Salix matsudana*), kronkelwilg (*Salix babylonica*), treurwilg (*Salix pendula*) en schietwilg (*Salix alba*) zijn bomen. Een kenmerkend element van de bomen is dat ze breed uitlopen.

De knotwilg is een wilg die op ongeveer 2 meter hoogte getopt is met een knop en vandaaruit uitloopt in wilgentenen, dunne takjes. Deze worden gebruikt als materiaal voor de traditionele vlechttechniek. Over dit laatste wordt in een volgend onderdeel verder uitgeweid. Daarnaast zijn er rassen en klonen ontwikkeld waardoor ze beschikken over een hoge biomassa-productie. Zo krijgen ze recht opgaande groeivormen en zijn goed bestand tegen ziekten (Bestman, 2019; Natuurpunt, z.d.; Plant en Plagen, 2022; Van den Berk Boomkwekerijen, z.d.).

---

### Aanplant en oogst

Traditiegetrouw wordt op vochtige percelen wilgenhout verbouwd, nl. grienden. Een wilgenplantage daarentegen is de moderne variant van een wilgengriend. Het doelende voor de wilgenteelt kan zijn als retentiegebied, d.w.z. een gebied waar water bij hevige regenval tijdelijk geborgen kan worden met doel om lager gelegen gebieden te beschutten tegen overstroming.

Als gevolg van de klimaatopwarming kiezen meer en meer gebieden voor deze inrichting als bescherming tegen hevige regenval. De oogst van de wilgen kunnen dienen als biomassa, of als grondstof voor bouw materiaal. De wilg kan geplant worden door geknotte takken (of poten) van een andere wilg in te planten. Deze worden op 1 meter diep in de grond aangezet. Dit kan door

een punt te zagen aan de onderkant van de tak en hem met een hamer de grond in te slaan. De bovenkant van de tak zou beschadigd kunnen zijn, maar wanneer dit stuk eraf gezaagd wordt, kan de boom weer groeien. De juiste tijd voor het planten is over het algemeen half november tot eind april. De temperatuur in de herfst en het voorjaar is hierbij een belangrijk element. De wilg bloeit in april. De meest efficiënte grondwaterstand hierbij is een grondwaterpeil tussen de 0 en 20cm onder het maaiveld.

De wilg wordt geplant met een dichtheid van 16,000 planten per ha. Dit komt overeen met 1,6 planten per vierkante meter. Naargelang de breedte van de stam vermindert dit aantal (Bestman, 2019).



*Afbeelding 106: Aanplanten van geknotte takken of poten (De Vlechterij, z.d.)*

---

De oogst van de wilg houdt het knotten van de boom in. Dit wil zeggen dat de wilgentakken één voor één worden gesnoeid tot de stam als een knot overblijft. Het is belangrijk dat alle takken afgesnoeid worden omdat anders overgebleven takken zich als stam gaan gedragen. In de lente lopen de gesnoeide takken

weer uit. Het beste moment om de wilg te oogsten, wanneer het wordt toegepast om te weven, is begin november tot in juni omdat het gehakte hout dan voldoende taai en gewillig is om het te buigen (Bestman, 2019; De Boomdokter, 2021; De Vlechterij, z.d.; Van den Berk Boomkwekerijen, z.d.).

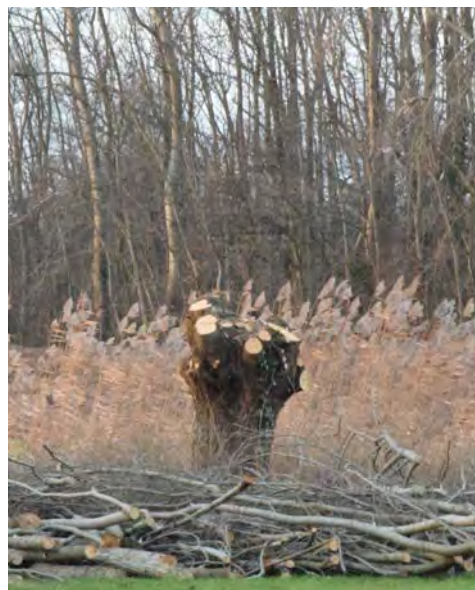
### Opbrengst

De wilg kan zo een 5 tot 13 ton droge stof per hectare opleveren (Bestman, 2019). Schepers (2018) geeft een opbrengst van 10m3 stamhout per hectare per jaar mee. Dit is omgerekend zo een 5,5 ton droge stof per jaar. Wil-

gen groeien snel, zonder mest of vergif. Bouwmarktschuttingen zijn vaak geïmpregneerd met sulfaat en moeten uiteindelijk worden ingeleverd bij het chemisch afval (Stoel, 2020).



Afbeelding 107: Oogsten van wilgentenen (Beijer, 2013)



Afbeelding 108: Geknotte wilg na oogst (De Boomdokter, 2021)

---

### Toepassingen plant

Wilgentwijgen, jonge takken met groen blad, kunnen gebruikt worden als voer. Wilgentenen kunnen geweven of gevlochten worden tot, wat vandaag de dag nog het meest toegepast wordt,

schutting voor in de tuin. Naast schuttingen zijn ook huizen en stallen opgetrokken in dit vlechtwerk. Deze techniek wordt nog altijd toegepast voor het weven van manden (Bestman, 2019).

### **2.3.3.2 Plant als bouw materiaal**

#### Eigenschappen

De wilg is een houtproducent voor o.a. triplex en houtvezelisolatie. De wilgentenen van de knotwilg wordt gebruikt voor het weven van manden, matten, hekken, dakscherm, maar ook meer bijzonder voor vlechtwerk zoals priëlen, matten, banken, enzoverder.

de constructie beschermen tegen weersomstandigheden (Bestman, 2019).

De levensduur van de wilgentenen zijn 8 tot 10 jaar. De duurzaamheid kan vergroot worden door de afscheiding te laten begroeien met klimplanten die enerzijds de stevigheid van het geheel verbeteren en anderzijds

De Vlechterij (z.d.) gebruikt twee- en driejarig hout voor het maken van verschillende tuinobjecten zoals tuinschermen en priëlen. De lengte van de wilgen is ongeveer 5 meter en de voet kan variëren tussen de 2 en 3cm diameter. Deze wilgen zijn voornamelijk katwilg, soms ook schiet- of kraakwilg. Eenjarig hout, voornamelijk Belgisch Rood, wordt bij mandenvlechterij toegepast.



*Afbeelding 107: Aanplanten van geknotte takken of poten (De Vlechterij, z.d.)*



## Isolatievermogen

Het hout afkomstig van de wilg kan toegepast worden als isolatiemateriaal in de vorm van houtvezel. Deze heeft een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  van 0.159 - 0.184 (W/mK) en een warmteweerstand R van 0.6 - 0.5 (m<sup>2</sup>K/W) bij een dikte van 10 cm (Bestman, 2019).

## Draagvermogen

Net zoals bij het riet is over het draagvermogen van de constructies uit wilg weinig gekend. Dit omdat de voornaamste manier om de wilg toe te passen het weven van hekken of ander materiaal is. Deze toepassingen vragen meestal niet om draagkrachtige eigenschap.

## Productieproces tot bouw materiaal

### 1 | Weeftechniek

Een toepassing van de wilg die vandaag nog het meest voorkomt is het weven met wilgentenen tot een hek. Grondpalen worden op regelmatige afstand, zo'n 60 cm uit elkaar en 60 cm diep, in de grond gezet om een sterke schutting voor te bereiden. Vervolgens worden de grondpalen op de gewenste hoogte handmatig ingeslagen en afgezaagd. Wilgentenen schuttingen kunnen in diverse hoogten geplaatst worden, van 30 tot 300 cm hoog. Vervolgens wordt twee- of driejarig wilgenhout om de palen heen gevlochten. Best worden wilgentenen van gelijke dikte en lengte toegepast, zodat een mooi regelmatig patroon ontstaat. Het beste moment om de wilg te vlechten is begin november tot in juni omdat het gehakte hout dan voldoende taai en gewillig

is om het te buigen en te vlechten. Daarna is het te droog om nog te buigen. Daarom worden ze gevlochten als ze net gekapt zijn, want eenmaal gedroogd is ze zeer taai. Dit is natuurlijk voordelig voor het draagvermogen van de wilg. Vanaf april is de wilg te droog (De Vlechterij, z.d.).



Afbeelding 108: Patroon weeftechniek  
(Eigen tekening, 2022)



Afbeelding 109: Weven van wilgentenen tot schutting  
(Stoel, 2020)

---

## 2 | Houtvezelisolatie

Houtvezels worden gemaakt uit vezels van o.a. naaldhout, maar ook wilg. Dit hout wordt verhit en onder druk gezet waardoor het hout vervezelt. Daarna wordt er water aan toegevoegd zodat er een soort brei ontstaat. Deze wordt uiteindelijk tot platen en dekens geperst. Doordat harsen

in het hout aanwezig zijn is een bijkomend bindmiddel overbodig. Met platen van houtvezel worden vooral daken, vloeren en binnenmuren geïsoleerd. Ook kan houtvezel voor spouwmuurisolatie worden gebruikt (Heeger, 2022).



Afbeelding 110: Houtvezels (Soprema, z.d.)



Afbeelding 111: Houtvezelisolatie (Gutex, z.d.)

## 3 | Triplex

Triplex wordt gemaakt van meerdere fineren, ook wel fineerlagen genoemd. Deze lagen worden gemaakt van grote boomstammen waarvan lagen, met een heel dun mesje, worden geschild. Hierbij ontstaan de verschillende dekfineren en binnenfineren, die kunnen worden samengevoegd tot de gewenste plaatafmeting. De verlijming

bestaat meestal uit thermo-hardende lijmen, die via rollen of een sproeisysteem worden aangebracht. Na het persen van de platen wordt het oppervlak alsnog geschuurd, waardoor de buitenfineren meestal iets dunner zijn dan de standaard schildikte. De wilg is een boomsoort dat hiervoor toegepast wordt (Centrum Hout, 2011).



Afbeelding 112: Fineerlagen van boomstronk geschraapt (English, 2021)



Afbeelding 113: Triplex (Centrum Hout, 2011)

---

### 2.3.3.3 Historische toepassingen

De wilg is een inlandse houtsoort die al eeuwen lang gebruikt wordt. Vlechtwerk van wilgentenen is in Europa een eeuwenoude traditie. De oudste overblijfselen van gevlochten wanden dateren van ongeveer 3000 voor Christus (De Vlechterij, z.d.).



*Schilderij 114: Vlechtwerk van schutting en stal  
(Limbourg brothers, 1412-1416)*

Ook dit schilderij uit 1411 toont aan dat het vlechtwerk een traditionele techniek is die al eeuwen wordt toegepast. Hierop is een omheining en een stal te zien uit het vlechtwerk van wilgentenen.



*Afbeelding 115: Schutting uit geweven wilgentenen  
(De Vlechterij, z.d.)*

Tot op vandaag wordt deze manier van omheining nog toegepast. De wilgentenen worden, zoals in het vorig hoofdstuk uitgelegd, geweven rond houten palen.



*Afbeelding 116: Schutting uit geweven wilgentenen  
rond bomen (De Vlechterij, z.d.)*

In plaats van te weven rond palen, kan men ook kiezen om rond bomen zelf te weven.

---

Vroeger werden ook muren voor huizen gevlochten om ze vervolgens in te smeren met een mengsel van leem, zand en stro. Dit mengsel werd vermengd met water en tot een dikte van 15 cm aangebracht. Zo dienden ze als volwaardige buitenmuur (De Groot, 2019).



Afbeelding 117: Woning met rechts de muur uit gevlochten wilg met mengsel van leem (De Groot, 2019)



Afbeelding 118: Muur uit gevlochten wilg met mengsel van leem (De Groot, 2019)



Afbeelding 119: Muur uit gevlochten wilg met mengsel van leem (De Groot, 2019)

### 2.3.3.4 Hedendaagse toepassingen

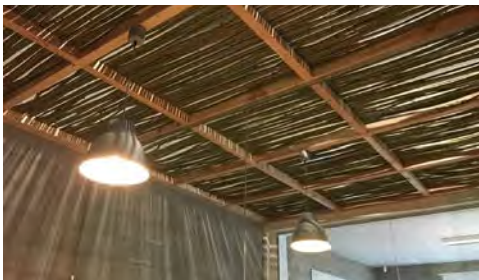
De vlechttechniek die al eeuwenoud is en toenmalig vooral voor hekwerk werd toegepast, kan ook ingezet worden voor alternatieven. Hier volgen enkele voorbeelden.



*Afbeelding 120: Poort (Wilgen, z.d.)*



*Afbeelding 121: Vormvrijheid (Wilgen, z.d.)*



*Afbeelding 122: Afdak (Wilgen, z.d.)*



*Afbeelding 123: Afdak (Wilgen, z.d.)*



*Afbeelding 124: Kunstobject (De Vlechterij, z.d.)*



*Afbeelding 125: Kunstobject (De Vlechterij, z.d.)*

---

### Spaans paviljoen voor de Shanghai World Expo 2010 door Miralles Tagliabue EMBT

Het Spaanse paviljoen voor de Wereldtentoonstelling van Shanghai in 2010 brengt de traditionele ambacht van weeftechnieken samen met een moderne constructiewijze. Op deze manier werd enerzijds nieuw leven ingeblazen in de oude traditie en anderzijds een klimaatvriendelijk materiaal heruitgevonden. De World Architecture Festival Awards 2009 (WAF) heeft het ontwerp van het Spaanse paviljoen voor de Shanghai Expo 2010 uitgeroepen tot Future Project of the Year.

Het ontwerp omvat een reeks panelen, gemaakt van geweven wilgenstengels, die als een huid aan de stalen structuur wordt opgehangen. Het project vroeg dan ook om een sterk samenwerkingsmodel tussen architect en ingenieur. De organische vorm van de structuur werd verwezenlijkt door een driedimensionaal raster van buisvormige elementen uit staal die een dubbele gevel creëren.

In tegenstelling tot de hightech constructie van de stalen structuur, wordt de gevel bekleed met een 5000-jaar oude vlechttechniek, nl. wicker oftewel rotan.

Deze techniek is een vlechtwerk van stengels, takken of scheuten van plantaardige oorsprong. Er kunnen vele soorten planten gebruikt worden, zoals riet, gras, bamboe, klimplanten, maar vooral wilg. Deze laatste plant is toegepast in het paviljoen. Het is een licht materiaal, maar toch zijn ze in gevlochten toestand heel erg stevig. De panelen werden door lokale ambachtslieden vervaardigd.

De panelen hebben een doorschijnende eigenschap omwille van de geweven wilgenstengels waardoor licht op een interessante manier binnenvalt en zo kwaliteitsvolle binnenplaatsen creëert.

De intentie van het project was om het demonteerbaar te maken zodat het na de expo weer in elkaar gezet kon worden op een andere plaats. Daarom zijn de verbindingen van het systeem boutverbindingen. Desalniettemin besloot de Chinese regering na afloop van het evenement dat het paviljoen mocht blijven staan (MC2 Estudio de Ingeniería, 2009; Miralles Tagliabue EMBT, 2009; Naidoo, 2009).



*Afbeelding 126: Panelen uit geweven wilg (Miralles Tagliabue EMBT, 2009)*



*Afbeelding 127: Stalen draagstructuur (Miralles Tagliabue EMBT, 2009)*



*Afb. 128: Detail (Miralles Tagliabue EMBT, 2009)*



*Afbeelding 129: Spaans paviljoen voor de Shanghai World Expo 2010 (Miralles Tagliabue EMBT, 2009)*

---

## School in Schulzenhof door Zanderroth Architekten

De gemeenschap van Schulzenhof had nieuwe klaslokalen nodig om het groeiende aantal kinderen te huisvesten. Zanderroth Architekten kreeg de opdracht een uitbreiding te voorzien. De school bevindt zich op een terrein met een heel aantal gebouwen; een polyvalent gebouw, een kinderdagverblijf en het schoolgebouw zelf. De architecten stelden een uitbreiding voor die aan beide kanten van de bestaande school een vleugel toevoegde.

Om het volledige complex meer samenhang te geven, wordt het ingepakt in lokaal gevlochten wilg. De wilgenstengels zijn geschild en daarna onder druk geïmpregneerd. Dit laatste betekent dat de wilgenstengels in een grote impregneerketel

vacuüm getrokken worden waarna een impregneermiddel wordt toegevoegd. Dat middel maakt het hout bestand tegen schimmels, bacteriën en insecten die houtrot zouden veroorzaken (Accoya, 2021). De wilgenstengels zijn telkens 200-240 cm lang en hebben een diameter van 15-20 mm. De wilgenstengels worden geweven rond een systeem van stalen buisjes met een diameter 21,3 mm dat tegen de gevel geconstrueerd is. Na het volledig weven van het gebouw doet het denken aan een mand die de school omringt. Het werkt als element die de gebouwen op het terrein met elkaar verbindt.

De gevel is het werk van Dieter Kotras, Ökobau & Bausanierung GmbH en Korbmachermeister Johann Bachinger (Detail, 2007).





*Afbeelding 130: Gevelfragment (Detail, 2007)*



*Afbeelding 131: Interieur (Detail, 2007)*



*Afbeelding 132: Detail (Detail, 2007)*



*Afbeelding 133: School in Schulzenhof door Zanderroth Architekten (Detail, 2007)*

### 3.1 Vergelijking beschrijving plant

#### Eigenschappen

De drie teelten zijn prominent aanwezig aan waterkanten en zijn relevant voor de paludicultuur. De lisdodde groeit het best met een waterpeil van 10 tot 20 cm boven het maaiveld. Riet is bestand tegen wisselende waterpeilen. In extreme gevallen kan het een waterpeil aan van 50 cm onder het maaiveld tot 2m boven

het maaiveld. De wilg overleeft een hoger waterpeil, maar heeft een lager waterpeil van 0-20cm onder het maaiveld nodig voor een substantiële productie. De teelt die het meest in aanmerking komt, zal dus afhankelijk zijn van de bodemeigenschappen van de locatie.

#### Aanplant en oogst

De beste planttechniek voor lisdodde is het handmatig inplanten. Dit is arbeidsintensief, maar levert de hoogste productie binnen deze teelt. Er is een dichtheid van 1 tot 2 planten per m<sup>2</sup>. Het oogsten voor lisdodde als grondstof voor bouw materiaal gebeurt best in de winter. Riet heeft een gelijkaardige planttechniek als de lisdodde. Hierbij worden kiem-

planten van het riet met een dichtheid 0,25 tot 4 planten per m<sup>2</sup> geplant. De oogst gebeurt ook hier in de winter. Ook de wilg sluit bij deze techniek aan. De geknotte takken van de wilg wordt ingeplant met een dichtheid van 1,6 planten per m<sup>2</sup>. De beste periode om de wilg te oogsten is van begin november tot juni.

#### Opbrengst

De opbrengst van de lisdodde kent uiteenlopende gegevens van een 4 tot 25 ton droge stof per hectare per jaar. Uit de verschillende documenten kunnen we concluderen dat de gemiddelde opbrengst van lisdodde 20 ton droge stof per hectare per jaar is. Riet heeft een gemiddelde opbrengst van 14,2 ton droge stof per hectare per jaar met uiteen-

lopende gegevens met een minimum van 3 tot een maximum van 24 ton droge stof per hectare per jaar. Wilg heeft een gemiddelde opbrengst van 9 ton droge stof per hectare per jaar met uiteenlopende gegevens van 5 tot 13 ton droge stof per hectare per jaar. Hieruit kunnen we besluiten dat de lisdodde de hoogste opbrengst droge stof oplevert.

---

## Toepassingen

De toepassingen van de teelten zijn variërend. De lisdodde heeft toepassingen als veevoer, isolatiemateriaal, constructiemateriaal, biomassa, etc. Riet heeft toepassingen als dakbedekking,

rietmatten, rietschermen, brandstof in de vorm van geperste pellets, isolatiemateriaal, etc. Wilg heeft toepassingen als schutting, wanden, manden, gevelafwerking etc.

## **3.2 Vergelijking plant als bouw materiaal**

### Eigenschappen

Relevante eigenschappen van de lisdodde met betrekking tot mogelijk bouw materiaal is dat het een optimale brandwerendheid heeft en warmte- en geluidsisolerend werkt. Beiden zijn een gevolg van de luchtholtes aanwezig in de stengel van de lisdodde. Het heeft een bufferende werking op vocht waardoor er in vele gevallen geen dampscherm nodig is. De lisdodde plant beschikt over polyfenolen waardoor het zichzelf beschermt tegen schimmels en insecten. Vervolgens beschikt de plant over zelfbindende eigenschappen waardoor bindmiddelen bij het vormen van bouw materiaal overbodig zijn. De plant is stevig waardoor het ook geschikt is als constructiemateriaal.

Riet is net zoals de lisdodde een natuurlijk isolerend materiaal omwille van de holtes in de stengels. Om deze reden is het ook een licht materiaal. Binnen de groep natuurlijke materialen heeft riet een hoge levensduur.

Riet heeft de potentie om toegepast te worden in zijn originele vorm, de stengels, maar kan ook ingezet worden als afwerkingsmaterialen.

De wilg kan gebruikt worden als grondstof voor triplex, maar wordt het meest toegepast als weefmateriaal. Hierbij heeft het de ideale eigenschappen van flexibiliteit en buigbaarheid, wanneer geoogst in het juiste seizoen. Daarnaast heeft het met deze methode geen behandeling nodig en kunnen de wilgentenen dus rechtstreeks van de bomen omgevormd worden tot een natuurlijke, klimaatneutrale schutting.

Desondanks de drie teelten een interessant toekomstbeeld bieden om de bouwsector duurzamer te maken, kan er geconcludeerd worden dat de lisdodde het meeste perspectief biedt. Het is een teelt met heel wat kwaliteiten die op dit moment al zou passen binnen onze bouw cultuur.

---


### Isolatiemateriaal

Wanneer de lisdodde tot een paneel verwerkt wordt met een dikte van 10cm heeft het een gemiddeld warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  van 0,053 W/mK en een warmteweerstand R van 2,0 m<sup>2</sup>K/W bij een dikte van 10 cm. Bij riet worden de stengels gestapeld tot een soort mat of paneel tot het over een dikte van 10 cm bezit. Daarbij heeft het een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  van 0.060 W/mK en een warmteweerstand R van 1,7 m<sup>2</sup>K/W bij een dikte van 10 cm.

Wilg kan als grondstof dienen voor houtvezelisolatie waarbij het de isolatieplaat een dikte van 10 cm heeft. Hierbij heeft het een warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  van 0,172 W/mK en een warmteweerstand R van 0,6 m<sup>2</sup>K/W bij een dikte van 10 cm. Aangezien alle materialen berekend zijn bij een dikte van 10 cm zijn ze makkelijk te vergelijken met elkaar.

Hieruit kan er geconcludeerd worden dat lisdodde van de drie teelten het meest isolerend is, daarna volgt het riet en als minst isolerend van de drie is er de wilg.

In Tabel 134 wordt het isolatievermogen van de biobased materialen lisdodde, riet en wilg vergeleken met het isolatievermogen van traditionele isolatie of andere wandopbouw. Daarnaast is er een eigen berekening gemaakt waarbij het duidelijk wordt hoe dik de wand van het biobased materiaal zou moeten zijn, om hetzelfde isolatievermogen te verkrijgen als het traditionele materiaal bij 10 cm. Op deze manier zou men een concreet idee kunnen krijgen hoe we hiermee in de bouw kunnen omgaan. Zo zal bijvoorbeeld een mat van rietstengels een dikte van 26,1 cm moeten hebben om hetzelfde isolatievermogen te bekomen als een PUR-plaat van 10 cm dik.

	<b>Lisdodde</b> $\lambda = 0,053$ (W/mK) $R = 1,89$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm  <i>Afb. 135 Lisdodde-isolatiepaneel (typhaboord, z.d.)</i>	<b>Riet</b> $\lambda = 0,06$ (W/mK) $R = 1,67$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm  <i>Afb. 136 Riet-isolatiepaneel (Hiss Reet, z.d.)</i>	<b>Wilg</b> $\lambda = 0,172$ (W/mK) $R = 0,58$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm  <i>Afbeelding 111: Houtvezelisolatie (Gutex, z.d.)</i>
<b>PUR-platen (muur)</b> $\lambda = 0,023$ (W/mK) $R = 4,35$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	<b>Dikte wand lisdodde bij</b> $R = 4,35$ (m <sup>2</sup> K/W) 23,1 cm	<b>Dikte wand riet bij</b> $R = 4,35$ (m <sup>2</sup> K/W) 26,1 cm	<b>Dikte wand wilg bij</b> $R = 4,35$ (m <sup>2</sup> K/W) 74,8 cm
<b>PUR-platen (dak)</b> $\lambda = 0,028$ (W/mK) $R = 3,57$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	<b>Dikte wand lisdodde bij</b> $R = 3,57$ (m <sup>2</sup> K/W) 18,9 cm	<b>Dikte wand riet bij</b> $R = 3,57$ (m <sup>2</sup> K/W) 22,5 cm	<b>Dikte wand wilg bij</b> $R = 3,57$ (m <sup>2</sup> K/W) 61,4 cm
<b>Minerale wol</b> $\lambda = 0,035$ (W/mK) $R = 2,86$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	<b>Dikte wand lisdodde bij</b> $R = 2,86$ (m <sup>2</sup> K/W) 15,2 cm	<b>Dikte wand riet bij</b> $R = 2,86$ (m <sup>2</sup> K/W) 17,2 cm	<b>Dikte wand wilg bij</b> $R = 2,86$ (m <sup>2</sup> K/W) 49,2 cm
<b>Standaard draagmuur</b> $\lambda = 0,410$ (W/mK) $R = 0,24$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	<b>Dikte wand lisdodde bij</b> $R = 0,24$ (m <sup>2</sup> K/W) 1,3 cm	<b>Dikte wand riet bij</b> $R = 0,24$ (m <sup>2</sup> K/W) 1,4 cm	<b>Dikte wand wilg bij</b> $R = 0,24$ (m <sup>2</sup> K/W) 4,1 cm
<b>Standaard gevelmuur</b> $\lambda = 1,470$ (W/mK) $R = 0,07$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	<b>Dikte wand lisdodde bij</b> $R = 0,07$ (m <sup>2</sup> K/W) 0,4 cm	<b>Dikte wand riet bij</b> $R = 0,07$ (m <sup>2</sup> K/W) 0,4 cm	<b>Dikte wand wilg bij</b> $R = 0,07$ (m <sup>2</sup> K/W) 1,2 cm
<b>Ongewapend beton</b> $\lambda = 1,300$ (W/mK) $R = 0,08$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	<b>Dikte wand lisdodde bij</b> $R = 0,08$ (m <sup>2</sup> K/W) 0,4 cm	<b>Dikte wand riet bij</b> $R = 0,08$ (m <sup>2</sup> K/W) 0,5 cm	<b>Dikte wand wilg bij</b> $R = 0,08$ (m <sup>2</sup> K/W) 1,4 cm
<b>Gewapend beton</b> $\lambda = 1,700$ (W/mK) $R = 0,06$ (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	<b>Dikte wand lisdodde bij</b> $R = 0,06$ (m <sup>2</sup> K/W) 0,3 cm	<b>Dikte wand riet bij</b> $R = 0,06$ (m <sup>2</sup> K/W) 0,4 cm	<b>Dikte wand wilg bij</b> $R = 0,06$ (m <sup>2</sup> K/W) 1,0 cm

Tabel 134: Vergelijking isolatievermogen biobased isolatiematerialen met traditionele isolatie of andere wandopbouw (Eigen tabel obv de bronnen vermeld onder 2.3.1.2, 2.3.2.2, 2.3.3.2, 2022)

In Tabel 137 wordt er via een eigen onderzoek berekend welke dikte de wand van riet, wilg of lisdodde zou moeten hebben om een isolatievermogen te bekomen die voldoet aan de EPB-eisen voor 2022 voor nieuwbouw en renova-

tie. D.w.z. dat er onderzocht wordt hoe dik de wand moet zijn om een U-waarde te verkrijgen van 0,24 W/m<sup>2</sup>K. Zo zal bijvoorbeeld een wand uit rietstengels een dikte moeten hebben van 25 cm om aan de EPB-eisen te voldoen.

	Lisdodde	Riet	Wilg
	$\lambda = 0,053$ (W/mK) R = 1,89 (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	$\lambda = 0,06$ (W/mK) R = 1,67 (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm	$\lambda = 0,172$ (W/mK) R = 0,58 (m <sup>2</sup> K/W) bij 10cm
U-waarde buitenmuren, vloeren, daken, plafonds = 0,24 W/m <sup>2</sup> K	22,1cm	25,0 cm	71,7 cm

Tabel 137: Dikte van biobased isolatiemateriaal zodat EPB-eis wordt bekomen (Eigen tabel, 2022)

Hieruit kunnen we concluderen dat de biobased producten vaak een grotere dikte zullen moeten hebben om aan de eisen te voldoen. Aangezien de lisdodde panelen een voldoende groot draagvermogen hebben, zeker met een dikte van 22,1 cm, zal hier dus geen verdere draagstructuur voor gevraagd worden.

Dit vraagt een alternatieve manier van ontwerpen die niet meteen nadelig moet zijn voor het eindresultaat. Het wordt interessant wanneer zich dit tot een voordeel leent i.p.v. een nadeel. De rieten matten uit rietstengels en de houtvezelisolatie uit wilg zijn niet dragend en vragen nog een draagstructuur.

### Draagvermogen

De lisdodde is het enige materiaal waarover informatie gevonden is waardoor er dus geen relevante vergelijking gemaakt kan worden. Echter is het de lisdodde die enkel toegepast wordt wanneer een voldoende hoog draagvermogen belangrijk is. Bij riet en wilg is

dit niet het geval en spelen eigenschappen van draagvermogen geen cruciale rol. Studies over de lisdodde toont aan dat een lisdodde paneel overeenkomstige draagkrachtige eigenschappen heeft met een OSB type 3.

---

## Productieproces tot bouw materiaal

De lisdodde kan op verschillende manieren gebruikt worden waardoor het dus verschillende processen kan doorlopen. Het kan in zijn natuurlijke vorm toegepast worden als afwerkingsmateriaal voor wanden, daken, vloeren, etc. Daarnaast kan het verwerkt worden tot plaatmateriaal. Dit kan met een vergelijkbare methode als de OSB-productie, of dit kan doormiddel van heetpersen aangezien de lisdodde zelfbindende eigenschappen bezit. Bovendien kunnen alternatieve vormen vervaardigd worden met behulp van mallen.

Riet wordt vandaag de dag het meest toegepast als dakopbouw waarbij de rietstengels gestapeld worden op mekaar. Hierbij is geen productieproces nodig, enkel een montage. Bij plaatmateriaal kan riet als alternatief materiaal aangewend worden voor de productie van spaanplaten, waarbij riet-snippers verwerkt worden.

Ook de wilg wordt vandaag nog het meest toegepast in zijn onbehandelde vorm, de wilgentenen. Deze wordt voornamelijk gebruikt voor het weven van schuttingen. Het kan ook als alternatief ma-

teriaal toegepast worden voor de productie van houtvezelisolatie en triplex.

Hiermee kunnen we besluiten dat de drie teelten interessant zijn om in hun onbewerkte vorm toe te passen. Deze hebben ook de laagste ecologische voetafdruk, zeker wanneer het product lokaal gewonnen is en geen transport nodig heeft. Vervolgens kunnen de drie teelten ook behandeld worden tot een isolatie- of plaatmateriaal.

### 3.3 Samenvattende tabel

In Tabel 138 worden de karakteristieke elementen, opbrengst, isolatievermogen en toepassingen van de verschillende gewassen samengevat.

		Lisdodde	Riet	Wilg
Vergelijking beschrijving plant	Eigenschappen	Waterpeil 0-20 cm boven maaiveld	Wisselend waterpeil van -50cm tot 2m in extreme gevallen	0-20 cm onder maaiveld
	Aanplant en oogst	<u>Planttechniek:</u> inplanten <u>Dichth.:</u> 1 à 2 plant/m <sup>2</sup> <u>Oogst:</u> Winter	<u>Planttechniek:</u> inplanten <u>Dichth.:</u> 0,25 à 4 plant/m <sup>2</sup> <u>Oogst:</u> Winter	<u>Planttechniek:</u> inplanten <u>Dichth.:</u> 1,6 plant/m <sup>2</sup> <u>Oogst:</u> nov. tot juni
	Opbrengst	2t ds/ha (Fritz et al., 2014) 4-20t ds/ha (Bestman, 2019) 6t ds/ha (Bestman, 2019) 11t ds/ha (Bestman, 2019) 15 ds/ha (Van Duursen & Nieuwenhuijs, 2016) 15t ds/ha (Postma, 2017) 20-25 ds/ha (Van Duursen & Nieuwenhuijs, 2016) > 20t ds/ha (Geurts et al., 2017)	3-6t ds/ha (Fritz et al., 2014) 6-24t ds/ha (Bestman, 2019) 10-15t ds/ha (Van der Werf, 2018)	5-13t ds/ha (Bestman, 2019) 5,5t ds/ha (Scheepers, 2018)
	Toepassingen	Veevoer, isolatiemateriaal, constructiemateriaal, biomassa, etc	Dakbedekking, rietmatten, rietschermen, brandstof in de vorm van geperste pellets, isolatiemateriaal, etc	Schutting, wanden, manden, etc
Vergelijking plant als bouw materiaal	Eigenschappen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brandwerend</li> <li>- Warmte- en geluidsisoleren</li> <li>- Bufferende werking op vocht, geen dampscherm nodig</li> <li>- Zelfbescherming tegen schimmels en insecten</li> <li>- Zelfbindende eigenschap, geen bindmiddel nodig</li> <li>- Optimale stevigheid als constructiemateriaal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Warmte-isolerend</li> <li>- Licht materiaal</li> <li>- Lange levensduur</li> <li>- Afwerkingsmateriaal</li> <li>- Plaatmateriaal</li> <li>- Hoge duurzaamheid (in de categorie natuurlijke materialen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Houtproducent voor triplex</li> <li>- Flexibele stengels ideaal voor weven</li> <li>- Geen behandeling nodig</li> <li>- Gevelafwerking</li> </ul>
	Isolatievermogen	$\lambda = 0,032 - 0,061$ (W/mK) $R = 2,3 - 1,7$ (m <sup>2</sup> K/W)	$\lambda = 0,06$ (W/mK) $R = 1,7$ (m <sup>2</sup> K/W)	$\lambda = 0,159 - 0,184$ (W/mK) $R = 0,6 - 0,5$ (m <sup>2</sup> K/W)
	Draagvermogen	Vergelijkbaar met een OSB type 3	Geen informatie	Geen informatie
	Productieproces tot bouw materiaal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weven tot afwerkingsmateriaal</li> <li>- Isolatie- / plaatmateriaal (conform OSB, heetpersen, mal, nabehandeling)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stapelen rietstengels tot dakopbouw</li> <li>- Productie spaanplaat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weven tot schuttingen</li> <li>- Productie houtvezelisolatie</li> <li>- Productie triplex</li> </ul>



---

### 3.4 Conclusie

Als algemeen besluit kunnen we dus stellen dat de toenemende waterrijke gebieden ingezet kunnen worden voor de productie van grondstoffen voor bouwmaterialen.

Uit dit onderzoek blijkt de lisdodde van de gewassen uit de natte teelt als meest perspectiefvol naar voren te komen als bouw materiaal. Dit komt o.a. omdat het een relatief hoog isolatievermogen heeft dat overeenkomt met het isolatievermogen van de traditionele isolatietechnieken. Daarnaast kan de lisdodde ingezet worden als constructiemateriaal waarbij het een draagvermogen heeft dat gelijkaardig is aan een OSB-plaat.

Toch heeft eenieder gewas zijn eigen voordelen, waarmee dus de te kiezen teelt afhankelijk zal zijn van

het doeleinde waarvoor het gebruikt zal worden.

De lisdodde is het meest relevant om toegepast te worden als vervangen voor de OSB-plaat, dus plaat met een aanzienlijk draagvermogen, of als een alternatief materiaal voor isolatie. Het riet zou het best gebruikt worden als dakopbouw en de wilg kan het best ingezet worden bij schuttingen of als gevelafwerking.

Tenslotte kunnen we zeggen dat deze drie gewassen bijdragen aan een verbetering van de natuurwaarden in het gebied en het behoud van het ecosysteem. Wanneer deze drie gewassen gecombineerd worden, ontstaat er een mozaïeklandschap waarbij elk gewas verschillende doelsoorten kan huisvesten (Bestman, 2019; Scherpers, 2018).

Met het project *Bouwen met water* binnen de studio Degrowth wordt een concrete situatie uitgewerkt waarbij lokale materialen als grondstof dienen voor bouwmaterialen voor het gebouw. In dit laatste hoofdstuk wordt het masterproject gelinkt aan deze scriptie.

#### 4.1 Studio Degrowth

Definitie. Degrowth, letterlijk te vertalen als ontgroei, wordt beschouwd als een essentiële strategie als antwoord op de ‘grenzen aan de groei’-discussie. De huidige klimaatverandering laat zien dat de mens tegen haar

natuurlijke grenzen aanloopt. Productie en consumptie moeten daarom afgeremd worden om een milieucatastrofe te vermijden. Producten zouden zo veel mogelijk lokaal moeten worden geproduceerd en geconsumeerd.

##### 4.1.1 Toelichting studio

In de studio Degrowth wordt er binnen drie locaties in Limburg onderzoek gedaan naar strategieën voor een productief landschap op een manier waarbij architectuur hier een bijdrage in kan leveren.

De drie locaties zijn de Herkenrode-site waarbij herbestemming centraal staat, Stevoort die bekend staat om zijn fruitstreek en als laatste de Wijers met zijn karakteristiek vijverlandschap.



Afbeelding 139: Kaart Hasselt en omstreken met fragmenten uit de drie sites (Eigen tekening, 2022)

#### 4.1.2 De Wijers

Mijn masterproject zal zich afspelen in de Wijers, een gebied gekarakteriseerd door zijn waterrijke gebieden en vijverlandschap. De Wijers telt namelijk 1175 vijvers en is goed voor 700 hectare water en waterplanten. Het natuurgebied ligt verspreid over

de gemeenten Zonhoven, Lummen, Diepenbeek, Hasselt, Genk, Heusden-Zolder en Houthalen-Helchteren, centraal in Limburg. Naast de natuurlijke rijkdom, is De Wijers een streek met een rijke geschiedenis en toeristische attracties, zoals Bokrijk.



Afbeelding 140: Luchtfoto waterlandschap de Wijers (De Wijers vanuit de lucht, 2020)



Afbeelding 141: Kaart De Wijers met projectgebied aangeduid (Eigen tekening, 2022)

Het projectgebied van mijn masterproject is gelegen bij het huidige station van Bokrijk en zijn nabijgelegen vijvers van de Wijers. Het station van Bokrijk ligt op een interessant kruispunt tussen het vijverlandschap, de stad en het openluchtmuseum Bokrijk.



Afbeelding 142: Inplantingsplan project (Eigen tekening, 2022)

Het inplantingsplan toont al enkele aspecten die belangrijk zullen zijn binnen mijn project. Eerst en vooral de nabijgelegen vijvers. Deze zullen ingezet worden voor de oogst van de grondstof van het bouw materiaal. Deze bouwmaterialen worden ingezet voor de bouw van het project zelf dat in de cirkel wordt afgebeeld. De oogsttechniek zal op traditionele manier gebeuren en wordt toegevoegd als extra bezienswaardigheid aan het programma van Bokrijk.



Afb. 143: Omgeving station Bokrijk (Eigen foto, 2022)



Afb. 144: Omgeving station Bokrijk (Eigen foto, 2022)



Afb. 145: Omgeving station Bokrijk (Eigen foto, 2022)

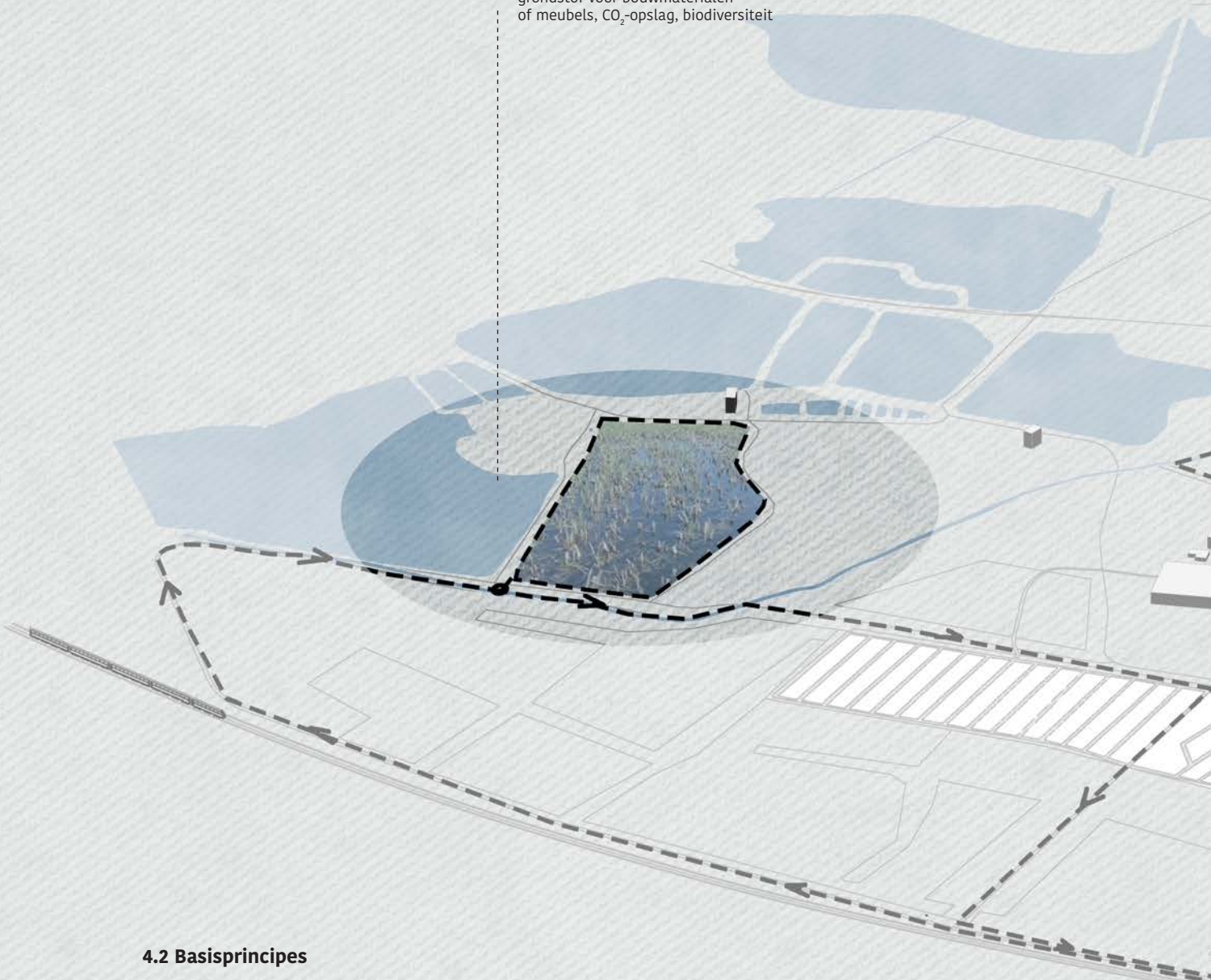


Afb. 146: Omgeving vijvers nabij Bokrijk (Eigen foto, 2022)



Afb. 147: Omgeving vijvers nabij Bokrijk (Eigen foto, 2022)

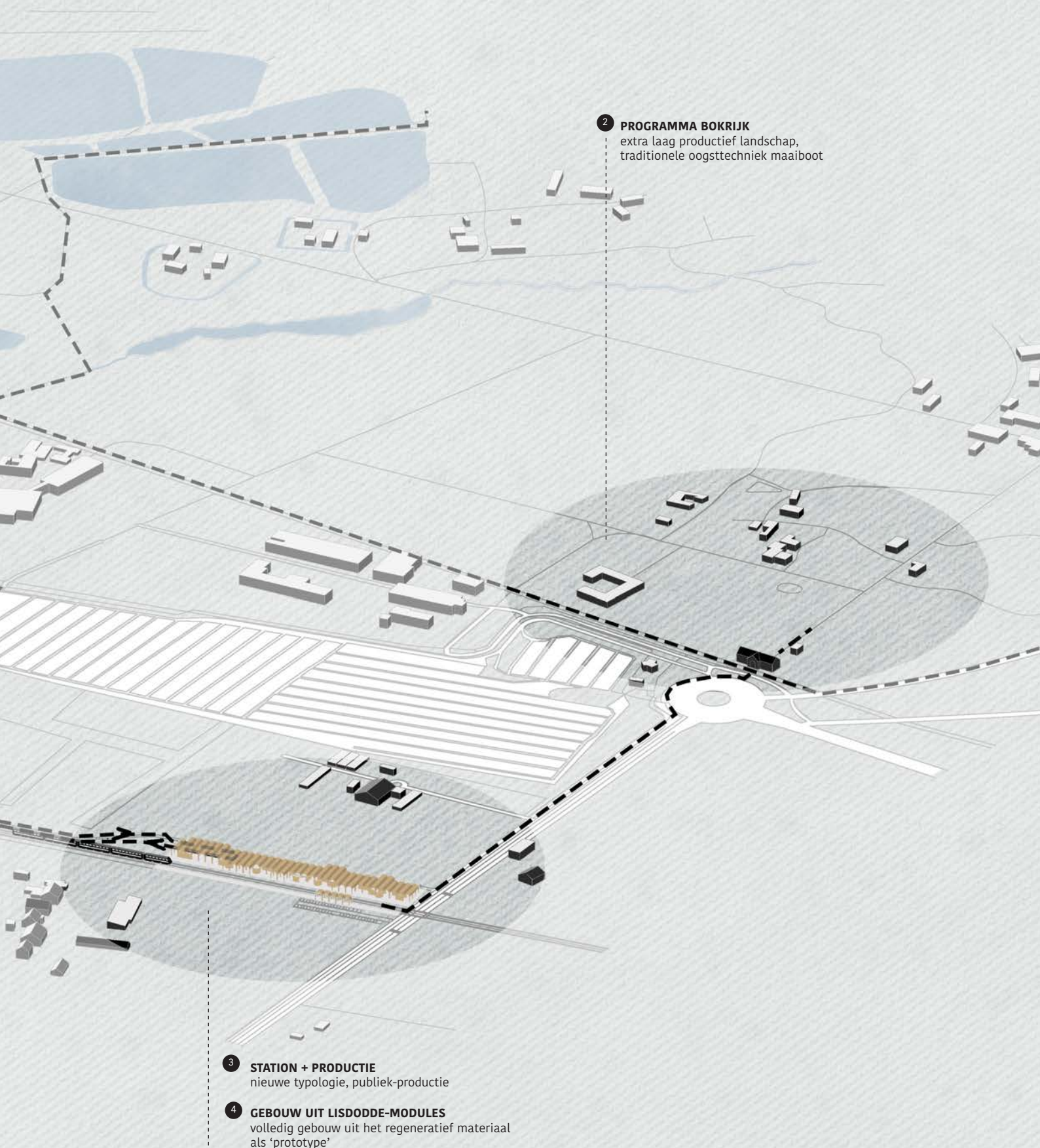
**1 LISDODDE-TEELT**  
grondstof voor bouwmaterialen  
of meubels, CO<sub>2</sub>-opslag, biodiversiteit



#### 4.2 Basisprincipes

In mijn masterproject *Bouwen met water* komen verschillende aspecten samen die constant in wisselwerking zijn met elkaar en zo één samenhangend geheel vormen

- 1 | Lisdodde-teelt in nabijgelegen vijvers waarbij de oogst zal dienen voor het productieproces van lisdodde-platen of andere bouwmaterialen of meubels
- 2 | De traditionele oogsttechniek van de lisdodde zal in het kader van het 'productief landschap' het huidige programma van het openluchtmuseum van Bokrijk aanvullen
- 3 | Ontwerpen van een nieuwe typologie waarbij het station en een productieproces samensmelten
- 4 | Het ontwerp zal geconstrueerd worden met lisdodde-modules



**2 PROGRAMMA BOKRIJK**  
extra laag productief landschap,  
traditionele oogstechniek maaiboot

**3 STATION + PRODUCTIE**  
nieuwe typologie, publiek-productie

**4 GEBOUW UIT LISDODDE-MODULES**  
volledig gebouw uit het regeneratief materiaal  
als 'prototype'

---

### 4.2.1 Lisdodde-oogst

Uit het onderzoek van mijn scriptie bleek de lisdodde de meest perspectiefvolle plant te zijn die kan dienen als grondstof voor bouwmaterialen. Bovendien is deze plant rijk aanwezig in mijn projectgebied de Wijers. Om deze redenen zal er binnen mijn project lisdodde-teelt plaatsvinden.

#### Voordelen lisdodde-oogst

Het onderzoek naar de voordelen van de lisdodde staan in deze scriptie beschreven, maar hier volgt nog een korte samenvatting.

De lisdodde is een waterplant die tot 2m hoog kan worden en is bekend vanwege zijn 'sigaar'. Uit onderzoek Van Duursen en Nieuwenhuijs (2016) blijkt de lisdodde een perspectiefvolle grondstof als bouw materiaal te zijn.

Hier wordt geconcludeerd dat de lisdodde één van de weinige planten is die bestaat uit lange scheurbestendige vezels die voor 85% is opgebouwd uit sponsachtig materiaal. Om wille van deze structuur en natuurlijke oliën is de lisdodde een optimale grondstof voor bouw elementen.

Bovendien zorgt het hoge percentage polyfenolen in de lisdodde voor bescherming tegen schimmels en insecten. De lisdodde heeft daarom weinig tot geen toevoegingen nodig en stoot geen giftige VOC's uit (volatile organic compounds). Het heeft een optimale brandweerstand en werkt warmte- en geluidsisolerend als gevolg van de

De grondstof verkregen uit deze oogst zal ingezet worden om bouwmaterialen te ontwikkelen die nodig zijn om het gebouw op te bouwen. Eens het gebouw volledig geconstrueerd is, kan een productielijn voor lisdodde-bouwmaterialen opgestart worden.

luchtholtes aanwezig in de stengel van de lisdodde.

Bijkomend heeft het een bufferende werking op vocht waardoor, in vele toepassingen, het damp-scherp achterwege gelaten kan worden (Krus et al., 2014).

Door haar stevigheid is ze ook uitermate geschikt voor constructieplaten met een hoog isolatievermogen en is qua stevigheid en isolatiewaarde vergelijkbaar met OSB-platen (Hýsková et al., 2020). De lisdodde vereist weinig energie om te produceren in vergelijking met synthetische en minerale isolatiematerialen en scoort daarmee hoog op de milieuprestatie ladder.

Lisdodde is 100% recycleerbaar, het verbetert de waterkwaliteit en legt per hectare vijfmaal zoveel CO<sub>2</sub> vast als een naaldbos. Opmerkelijk is dat het gebruik van lisdodde-isolatie leidt tot vastlegging van koolstof in tegenstelling tot minerale en synthetische isolatiematerialen, waar alleen al in het productieproces tot 1 ton CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> wordt uitgestoten (Van Duursen en Nieuwenhuijs, 2016).





Afbeelding 1: Teelt op natte bodem, paludicuur (Bestman, 2019)

De lisdodde-teelt heeft een **positieve impact op het klimaat** doordat de waterlaag van deze natte teelt de CO<sub>2</sub> in de ondergrond vasthoudt en dus uitstoot voorkomt.

Bovendien wordt ook het oppervlaktewater gezuiverd doordat lisdodde actief stikstof en fosfor opnemen.



Afbeelding 23: Inplanten van lisdodde (New Scientist, z.d.)

De lisdodde **groeit** snel en heeft een hoge **opbrengst** droge stof per hectare per jaar.

- Bij aanplant: 1 a 2 planten/m<sup>2</sup>
- Na 2 jaar: 37 planten/m<sup>2</sup>
- 15 tot 20 ton droge stof per hectare vanaf 2 jaar na aanplant
- Mogelijkheid tot halfjaarlijkse oogst afhankelijk van doeleinde: biomassa, bouw materiaal



Afb. 135 Lisdodde-isolatiepaneel (Typhaboard, z.d.)

Het **isolatie- en draagvermogen** van lisdodde-panelen is gelijkaardig aan traditionele materialen, maar heeft geen negatieve impact op het klimaat.

- $\lambda = 0,053 \text{ W/mK}$
- $R = 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$  bij 10 cm
- U-waarde van  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  (EPB-eis) bij dikte van 22,1 cm
- Draagvermogen is conform aan OSB type 3



Afbeelding 54: Mal voor boogvorm (Maarsen, z.d.)

De lisdodde-elementen kunnen op verschillende manier **geproduceerd** worden.

- Gebonden door een heetpersproces of met een magnesiaat-bindmiddel
- Nabehandeld met wax of kalkpleister
- Geperst tot plaat of tot alternatief materiaal in een mal
- Gekleurd met houtskool

## 4.2.2 Traditionele oogsttechniek als aanvulling op Bokrijk



Afb. 149: Luchtfoto openluchtmuseum Bokrijk (Bokrijk, z.d.)

Het openluchtmuseum van Bokrijk vormt een gebied waarin je teruggaat naar het leven van de 17de eeuw. Naast een rijke verzameling aan historische gebouwen en voorwerpen, geeft het museum ook immaterieel cultureel erfgoed, rituelen, verhalen en technieken weer. Ook groen erfgoed zoals

moestuinen, vergeten groenten, hopvelden en kruidentuinen komen aan bod. In het museum worden verschillende authentieke vakmanschappen gedemonstreerd zoals de ambachten van de broodbakker, pottenbakker, smid, mandenvlechter, imker, herder, hout- en lederbewerker.

Afb. 150 - 158: Vakmanschap Bokrijk (Bokrijk, z.d.)



Bakker



Hout bewerker



Herborist



Herder



Imker



Leder bewerker



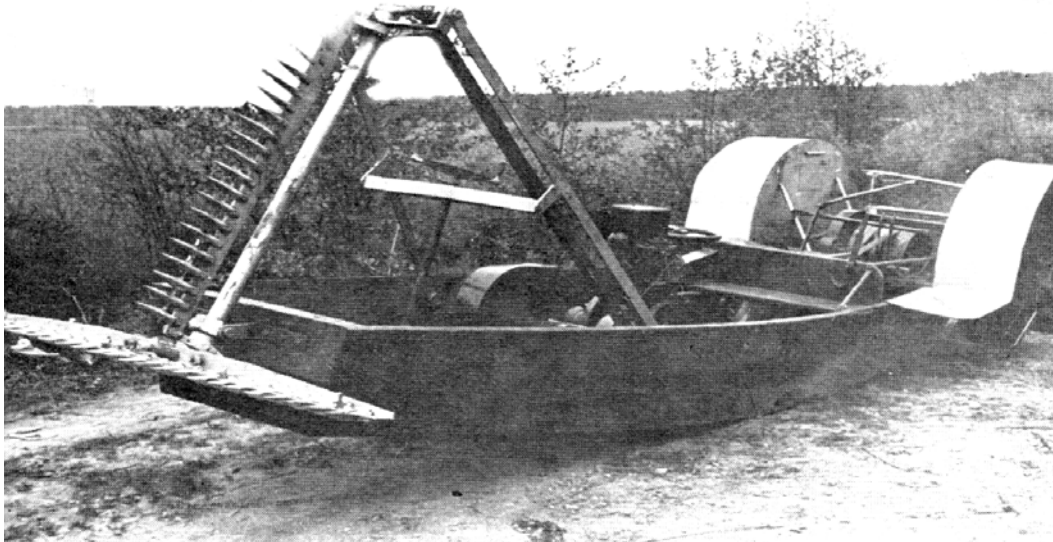
Manden vlechter



Pottenbakker



Smid



Afb. 159: Maaiboot (Regionaal Landschap Lage Kempen, 2014)

In juni 2021 deed vereniging Erfgoed Voorkempen een oproep om agrarisch erfgoed te inventariseren om zo het verleden te kunnen reconstrueren. Ze zoeken naar historische objecten, oude foto's of landbouwwerktuigen (Brandt, 2021). Dit laatste is hetgeen dat interessant is voor mijn project. Zo is het dat de lisdodde-oogst onderdeel was van de geschiedenis van de Wijers. De oogst werd gedaan met een maai-

boot, een historisch landbouwwerktuig dat zich voortbeweegt op de vijvers en zo de lisdodde tijdens het oogstseizoen maait. Het is de bedoeling met mijn project om dit landbouwwerktuig te reconstrueren en toe te voegen aan het huidige programma van Bokrijk zodat bezoekers van het openluchtmuseum ook dit onderdeel van de geschiedenis van de Wijers kunnen ontdekken.



Afb. 160: Schema van de verschillende verbanden die in het project voorkomen (Eigen tekening, 2022)

---

### 4.2.3 Nieuwe typologie = station + productie

Mijn project bevat een gebouw dat zowel stations- als productiefuncties bevat. Het legt als het ware het treinstation en de fabriek samen. In dit onderdeel wordt beschreven vanwaar dit voorstel komt.

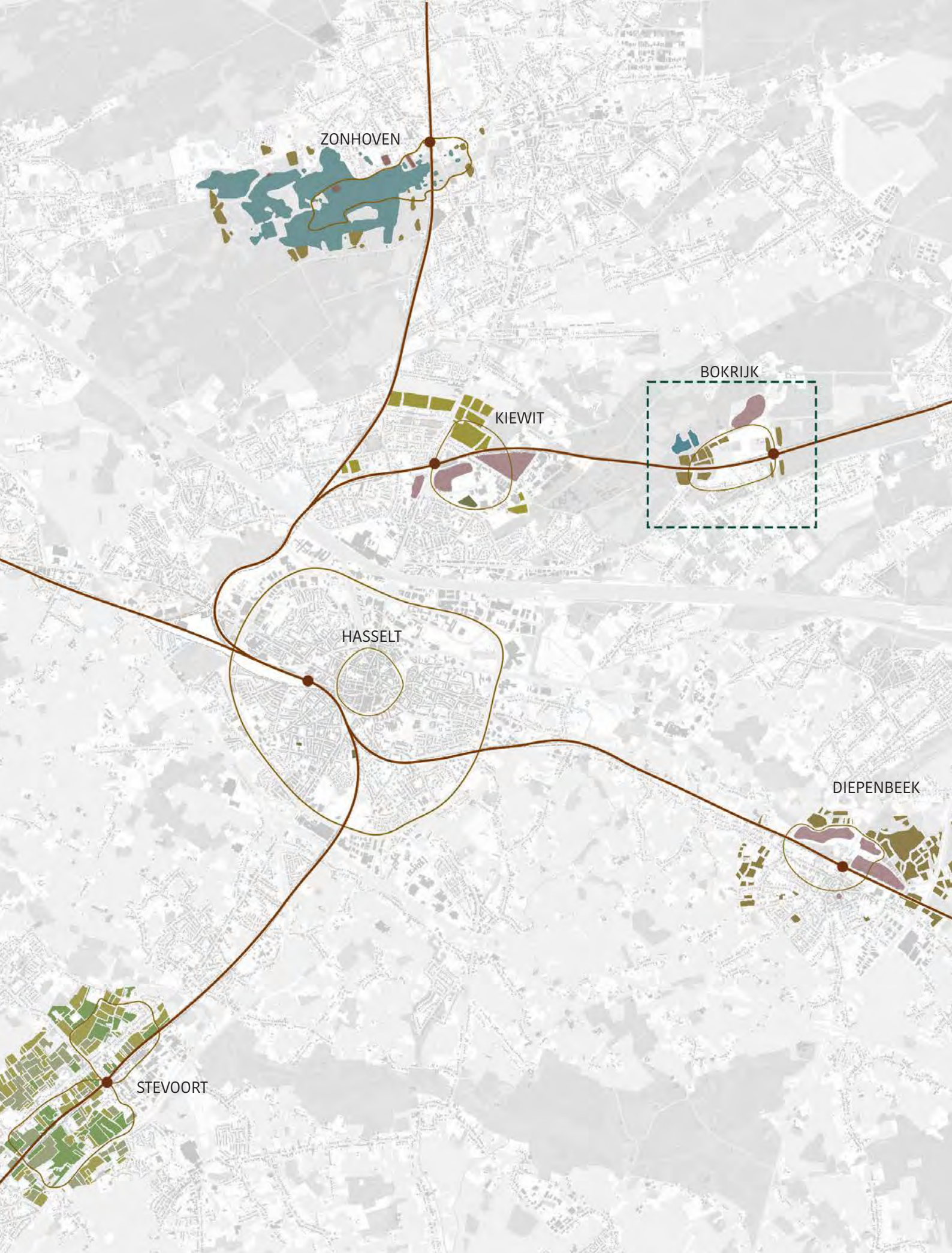
Het idee van de boeren- of fruittram was de aanleiding om het station samen te leggen met het productieproces. De boerentram was namelijk een concept uit de jaren 80 waarbij groenten en fruit meteen van de velden van de boer op de tram werden gezet en zo verder werd verdeeld naar de bewoners. Dit concept is verloren gegaan. Nochtans kan het veel voordelen met zich mee zou brengen, zoals het elimineren van de last mile. De laatste kilometers die het transport van goederen moet afleggen zijn vaak de meest vervuilende. Dit zou dus een groot verschil kunnen maken in het streven naar een meer milieu- en klimaatvriendelijkere omgeving. De groenten en het fruit kunnen rechtstreeks aan het dichtstbijzijnde station geleverd worden om dan opgehaald te worden door de bewoners.

Waar vroeger de groenten en het fruit rechtstreeks op de trein gezet werden, wordt dit idee doorgetrokken voor meerdere sectoren in bijvoorbeeld de productie van melk, confituur of, in mijn geval, bouwmaterialen. In plaats van de

landbouwwelden dichtbij de sporen te leggen, zal nu het productieproces, de fabriek, bij de sporen gesitueerd zijn waardoor goederen hier meteen getransporteerd kunnen worden.

Aangezien het treinstation zich hoe dank ook aan de sporen situeert, en in voorgaande redenering eveneens de fabriek, ontstaat het idee om beide programma's samen te leggen. Hierdoor ontstaat de nieuwe typologie waarbij het 'productief station' (station + fabriek) telkens een verschillend productieproces kan bezitten, voornamelijk verbonden aan lokaal aanwezige elementen of producten.

In theorie zou er in de fruitstreek van Stevoort een productief station ontworpen kunnen worden waarin zich de productie van confituur bevindt. In het kader van mijn onderzoek en de locatie waarin het project zich afspeelt, nl. de waterrijke gebieden van de Wijers, zal de verwerking van de lisdodde-plant hier plaatsvinden. Elk productief station, met zijn eigen verwerkingsproces, maakt deel uit van een netwerk van alle stations samen, waarbij de eindproducten op een klimaatvriendelijke manier naar de gewenste locatie getransporteerd kan worden. Rechts ziet u een schematische weergave van zo een netwerk van productieve stations.



Afb. 161: Hypothetisch netwerk van productieve stations rondom Hasselt, met in het kader het station van Bokrijk (Eigen tekening, 2022)

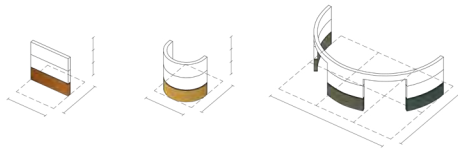
#### 4.2.4 Architectuurproject uit lisdodde-materiaal

De eerste stappen van het ontwerpproces waren het gevolg van de analyse van zijn materiaaleigenschappen. Lisdodde is een nieuw en uniek materiaal waardoor het cruciaal is om het gebruik ervan goed te doorgronden. Aangezien ik ernaar streefde om het gebouw voornamelijk uit dit materiaal te construeren, was het onvermijdelijk om uit te zoeken op welke manier er draagkrachtige, constructieve muren en daken worden opgebouwd. De muren vormden geen struikelblok. Zolang deze dik genoeg zijn, kunnen deze ingezet worden als draagmuur. In horizontale richting is het plaatmateriaal minder draagkrachtig en riskeert het doorbuiging met afbrokkeling tot gevolg.

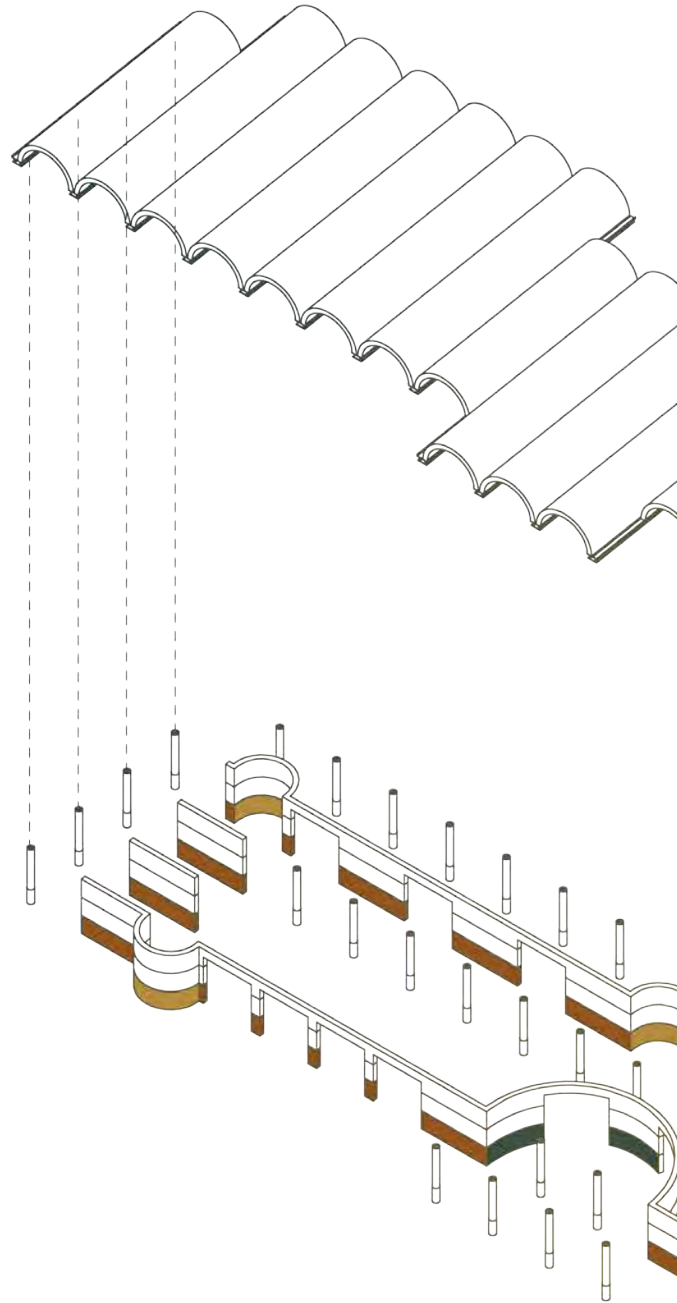
Het eerder getoonde referentieproject, het Typhaboard House van Bruno Franchi, loste dit probleem op door de horizontale plaatmaterialen te vervangen door tonggewelven.

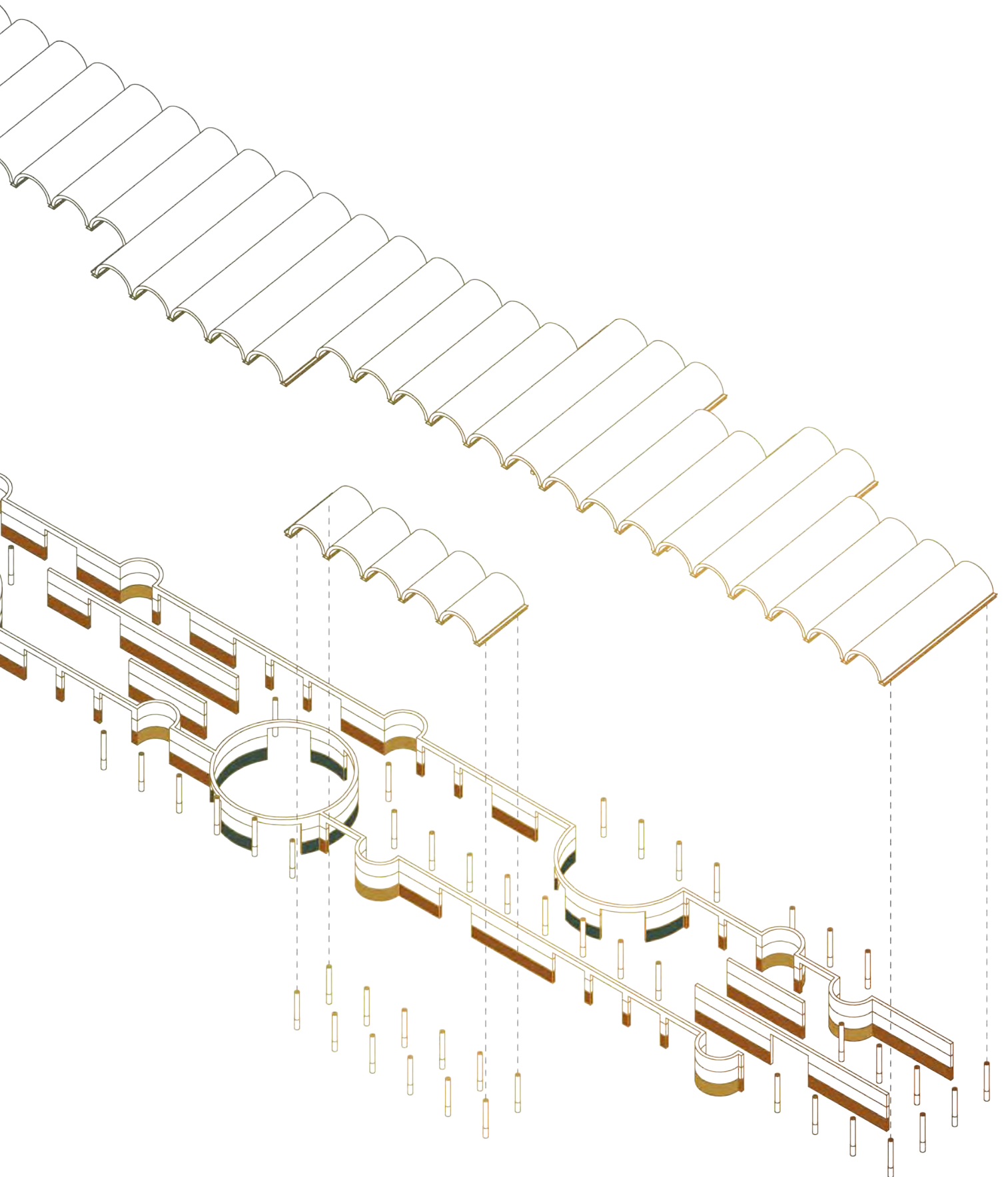
Vanuit het tongewelf-element zijn de volgende stappen in het ontwerpproces gezet om te komen tot het finaal ontwerp waarin een combinatie van 3 elementen toegepast wordt.

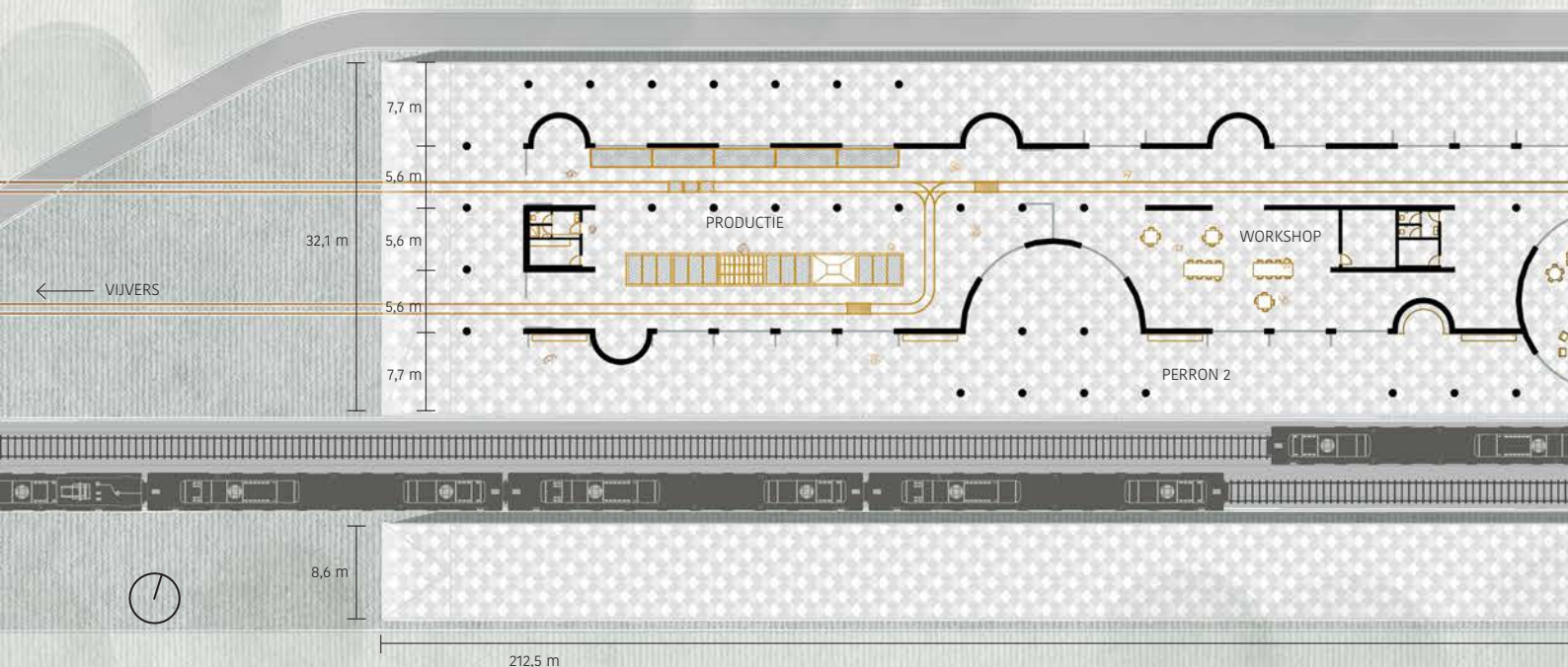
#### Toolbox



Voor horizontale elementen, zoals het dak, werd geopteerd voor tonggewelven. Voor de verticale elementen wordt een afwisseling gemaakt tussen zowel halfronde elementen als plaatmaterialen. In volgende afbeelding wordt de toolbox met alle elementen getoond die toegepast werden in het project.





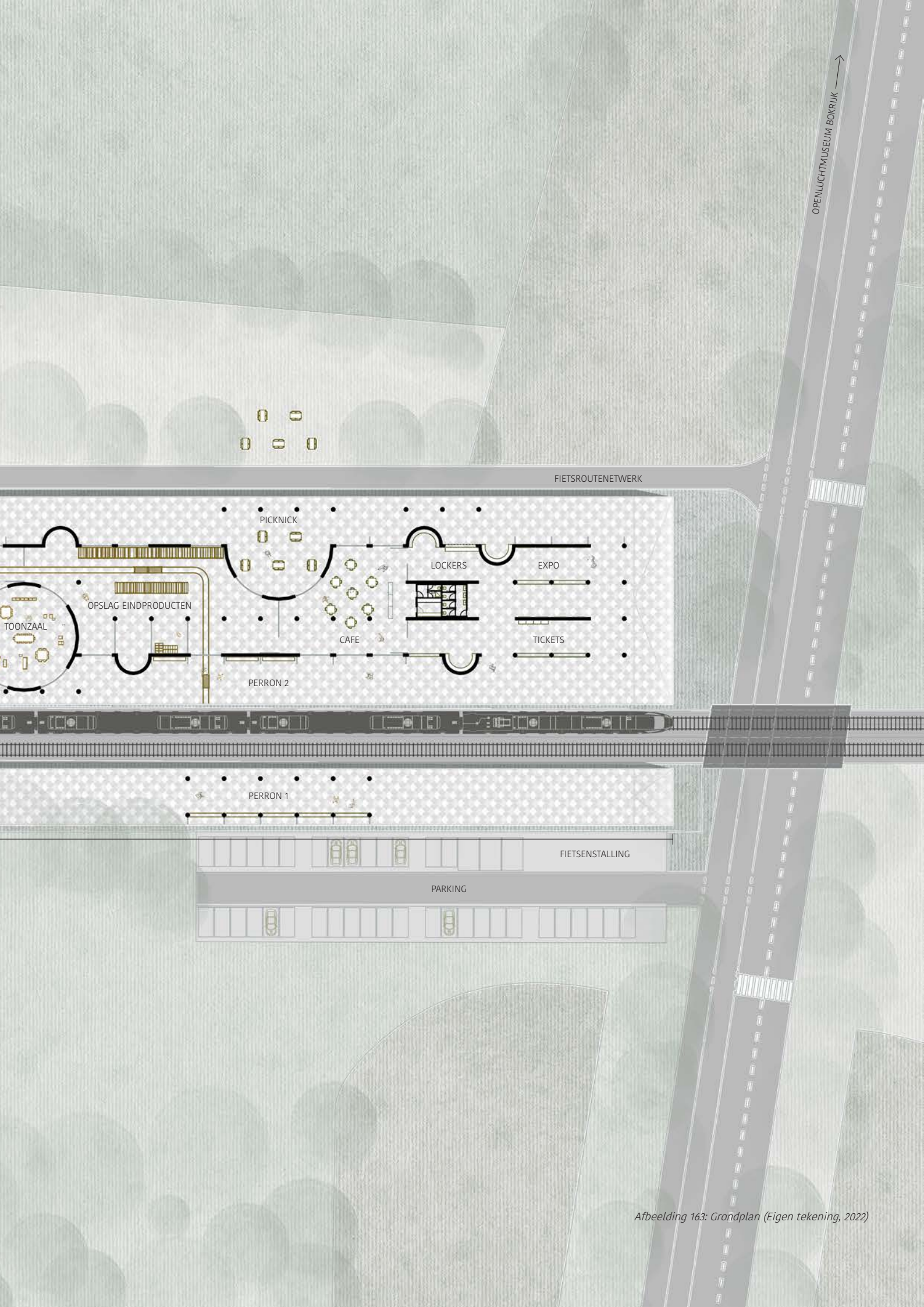


## Programma

Het programma bevat zowel de functies van het station als functies van de productie van de lisdodde-bouwmaterialen. De stationsfuncties omvatten; ticketverkoop, lockers, openbare toiletten, wachtruimte, cafetaria en als laatst een expositieruimte waarin de basisprincipes van het project worden meegegeven.

De functies van de productie komen voort uit de studie van het productieproces. Deze bevatten; rekken om de lisdodde te drogen, machinekamer voor het verwerkingsproces, opslagruimte voor de eindproducten van lisdodde-plaatmaterialen, een workshopruimte voor de Bokrijk-bezoeker en een toonzaal om de mogelijkheden van lisdodde binnen interieur-elementen te tonen.





OPENLICHTMUSEUM BOKRIJK →

FIETSROUTENETWERK

PICKNICK

LOCKERS

EXPO

OPSLAG EINDPRODUCTEN

CAFE

TICKETS

PERRON 2

PERRON 1

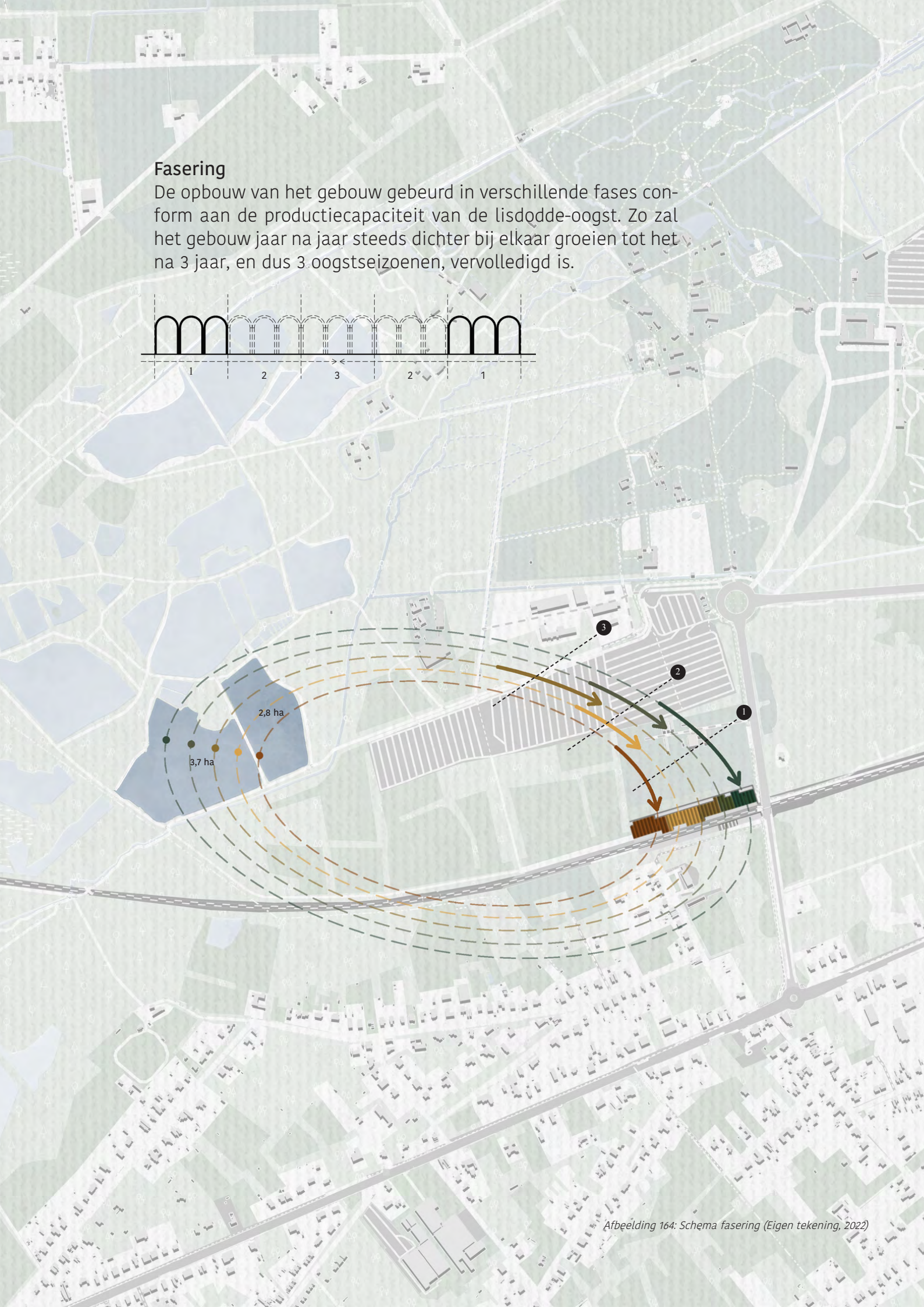
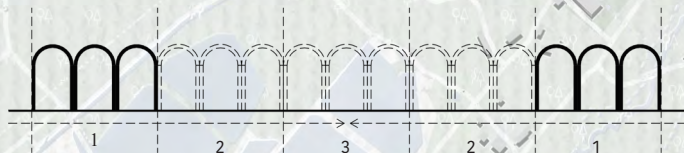
FIETSENSTALLING

PARKING

Afbeelding 163: Grondplan (Eigen tekening, 2022)

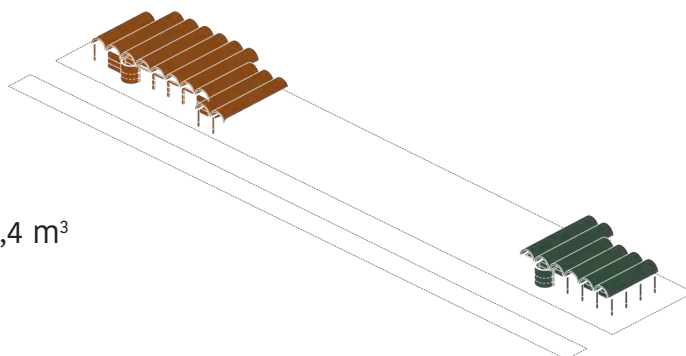
## Fasering

De opbouw van het gebouw gebeurt in verschillende fases conform aan de productiecapaciteit van de lisdodde-oogst. Zo zal het gebouw jaar na jaar steeds dichtter bij elkaar groeien tot het na 3 jaar, en dus 3 oogstseizoenen, vervolledigd is.



### 1<sup>e</sup> FASE - 2025

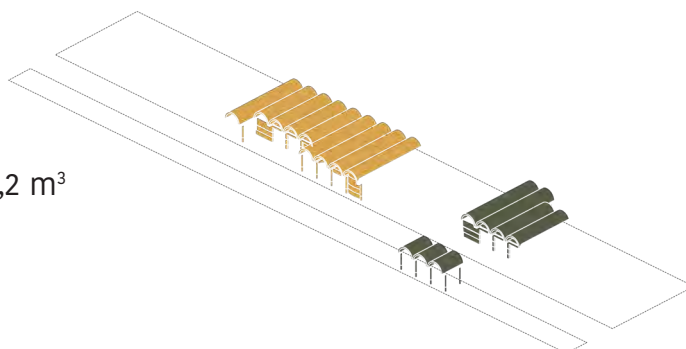
bouwmateriaal: 1034,4 m<sup>3</sup>



### 2<sup>e</sup> FASE - 2026

bouwmateriaal: 840,2 m<sup>3</sup>

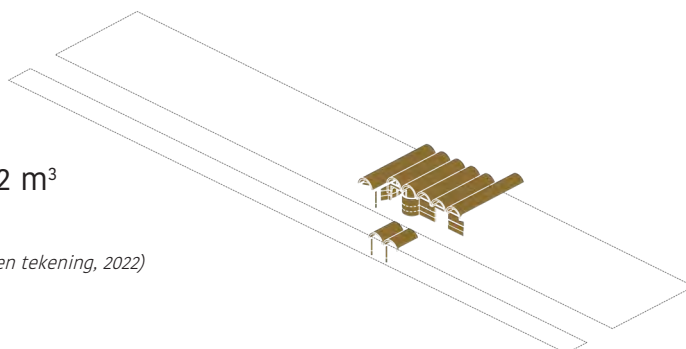
biomassa: 459,8 m<sup>3</sup>



### 3<sup>e</sup> FASE - 2027

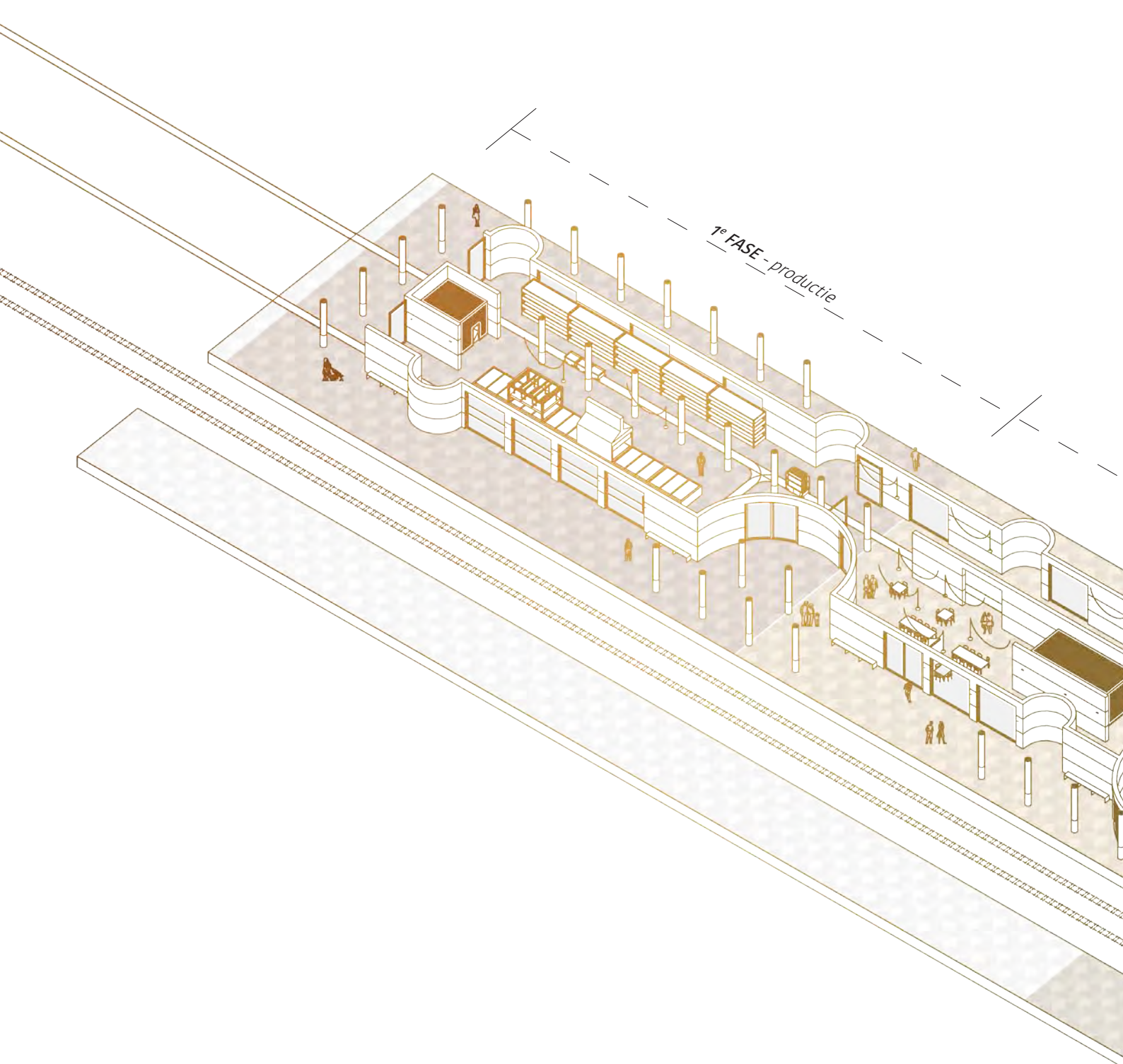
bouwmateriaal: 517,2 m<sup>3</sup>

biomassa: 782,8 m<sup>3</sup>



*Afbeelding 165: Axo's fasering (Eigen tekening, 2022)*

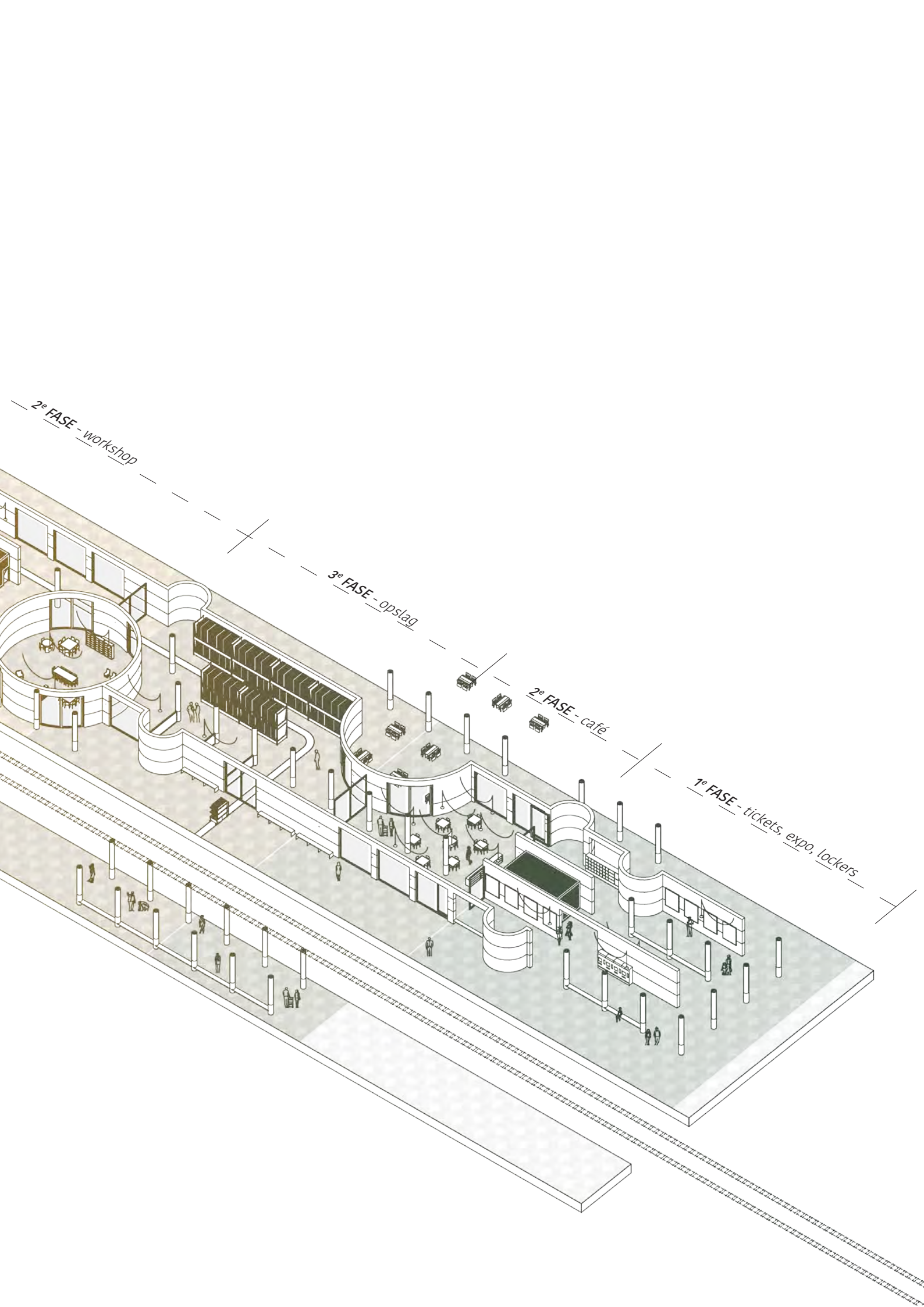
De lisdodde-oogst behoort tot het traditionele vakmanschap van de Wijers. Om deze zo authentiek mogelijk te houden, is er gekozen om een bescheiden aantal vijvers te cultiveren zodat het arbeidsintensieve werk toch mogelijk maakt. Twee vijvers worden aangesteld en vormen samen 6,5 ha dat wordt ingezet voor de oogst. Uit onderzoek, eerder vermeld in het document, is er een gemiddelde opbrengst van 20 ton droge stof per hectare per jaar bevonden die 200 m<sup>3</sup> aan bouwmateriaal kunnen leveren. Dit wil zeggen dat de 2 vijvers samen voor een opbrengst van 130 ton droge stof per jaar kan zorgen en 1300 m<sup>3</sup> aan bouwmateriaal. Met deze cijfers kunnen we aan de slag. Een volledige rekensom van het aantal kubieke meter in lisdodde-materiaal nodig voor de constructie van het gebouw werd berekend waarna de fases bepaald werden. In de tweede fases wordt een deel van de lisdodde-oogst ingezet als biomassa dat het gebouw aan elektriciteit en warmte voorziet. Als laatste is het belangrijk om te herinneren dat de lisdodde-oogst pas twee jaar na het inplanten zijn gebruikelijke opbrengst, nl. de 20 ton droge stof, levert. Hypothetisch begint de start van het bouwen dus ook pas na 2 jaar.



## Indeling

Aangezien het gebouw in 3 fases wordt opgebouwd, zorgt dit er ook voor dat de functies en de indeling hiervan afhankelijk zijn. Welke functies moeten er vanaf het begin aanwezig zijn? Wat gebeurt er in de tweede en derde fase. In bovenstaand schema vindt u de verschillende fases met de overeenkomstige indelingen van ruimtes. Vervolgens een aantal beelden die helpen om de ruimtelijkheid te vatten.

*Afbeelding 166: Axonometrie indeling (Eigen tekening, 2022)*



2º FASE - *workshop*

3º FASE - *opslag*

2º FASE - *café*

1º FASE - *tickets, expo, lockers*

---

## Perron

Terwijl men op het perron op de trein wacht, kan men tegelijkertijd de materialiteit van het gebouw ervaren.



Afbeelding 167: Beeld perron (Eigen beeld, 2022)

## Expo

De bezoeker krijgt info te zien over enerzijds het gebouw zelf en anderzijds de capaciteiten van het lisdodde materiaal.



Afbeelding 168: Beeld expo (Eigen beeld, 2022)

## Café

Hier kan de treinreiziger of Bokrijk-bezoekers vertoeven tijdens het wachten op de trein of als uitstap.



Afbeelding 169: Beeld café (Eigen beeld, 2022)

## Opslag

De opslag bevat vooral plaatmaterialen omdat deze het meest toegepast worden. Links de boxen voor alternatieve materialen.



Afbeelding 170: Beeld opslag (Eigen beeld, 2022)



Afbeelding 171: Maquette (Eigen foto, 2022)



Afbeelding 172: Maquette interieurbeeld (Eigen foto, 2022)



---

### 4.3 Persoonlijke reflectie

Mijn scriptie *Bouwen met water* is nauw verbonden met mijn gelijknamig afstudeerproject. Ik merkte dat dit in beide gevallen een meerwaarde opleverde. Zo was het project een concrete uitwerking van de resultaten die ik uit mijn scriptie verkreeg.

Het was gemakkelijker om de bevindingen van mijn scriptie te vatten aangezien er telkens een concreet voorbeeld, het masterproject zelf, aan gekoppeld werd. Omgekeerd werd het ook duidelijk, wanneer ik vastliep binnen het project, welke onderdelen ik in de scriptie nog miste om verder te kunnen in het ontwerpproces. Een expliciet voorbeeld hiervan was de waterbestendigheid van het materiaal. Aangezien ik in mijn project werk met een gebouw in een buitenklimaat, moest ik hier extra aandacht aan besteden en heb hiervoor heel wat opzoekwerk voor verricht. Zo wist ik dat ik dit verder moest onderzoeken. Mijn mening is daarom dat ik zowel het project als de scriptie completer heb kunnen afwerken.

Doordat het project tot stand kwam binnen de studio Degrowth werd ook dit aspect meegenomen in het ontwerpproces. Nochtans dat “degrowth” staat voor “ontgroei”, bouw ik een aanzienlijk groot gebouw van ongeveer 6800 m<sup>2</sup>. Dit valt te rechtvaardigen wanneer we de materialisatie ervan van nabij bekijken. Het is namelijk opgebouwd uit een regeneratief- of composteerbaar materiaal. Bovendien bestaat de draagstructuur uit stalen, circulaire elementen en wordt de afwerking voorzien in natuurlijke materialen. De fundering bestaat uit schroefpalen waardoor de impact op de directe omgeving zo laag mogelijk gehouden wordt. Daarenboven zorgt de teelt van de grondstof voor het bouw materiaal voor een positieve impact op het klimaat.

Dit leerde me om de vraag kritisch te bekijken om zo een gepast antwoord op de opdracht uit te kunnen werken. Op deze manier beperkte ik de opdracht binnen Degrowth niet als “ontgroei”, maar zocht ik naar een geschikte oplossing voor mijn specifieke site en programma dat nog steeds binnen het principe paste.

Uit het proces van de scriptie, het project en de studio leerde ik omgaan met de voordelen en gebreken van materialisatie en hiervan een ontwerp te starten. Nog belangrijker is dat wij als architect ons steentje moeten bijdragen om de klimaatimpact van onze maatschappij naar beneden te halen. Een onderzoek zoals dit heeft mij hier bewuster van gemaakt.

- Afbeelding 1: Teelt op natte bodem, paludicultuur (Bestman, 2019)
- Tekening 2: Veenoxidatie (Eigen tekening obv Fritz et al., (2014), 2021)
- Afbeelding 3: Lisdodde-teelt op natte bodem (Lisdodde veld, 2017)
- Afbeelding 4: Lisdodde (Michael, 2007)
- Afbeelding 5: Riet (Darkone, 2004)
- Afbeelding 6: Wilg (Demeester, 2001)
- Afbeelding 7: Veenmos (Fischer, 2006)
- Afbeelding 8: Kroosvaren (Stüber, 2004)
- Afbeelding 9: Cranberreis (Weller, 2005)
- Afbeelding 10: Wilde rijst (Lavin, 2015)
- Afbeelding 11: Pijlkruid (Fischer, 2008)
- Afbeelding 12: Eendenkroos (Fischer, 2010)
- Afbeelding 13: Blauwe bes (Rasbak, 2004)
- Afbeelding 14 Wolfspoot (Peeters, 2005)
- Afbeelding 15: Zonnedauw (Wieneke, 2006)
- Afbeelding 16: Watermunt (Peters, 2006)
- Afbeelding 17: Waterdrieblad (Rønning, 2011)
- Afbeelding 18: Kalmoes (Autoreille, 2004)
- Afbeelding 19: Grote lisdodde (Grote lisdodde, z.d.)
- Tekening 20: Grote lisdodde (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 21: Kleine lisdodde (Cattail, z.d.)
- Tekening 22: Kleine lisdodde (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 23: Inplanten van lisdodde (New Scientist, z.d.)
- Afbeelding 24: Scheuten (Moons, 2018)
- Afbeelding 25: Winteroogst (Versluijs, 2021)
- Afbeelding 26: Luchtholtes in lisdodde-stengel (Moons, 2018)
- Afbeelding. 27: Lisdodde-panelen als isolatie ((Van Duursen en Nieuwenhuijs, 2016)
- Tabel 28: Eigenschappen OSB type 3 (SterlingOSB, 2014)
- Afbeelding 29: Weefproces (Hýsková et al., 2020)
- Afbeelding 30: Opgerolde tapijten (Hýsková et al., 2020)

---

Afbeelding 31: Schikking rietstengels (Hýsková et al., 2020)

Afbeelding 32: Hutten op de Uros-eilanden (Hýsková et al., 2020)

Afbeelding 33: Houtsnippers (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 34: Mengproces (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 35: Mat van houtsnippers (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 36: Oriënteren snippers (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afb. 37: Pers, ontspannen toestand (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afb. 38: Pers, gespannen toestand (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 39: Resultaat na pers (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 40: Plaat voor bijnijden (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 41: Bijnijden platen (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 42: Resultaat bijnijden (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 43: Randen bijwerken (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 44: Eindresultaat (Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products], 2014)

Afbeelding 45: Lisdodde-stengels (Hýsková et al., 2020)

Afbeelding 46: Lisdodde-stengels (Hýsková et al., 2020)

Afbeelding 47: Lisdodde-snippen (Hýsková et al., 2020)

Afbeelding 48: Lisdodde-vezels (Hýsková et al., 2020)

Afbeelding 49: Lisdodde-vezels in mal (Hýsková et al., 2020)

Afbeelding 50: Resultaat na mal (Hýsková et al., 2020)

Afbeelding 51: in hete pers met temperaturen van 180 - 200°C (Hýsková et al., 2020)

---

Afbeelding 52: Resultaat na pers (Hýsková et al., 2020)  
Afbeelding 53: Eindproduct (Hýsková et al., 2020)  
Afbeelding 54: Mal voor boogvorm (Maarsen, z.d.)  
Afbeelding 55: Boogvorm (Maarsen, z.d.)  
Afbeelding 56: Stoel uit lisdodde (Maarsen, z.d.)  
Afbeelding 57: Drijvende eiland uit totora (Watson, 2019)  
Afbeelding 58: Totora (Clark, 2006)  
Afbeelding 59: Drijvende eilanden aan de oevers van het Titicacameer (Apple kaarten, 2022)  
Schema 60: Drijfvermogen van baksteenmodule ondersteund door organische processen (Watson, 2019)  
Schema 61: Constructie drijvend eiland (Watson, 2019)  
Afbeelding 62: Uros-beschaving (Higuita, 2019)  
Afbeelding 31: Schikking rietstengels (Hýsková et al., 2020)  
Afbeelding 63: Daklaag (Hýsková et al., 2020)  
Afbeelding 64: Uros' hutten (Hýsková et al., 2020)  
Afbeelding 65: Lokale ambacht (Franco, 2010)  
Afbeelding 66: Lokale ambacht (Franco, 2010)  
Afbeelding. 67: Weeftechniek (Franco, 2010)  
Afbeelding 68: Weeftechniek (Franco, 2010)  
Afbeelding 69: Totora-kubussen in landschap (Franco, 2010)  
Afbeelding 70: Opbouw paviljoen (Franchi, 2015)  
Afbeelding 71: Interieur paviljoen (Franchi, 2015)  
Afbeelding 72: Lisdodde-wand (Franchi, 2015)  
Afbeelding 73: Wand-vloer detail (Franchi, 2015)  
Afbeelding 74: Typhaboard House (Franchi, 2015)  
Afbeelding 75: Rietvelden aan oever (Hendriks, 2014)  
Afbeelding 76: Eénassige rietmaaier (Brouwer, 2016)  
Afbeelding 77: Handmatig riet snijden (Afanja, 2021)  
Afbeelding 78: Droge stof van riet-oogst (Lemmers, 2019)  
Afbeelding 79: Rieten isolatiematten (Bestman, 2019)

---

Afbeelding 80: Opbouwen rieten dak (Stevens Master Thatcher, z.d.)  
Afbeelding 81: Opbouwen rieten dak (Oude Wesselink Rietdekkers, z.d.)  
Afbeelding 82: Doorsnede spaanplaat, houtspaanders (Kabel, 2004)  
Afbeelding 83: Spaanplaat (D-Kuru, 2009)  
Afbeelding 84: Qasab-riet (Starr, 2009)  
Afbeelding 85: Drijvende eilanden geconstrueerd uit Qasab-riet (Watson, 2019)  
Schema 86: Modder- en rietlagen (Watson, 2019)  
Schema 87: Een bestaande groep riet wordt omsloten door een rieten schutting (Watson, 2019)  
Schema 88: Extra lagen toegevoegd om een tijdelijk eiland, genaamd Kibasha, te maken (Watson, 2019)  
Schema 89: Laatste lagen toegevoegd om een permanent eiland, of dibin, te maken (Watson, 2019)  
Schema 90: Dorpshuis, of mudhif, gebouwd op het nederzettingseiland, of al-tahla (Watson, 2019)  
Afbeelding 90: Vlechten van riet tot pilaren (Watson, 2019)  
Schema 91: Schematische weergave vlechttechniek (Hýsková et al., 2020)  
Afbeelding 92: Constructie van bundels tot structuur (Watson, 2019)  
Afbeelding 93: Vastbinden van kolommen tot gewelven (Hýsková et al., 2020)  
Afbeelding 94: Eindresultaat structuur (Watson, 2019)  
Afbeelding 95: Natuurbehoudcentrum, terrein met drie gebouwen uit riet geconstrueerd (Lowenstein, 2013)  
Afbeelding 96: Rieten dak doorlopend in gevel (Lowenstein, 2013)  
Afbeelding 97: Detail riet (Lowenstein, 2013)  
Afbeelding 98: Rieten afdak (Aguilar, 2021)  
Afbeelding 99: Vormvrijheid (Luco, 2022b)  
Afbeelding 100: Rieten gevelpanelen (Ross, 2020)  
Afbeelding 101: Drijvende eiland uit totora (Detail green, 2016)  
Afbeelding 102: Rieten dak (Luco, 2022a)  
Afbeelding 103: Rieten dak (Sandellsandberg, 2019)

---

Afbeelding 104: Rieten dak doorlopend in gevel (Sánchez, 2021)

Afbeelding 105: Rieten dak doorlopend in gevel (Detail, 2017)

Afbeelding 106: Aanplanten van geknotte takken of poten (De Vlechterij, z.d.)

Afbeelding 107: Oogsten van wilgentenen (Beijer, 2013)

Afbeelding 108: Geknotte wilg na oogst (De Boomdokter, 2021)

Afbeelding 107: Aanplanten van geknotte takken of poten (De Vlechterij, z.d.)

Afbeelding 108: Patroon weeftechniek (Eigen tekening, 2022)

Afbeelding 109: Weven van wilgentenen tot schutting (Stoel, 2020)

Afbeelding 110: Houtvezels (Soprema, z.d.)

Afbeelding 111: Houtvezelisolatie (Gutex, z.d.)

Afbeelding 112: Fineerlagen van boomstronk geschraapt (English, 2021)

Afbeelding 113: Triplex (Centrum Hout, 2011)

Schilderij 114: Vlechtwerk van schutting en stal (Limbourg brothers, 1412-1416)

Afbeelding 115: Schutting uit geweven wilgentenen (De Vlechterij, z.d.)

Afbeelding 116: Schutting uit geweven wilgentenen rond bomen (De Vlechterij, z.d.)

Afbeelding 117: Woning met rechts de muur uit gevlochten wilg met mengsel van leem (De Groot, 2019)

Afbeelding 118: Muur uit gevlochten wilg met mengsel van leem (De Groot, 2019)

Afbeelding 119: Muur uit gevlochten wilg met mengsel van leem (De Groot, 2019)

Afbeelding 120: Poort (Wilgen, z.d.)

Afbeelding 121: Vormvrijheid (Wilgen, z.d.)

Afbeelding 122: Afdak (Wilgen, z.d.)

Afbeelding 123: Afdak (Wilgen, z.d.)

Afbeelding 124: Kunstobject (De Vlechterij, z.d.)

Afbeelding 125: Kunstobject (De Vlechterij, z.d.)

Afbeelding 126: Panelen uit geweven wilg (Miralles Tagliabue EMBT, 2009)

---

Afbeelding 127: Stalen draagstructuur (Miralles Tagliabue EMBT, 2009)

Afb. 128: Detail (Miralles Tagliabue EMBT, 2009)

Afbeelding 129: Spaans paviljoen voor de Shanghai World Expo 2010 (Miralles Tagliabue EMBT, 2009)

Afbeelding 130: Gevelfragment (Detail, 2007)

Afbeelding 131: Interieur (Detail, 2007)

Afbeelding 132: Detail (Detail, 2007)

Afbeelding 133: School in Schulzenhof door Zanderroth Architekten (Detail, 2007)

Tabel 134: Vergelijking isolatievermogen biobased isolatiematerialen met traditionele isolatie of andere wandopbouw (Eigen tabel obv de bronnen vermeld onder 2.3.1.2, 2.3.2.2, 2.3.3.2, 2022)

Afbeelding 135 Lisdodde-isolatiepaneel (Typhaboard, z.d.)

Afbeelding 136 Riet-isolatiepaneel (Hiss Reet, z.d.)

Tabel 137: Dikte van biobased isolatiemateriaal zodat EPB-eis wordt bekomen (Eigen tabel, 2022)

Tabel 138: Samenvattende tabel (Eigen tabel obv de bronnen vermeld onder 2.3.1.1, 2.3.1.2, 2.3.2.1, 2.3.2.2, 2.3.3.1, 2.3.3.2, 2022)

Afbeelding 139: Kaart Hasselt en omstreken met fragmenten uit de drie sites (Eigen tekening, 2022)

Afbeelding 140: Luchtfoto waterlandschap de Wijers (De Wijers vanuit de lucht, 2020)

Afbeelding 141: Kaart De Wijers met projectgebied aangeduid (Eigen tekening, 2022)

Afbeelding 142: Inplantingsplan project (Eigen tekening, 2022)

Afbeelding 143: Omgeving station Bokrijk (Eigen foto, 2022)

Afbeelding 144: Omgeving station Bokrijk (Eigen foto, 2022)

Afbeelding 145: Omgeving station Bokrijk (Eigen foto, 2022)

Afbeelding 146: Omgeving vijvers nabij Bokrijk (Eigen foto, 2022)

Afbeelding 147: Omgeving vijvers nabij Bokrijk (Eigen foto, 2022)

Afbeelding 148: Samenvattend beeld basisprincipes (Eigen tekening, 2022)

Afbeelding 149: Luchtfoto openluchtmuseum Bokrijk (Bokrijk, z.d.)

Afb. 150 - 158: Vakmanschap Bokrijk (Bokrijk, z.d.)

- 
- Afbeelding 159: Maaiboot (Regionaal Landschap Lage Kempen, 2014)
- Afbeelding 160: Schema van de verschillende verbanden die in het project voorkomen (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 161: Hypothetisch netwerk van productieve stations rondom Hasselt, met in het kader het station van Bokrijk (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 162: Structuur-concept (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 163: Grondplan (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 164: Schema fasering (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 165: Axo's fasering (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 166: Axonometrie indeling (Eigen tekening, 2022)
- Afbeelding 167: Beeld perron (Eigen beeld, 2022)
- Afbeelding 168: Beeld expo (Eigen beeld, 2022)
- Afbeelding 169: Beeld café (Eigen beeld, 2022)
- Afbeelding 170: Beeld opslag (Eigen beeld, 2022)
- Afbeelding 171: Maquette (Eigen foto, 2022)
- Afbeelding 172: Maquette interieurbeeld (Eigen foto, 2022)



- Accoya. (2021, 21 april). *Onder druk behandeld hout vs. gemodificeerd hout*. Geraadpleegd op 11 april 2022, van <https://www.accoya.com/nl/onder-druk-behandeld-hout-vs-gemodificeerd-hout/>
- Afanja. (2021, 2 april). *De rietsnijders aan het werk*. Geraadpleegd op 17 april 2022, van <https://afanja.com/2021/04/02/de-rietsnijders-aan-het-werk/>
- Aguilar, C. (2021, 6 oktober). *The Panda House / DA-LAB Arquitectos*. ArchDaily. Geraadpleegd op 17 april 2022, van <https://www.archdaily.com/643340/the-panda-house-da-lab-arquitectos>
- Autoreille, J. F. G. (2004, mei). *Acorus calamus* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Acorus\\_calamus1.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Acorus_calamus1.jpg)
- Beijer, A. (2013, 28 januari). *Wilgen worden geknot in de Rhoonse Grienden*. [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0b/Wilgen worden geknot in de Rhoonse Grienden..JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0b/Wilgen_worden_geknot_in_de_Rhoonse_Grienden..JPG)
- Bestman, M., Geurts, J., Egas, Y., Van Houwelingen, K., Lenssinck, F., Koornneef, A., Pijlman, J., Vroom, R., & Van Eekeren, N. (2019). *Natte teelten voor het veenweidengebied*. Louis Bolk.
- Bokrijk. (z.d.). *Openluchtmuseum*. Geraadpleegd op 17 april 2022, van <https://bokrijk.be/nl/openluchtmuseum>
- Bom, J. (2009, 24 maart). *De Vlechterij: handgevlochten schutting van wilgentenen*. People Planet Profit. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.p-plus.nl/nl/nieuws/4077>
- Brandt, E. (2021, 7 juni). *"Agrarisch erfgoed" gezocht: historische foto's, landbouwwerktuigen en... Kempische koeien*. VRT NWS. Geraadpleegd op 13 maart 2022, van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/06/07/agrarisch-erfgoed-gezocht-historische-foto-s-landbouwwerktui/>
- Brouwer, P. (2016, 16 februari). *Riet maaien met de EBI* [Foto]. PBase. <https://pbase.com/glazemaker/image/162588482>
- Cardoen, S., Vanhelden, V., Willems, A., & Dumarey, A. (2021, 18 juli). *Ravage na ware zondvloed in ons land wordt duidelijk: overzicht van de meest getroffen provincies*. VRT NWS. Geraadpleegd op 6 april 2022, van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/07/15/overzicht-wateroverlast-belgie/#:%7E:text=is%20onnoemelijk%20groot,-Ravage%20na%20ware%20zondvloed%20in%20ons%20land%20wordt%20duidelijk%3A%20overzicht,dodencijfer%20s taat%20ondertussen%20op%2031.>
- Cattail (Typha spp.)*. (z.d.). [Foto]. Napa Watershed. <https://www.napawatersheds.org/img/managed/Image/6184/file.jpg>
- Centrum Hout. (2011, november). *Triplex*.
- Clark, C. (2006, 17 april). *Schoenoplectus californicus* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Scirpus californicus flowers\\_2005-03-24.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Scirpus_californicus_flowers_2005-03-24.jpg)
- Crevits, H., & Talpe, E. (2021, april). *Paludicultuur - Integratie in het Vlaamse landbouwbeleid*. Vlaams Parlement.

- 
- Darkone. (2004, december). *Phragmites australis* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Phragmites\\_australis\\_Schilfrohr.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Phragmites_australis_Schilfrohr.jpg)
- De Boomdokter. (2021, 8 oktober). *10 tips om je bomen correct te knotten*. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.deboomdokter.be/blog/bomen-en-boomgaard/10-tips-om-je-bomen-correct-te-knotten/>
- De Groot, R. (2019, 27 augustus). *Vitselstek in Best - BHIC*. Brabants Historisch Informatie Centrum. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.bhic.nl/ontdekken/verhalen/vitselstek-in-best>
- De Vlechterij. (z.d.). *De Vlechterij*. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.vlechterij.nl/homepage>
- Demeester. (2011, 20 december). *Knotted willow tree by woodpile at Bourgoyen natural reserve in Ghent, Belgium*. [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Bourgoyen\\_knotted\\_willow\\_and\\_woodpile.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Bourgoyen_knotted_willow_and_woodpile.jpg)
- Detail. (2007). *Renovation and Extension of a Modular School in Schulzendorf*. *Detail*, 11, 1301–1305.
- Detail. (2017). *Wadden Sea Centre in Ribe*. *Detail*, 12, 28–33.
- Detail green. (2016). *University building in Norwich*. *Detail green*, 1, 30–37.
- D-Kuru. (2009, 3 januari). *Ein kleines Stück einer Flachpressplatte* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/Particle\\_board\\_close\\_up-vertical-f22\\_PNr%C2%B00100.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/Particle_board_close_up-vertical-f22_PNr%C2%B00100.jpg)
- English, J. (2021, 26 augustus). *Three cheers for veneer*. Woodshop News. Geraadpleegd op 17 april 2022, van <https://www.woodshopnews.com/features/three-cheers-for-veneer>
- Erfgoedplus. (z.d.). *Met de boerentram . . .* Geraadpleegd op 17 april 2022, van <https://www.erfgoedplus.be/dossier/terug-in-de-mobilitijd/met-de-boerentram-%E2%80%A6>
- Fischer, C. (2006, 20 augustus). *Sphagnum fallax*. [Foto]. Wikipedia. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/SphagnumFallax.jpg>
- Fischer, C. (2008, 23 juli). *Inflorescence of the waterplant Sagittaria sagittifolia* [Foto]. Wikipedia. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/81/SagittariaSagittifoliaInflorescence2.jpg>
- Fischer, C. (2010, 24 juni). *The Lesser Duckweed (Lemna minor) on the surface of a pond* [Foto]. Wikipedia. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/LemnaMinor.jpg>
- Franchi, B. (2015). *Typhahouse-Pavillon*. Bruno Franchi Architect. Geraadpleegd op 16 april 2022, van <http://www.brunofranchi.net/>
- Franco, J. T. (2016, 28 december). *The Totoro Cube Investigates the Techniques of Incan-Era Craftsmanship*. ArchDaily. Geraadpleegd op 7 april 2022, van <https://www.archdaily.com/802481/the-totoro-cube-investigates-the-techniques-of-incan-era-craftsmanship>

- 
- Fritz, C., Lamers, L., Van Dijk, G., Smolders, F., & Joosten, H. (2014, maart). *Paludicultuur – kansen voor natuurontwikkeling en landschappelijke bufferzones op natte gronden*. Vakblad Natuur Bos Landschap.
- Gaete, J. (2021, 23 april). *Facts Tåkern Visitor Centre / Wingårdh Arkitektkontor AB*. ArchDaily. Geraadpleegd op 11 april 2022, van <https://www.archdaily.com/297108/facts-takern-visitor-centre-wingardh-arkitektkontor-ab>
- Geurts, J., Vroom, R., Fritz, C., Pijlman, J., Bestman, M., Van Eekeren, N., Van Houwelingen, K., & Lenssinck, F. (2017, december). *Natte teelten: plant- en zaaimethoden van lisdodde*. V-focus.
- Glas, H. (2021, 22 juli). *Extreme wateroverlast zal vaker voorkomen: hoe kunnen we ons er beter tegen wapenen?* Universiteit Gent. Geraadpleegd op 6 april 2022, van <https://www.ugent.be/ea/nl/actueel/nieuws/extreme-overstromingen-gevolg-klimaatverandering>
- Grote lisdodde. (z.d.). [Foto]. Biovijver. [https://biovijver.nl/wp-content/uploads/2021/12/broadleaf-cattail-278259\\_1280.jpg](https://biovijver.nl/wp-content/uploads/2021/12/broadleaf-cattail-278259_1280.jpg)
- Gutex. (z.d.). *GUTEX Thermoflat* [Foto]. Gutex. <https://gutex-benelux.eu/assortiment/producten/product/gutex-thermoflat/>
- Heeger, P. (2022, 25 februari). *Alles over houtvezelisolatie*. Duurzaamthuis. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.duurzaamthuis.nl/huis-isoleren/isolatiemateriaal/houtvezel>
- Hendriks, S. (2014, 29 januari). *Rietvelden* [Foto]. Sijmen Hendriks Fotografie. <https://sijmenhendriks.com/2014/01/29/rietvelden/>
- Hidalgo-Cordero, J. F., & García-Navarro, J. (2018). Totorá (Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Soják) and its potential as a construction material. *Industrial Crops and Products*, 112, 467–480.
- Higuita, J. (2019, 25 maart). *People near brown thatched houses across river* [Foto]. Unsplash. <https://unsplash.com/photos/xq0MW-DM6Cc>
- Hiss Reet. (z.d.). *Hiss Reet Panel* [Foto]. Hiss Reet. <https://www.hiss-reet.de/en/building-material/reed-panel>
- Hýsková, P., Gaff, M., Fernando Hidalgo-Cordero, J., & Hýsek, T. (2020). Composite materials from totora (Schoenoplectus californicus. C.A. Mey, Sojak): Is it worth it? *Composite Structures*, 232.
- Kabel, M. (2004, 26 oktober). *Cross section of a particle board* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Particle\\_board-cross\\_section\\_scan.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Particle_board-cross_section_scan.jpg)
- Krus, M., Theuerkorn, W., Grosskinsky, T., & Georgiev, G. (2014). A New Load-Bearing Insulation Material - Typha Panels. *Detail*, 2, 181–184.
- Lavin, M. (2015, 15 september). *Northern wildrice is very commonly cultivated, along with cultivated rice, in the area of the wildlife preserve* [Foto]. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Wild\\_rice#/media/File:Zizania\\_palustris\\_\(20150198216\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Wild_rice#/media/File:Zizania_palustris_(20150198216).jpg)

- 
- Lemmers, N. (2019, 5 maart). *Riet: dakbedekking, muziekinstrument en eetbaar*. Het Hunebed Nieuwscafé. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.hunebednieuwscafe.nl/2017/12/riet-dakbedekking-muziekinstrument-en-eetbaar/>
- Limbourg brothers. (1412–1416). *Très Riches Heures du duc de Berry février* [Schilderij]. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Les Tr%C3%AAs Riches Heures du duc de Berry f%C3%A9vrier.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Les_Tr%C3%AAs_Riches_Heures_du_duc_de_Berry_f%C3%A9vrier.jpg)
- Lisdodde veld. (2017, juli). [Foto]. Veenweiden Innovatiecentrum. <https://www.veenweiden.nl/wp-content/uploads/2017/07/Lisdodde-Veld-e1501229712373.jpg>
- Lowenstein, O. (2013). Visitor centre in Glänås. *Detail green, 1*, 40–45.
- Luco, A. (2022a, februari 24). *Poolhouse in Vilnius / HEIMA architects*. ArchDaily. Geraadpleegd op 17 april 2022, van <https://www.archdaily.com/977072/poolhouse-in-vilnius-heima-architects>
- Luco, A. (2022b, 13 april). *Tij Observatory / RAU + RO&AD Architecten*. ArchDaily. Geraadpleegd op 17 april 2022, van <https://www.archdaily.com/915456/tij-observatory-ro-and-ad-architecten>
- Maarsen, R. (z.d.). *COMPOSTBOARD - Circulair Designer*. RikMakes. Geraadpleegd op 16 april 2022, van <http://www.rikmakes.com/index.php/materials/>
- MC2 Estudio de Ingeniería. (2009). *Spanish Pavilion Expo Shanghai 2010*. Geraadpleegd op 11 april 2022, van <https://www.mc2.es/en/proyect/spanish-pavilion-expo-shanghai-2010/>
- Michael, A. (2007, 1 juli). *Typha latifolia* [Foto]. Wikipedia. [https://commons.wikimedia.org/wiki/User:MichaD#/media/File:Typha latifolia MichaD.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/User:MichaD#/media/File:Typha_latifolia_MichaD.jpg)
- Miralles Tagliabue EMBT. (2009). *Spanish Pavilion for World Expo Shanghai 2010*. Geraadpleegd op 11 april 2022, van <http://www.mirallestagliabue.com/project/spanish-pavilion-for-world-expo-shanghai-2010/>
- Moons, K. (2018, 9 juli). *Paludicultuur: red het veen met natte landbouw*. Down to Earth. Geraadpleegd op 16 april 2022, van <https://downtoearthmagazine.nl/paludicultuur-red-het-veen-met-natte-landbouw/>
- Naidoo, R. (2009, 9 november). *EMBT: spanish pavilion at shanghai expo 2010*. Designboom. Geraadpleegd op 11 april 2022, van <https://www.designboom.com/architecture/embt-spanish-pavillion-at-shanghai-expo-2010/>
- Natuurpunt. (z.d.). *Wilgen*. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.natuurpunt.be/pagina/wilgen>
- New Scientist. (z.d.). *Het planten van een lisdodde* [Foto]. New Scientist. <https://www.newscientist.nl/nieuws/natte-landbouwgrond-biedt-nieuwe-kansen/het-planten-van-een-lisdodde/>
- Oude Wesselink Rietdekkers. (z.d.). *Riet als dakbedekking* [Foto]. Oude Wesselink Rietdekkers. <https://rietdekker-aow.nl/rieten-dak/>

- 
- Peeters, L. (2022). *Nieuwe EPB-eisen voor 2022 voor nieuwbouw en renovatie*. Vlaams Energie- & Klimaatagentschap.
- Peters, K. (2005, 27 augustus). *Ufer-Wolfstrapp Lycopus europaeus* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Lycopus\\_europaeus.jpeg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/11/Lycopus_europaeus.jpeg)
- Peters, K. (2006, 27 juli). *Wasser-Minze* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Mentha\\_aquatica\\_bluete.jpeg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Mentha_aquatica_bluete.jpeg)
- Plant en Plagen. (2022, 6 april). *Wilg - Plant en Plagen*. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.plantenplagen.nl/plantenplagen/wilg/>
- Postma, S. (2017, juli). *Rapportage Lisdodde Teeltbedden*. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv.
- Rasbak. (2004, 4 augustus). *Vruchten van de blauwe bes* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/Vaccinium\\_corymbosum\\_in\\_The\\_Netherlands.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/Vaccinium_corymbosum_in_The_Netherlands.jpg)
- Rønning, A. (2011, 30 mei). *Menyanthes, Larvik, Norway*. [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Menyanthes\\_trifoliata\\_Bukkeblad.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Menyanthes_trifoliata_Bukkeblad.JPG)
- Ross, K. (2020, 23 juli). *Yusuhara Marche / Kengo Kuma & Associates*. ArchDaily. Geraadpleegd op 17 april 2022, van <https://www.archdaily.com/199790/yusuhara-marche-kengo-kuma-associates>
- Sánchez, D. (2021, 3 maart). *Outside-in' - Residence in Goes / grassodenridder architecten*. ArchDaily. Geraadpleegd op 17 april 2022, van [https://www.archdaily.com/609445/outside-in-residence-in-goes-grassodenridder\\_architecten](https://www.archdaily.com/609445/outside-in-residence-in-goes-grassodenridder_architecten)
- Sandellsandberg. (2019). *Visitor Centre with Thatched Roof in Southern Sweden*. *Detail*, 11, 32–37.
- Schepers, J. (2018, juli). *Pilot paludicultuur - Advies omtrent de inrichting van een paludicultuurbufferzone aangrenzend aan het Natura 2000- gebied Bargerveen*. Rijksuniversiteit Groningen.
- SHR Hout Research, ATO B.V., & TNO-Bouw. (2014). *Hernieuwbare grondstoffen als bouwmetaal*. Ministerie van Landbouw Natuurbeheer en Visserij (I&H) en het Ministerie van Verkeer- en Waterstaat (DWW).
- Soprema. (z.d.). *De zes voordelen van isoleren met houtvezelisolatie* [Foto]. Soprema. <https://www.soprema.be/nl/article/conseil/de-zes-voordelen-van-isoleren-met-houtvezelisolatie-2>
- Starr, K. (2009, 2 mei). *Arundo donax (Giant reed) leaves* [Foto]. Feedipedia. <https://www.feedipedia.org/content/giant-reed-arundo-donax-leaves>
- SterlingOSB. (2014). *Technische specificaties SterlingOSB*.
- Stevens Master Thatchers. (z.d.). *Thatching Spars* [Foto]. Stevens Master Thatchers. <https://stevenshatch.co.uk/articles/thatching-spars/>
- Stoel, E. (2020, 10 september). *Ontdek het ambacht: wilgen vlechten*. vtwonon. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.vtwonon.be/inspiratie/ambacht/ontdek-het-ambacht-wilgen-vlechten/>

- 
- Stüber, K. (2004, 28 oktober). *Azolla filiculoides* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/69/Azolla\\_filiculoides2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/69/Azolla_filiculoides2.jpg)
- Typhaboard. (z.d.). *Typhaboard Typha Technik* [Foto]. The exploded view. <https://theexplodedview.com/materialbb/typhaboard/>
- Van den Berk Boomkwekerijen. (z.d.). *Salix alba*. Geraadpleegd op 14 april 2022, van <https://www.vdberk.be/bomen/salix-alba/>
- Van den Eynde, H., & Debeuckelaere, H. (2021, 15 juli). *Extreem regenfront door opwarming aarde*. De Standaard. Geraadpleegd op 6 april 2022, van [https://www.standaard.be/cnt/dmf20210714\\_97653460](https://www.standaard.be/cnt/dmf20210714_97653460)
- Van der Werf, A. (2018, januari). *Natte teelten*. Wageningen Environmental Research.
- Van Duursen, J., & Nieuwenhuijs, A. (2016, juni). *Marktverkenning Paludicultuur. Kansen voor de landbouw in veenweidegebieden met behoud van veen*. Landschap Noord-Holland en Agrarische Natuur Vereniging Water Land en Dijken.
- Van Steen, J. L. H., Van den Wall Bake, J. D., & Cronenberg, C. C. H. (2010, oktober). *Potentiële hoogwaardige toepassingen van riet*. InnovatieNetwerk.
- Vanheukelom, B. (2018, 12 april). *In 70 jaar tijd heeft Vlaanderen 244.000 hectare met vijvers, plassen en venen drooggelegd*. VRT NWS. Geraadpleegd op 6 april 2022, van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/04/12/in-70-jaar-tijd-heeft-vlaanderen-244-000-hectaren-met-vijvers--p/>
- Verachtert, R. (2022, 2 februari). *“Pleidooi voor meer waterrijke gebieden: moerassen zijn de nieren van ons landschap”*. Knack. Geraadpleegd op 13 maart 2022, van [https://www.knack.be/nieuws/belgie/pleidooi-voor-meer-waterrijke-gebieden-moerassen-zijn-de-nieren-van-ons-landschap/article-opinion-1829643.html?cookie\\_check=1647191689](https://www.knack.be/nieuws/belgie/pleidooi-voor-meer-waterrijke-gebieden-moerassen-zijn-de-nieren-van-ons-landschap/article-opinion-1829643.html?cookie_check=1647191689)
- Versluijs, R. (2021, 7 maart). *Lisdodde oogst Ankeveen* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=7NkaEf9DWB4>
- Watson, J. (2019). *Lo-TEK, Design by Radical Indigenism*. Taschen.
- Weller, K. (2005, 18 mei). *A coastal Washington cranberry bog* [Foto]. Wikipedia. [https://nl.wikipedia.org/wiki/Cranberry#/media/Bestand:Cranberry\\_bog.jpg](https://nl.wikipedia.org/wiki/Cranberry#/media/Bestand:Cranberry_bog.jpg)
- Weyerhaeuser. (2016, 8 november). *How OSB is made*. Geraadpleegd op 7 april 2022, van <https://www.weyerhaeuser.com/blog/how-osb-is-made/>
- Weyerhaeuser [Weyerhaeuser Wood Products]. (2014, 12 december). *Weyerhaeuser OSB Mill Tour* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=6oSKa2L9Jnl&feature=youtu.be>
- Wieneke, J. (2006, 31 maart). *Drosera tokaiensis* [Foto]. Wikipedia. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Drosera\\_spatulata\\_KansaiHabit.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/Drosera_spatulata_KansaiHabit.jpg)
- WWF België. (2021, 21 april). *Bescherming van een groter waterrijk gebied dan België in het Congobekken*. Geraadpleegd op 13 maart 2022, van <https://wwf.be/nl/actualiteit/bescherming-van-een-groter-waterrijk-gebied-dan-belgie-het-congobekken>

---

Wilgen. (z.d.). *Portfolio*. Geraadpleegd op 17 april 2022, van <http://www.wilgen.be/copy-of-producten>

Ysebaert, T. (2021, 29 april). *Droogleggen zoals vroeger kan niet meer*. De Standaard. Geraadpleegd op 6 april 2022, van [https://www.standaard.be/cnt/dmf20210428\\_97748536?](https://www.standaard.be/cnt/dmf20210428_97748536?)

Zare Shahabadi, S., Abbasi Harofteh, M., & Zare Shahabadi, A. (2019). Relationship of economic and environmental factors with the acceptance of earthen architecture technology: A case study of young educated couples in Yazd, Iran. *Technology in Society*, 59.



### Investeren in het milieu

Norbord is toegewijd aan zowel zijn klanten als het milieu. Het hout dat wordt gebruikt voor SterlingOSB is afkomstig uit duurzaam beheerde bossen en wordt verwerkt in een FSC-gecertificeerde fabriek in Inverness (Schotland). Hierdoor beschikt het volledige OSB-assortiment standaard over het FSC-keurmerk.



Het keurmerk voor verantwoord bosbeheer

RB = rechte boorden niet geschuurd  
TG2S = tand en groef 2 zijden geschuurd  
TG4S = tand en groef 4 zijden geschuurd

#### Afmetingen (mm)

Type	Dikte	590 x 2440	1220 x 2440
OSB2	9	-	RB
	11	-	RB
	15	-	RB
	18	TG4S	RB / TG2S
OSB3	9	-	RB
	11	-	RB
	12	TG4S	-
	15	TG4S	RB
	18	TG4S	RB / TG2S
	22	TG4S	RB

Technische specificaties			OSB2			OSB3		
Kenmerk	Norm	Eenheid	6-10 mm	11-17 mm	18-25 mm	6-10 mm	11-17 mm	18-25 mm
Tolerantie op densiteit in een plaat	EN323	%	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
Vochtgehalte	EN322	%	2-12	2-12	2-12	2-12	2-12	2-12
Toleranties op afmetingen								
- dikte (geschuurd)	EN324-1	mm	± 0.3	± 0.3	± 0.3	± 0.3	± 0.3	± 0.3
- dikte (ongeschuurd)	EN324-1	mm	± 0.8	± 0.8	± 0.8	± 0.8	± 0.8	± 0.8
- lengte en breedte	EN324-1	mm	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3
Toleranties op rechtheid								
- boordrechtheid	EN324-2	mm/m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
- haaksheid	EN324-2	mm/m	2	2	2	2	2	2
Buigsterkte in langsrichting	EN310	N/mm <sup>2</sup>	22	20	18	22	20	18
Buigsterkte in dwarsrichting	EN310	N/mm <sup>2</sup>	11	10	9	11	10	9
Treksterkte loodrecht op het vlak	EN319	N/mm <sup>2</sup>	0.34	0.32	0.30	0.34	0.32	0.30
Elasticiteitsmodulus hoofdrichting	EN310	N/mm <sup>2</sup>	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Elasticiteitsmodulus breedterichting	EN310	N/mm <sup>2</sup>	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Zwelling / 24u	EN317	%	20	20	20	15	15	15
Lineaire expansie (bij 65-85% relatieve vochtigheid)	-	%	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Formaldehyde-uitstoot (perforatorwaarde EN120)	EN120	mg/100g	klasse E1 (<= 8mg)	klasse E1 (<= 8mg)	klasse E1 (<= 8mg)	klasse E1 (<= 8mg)	klasse E1 (<= 8mg)	klasse E1 (<= 8mg)
Brandklasse	EN13501-1	-	D-s2, d0/d2'	D-s2, d0/d2'	D-s2, d0/d2'	D-s2, d0/d2'	D-s2, d0/d2'	D-s2, d0/d2'
Thermische isolatie: warmtegeleidingscoëfficiënt λ	EN13986	W/mK	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

) 9 mm: d0 zonder een luchtopening achter de houten plaat,  
d2 met een luchtopening (max. 22 mm) achter de houten plaat  
15 mm: enkel d0, 18 mm: enkel d0



## WOOD YOU USE

SterlingOSB-Zero® 
 Caberwood MDF® 
 SterlingOSB® 
 Caberboard® SPAAN



De natuurlijke keuze

www.norbord.eu



Norbord N.V.  
Eikelaarstraat 33  
3600 Genk (België)  
T. +32 (0)89 50 03 00  
F. +32 (0)89 35 95 38

NL-OSB-010\_V06/2014





