

Biobased bouwen

Een herontwerp uit de praktijk



Student:
Studentnummer:
School:
Begeleider:

Catharinus Veenema
334807
Hanzehogeschool Groningen
Sonja van der Wal

Bureau:
Begeleider:

SKAUP architecten
Peter van der Gaauw



BIOBASED BOUWEN

EEN HERONTWERP UIT DE PRAKTIJK

Bachelor Built Environment
Major Bouwkunde
Catharinus Veenema
334807
10-05-2020

SKAUP



VOORWOORD

Voor u ligt mijn afstudeerproject voor de opleiding Built Environment, Major Bouwkunde van de Hanze Hogeschool Groningen. Binnen het afstuderen is een nieuwe methode toegepast die veel vrijheid biedt aan de student en de richting van het afstuderen. Ik heb van deze vrijheid gebruik gemaakt om mijn interesses in de bouw verder uit te diepen middels dit project, namelijk het architectonische aspect van de bouw en de bijdrage die de bouw kan leveren voor een duurzamere wereld.

Dit verslag maakt het onderzoek en ontwerpproces dat voorafging aan het uiteindelijke beroepsproduct inzichtelijk. Na veel vooronderzoek in verschillende richtingen is het uiteindelijk gelukt om een eenduidig onderzoek/ontwerp te leveren. Ik wil graag Sonja van Der Wal en Bernardt Clemens, mijn begeleiders van de Hanze Hogeschool, bedanken voor de fijne samenwerking. Ook wil ik graag het Architectenbureau SKAUP bedanken voor het aanbieden van de stageplaats. Peter van der Gaauw en Stan Korthagen bedankt voor de goede sturing, constante beschikbaarheid en een antwoord op iedere vraag.

Tot slot wil ik mijn ouders en zus bedanken. Vanwege de corona crisis zijn de leefomstandigheden tijdens de afrondingsperiode van dit beroepsproduct drastisch veranderd. Zij hebben mij de nodige steun en inzichten gegeven die hebben bijgedragen aan de afronding. Bedankt daarvoor.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Catharinus Veenema

Amsterdam, 8 april 2020

SAMENVATTING

De mensheid heeft een negatieve invloed op het milieu. Hierin speelt de bouwsector een grote rol. Door een omslag te maken in de bouw van staal en beton naar biobased materiaal kan de sector bijdragen aan een duurzamere wereld. Vanwege de groei van de bevolking en het gebrek aan ruimte is er gekozen om de reden voor de trage omslag binnen de middelhoge woningbouw te onderzoeken.

Om de trage transitie te onderzoeken is er gekozen voor een ontwerpend onderzoek. Binnen dit ontwerpend onderzoek is een bestaand ontwerp van SKAUP architecten opnieuw ontworpen met biobased materiaal. Voorafgaand aan dit herontwerp is een analyse van referentieprojecten uitgevoerd. De initiele eisen voor het ontwerp in combinatie met de uitkomsten van die analyse zorgen voor het Programma van Eisen voor het herontwerp.

Het vinden van de gewenste referentieprojecten is lastig gebleken. De duurzame projecten maken veelal een keuze in hun focus: of houtbouw, of biobased bouwen. Ten bate van het onderzoek zijn er toch vier projecten onder de loep genomen en aan de hand van hun samengevoegde toepassingen van biobased materiaal is een eis gesteld voor het herontwerp: alle wand, vloer en dak onderdelen (behalve verbindingen) vanaf de begane grond moeten van biobased materiaal zijn.

Het herontwerpen van een bestaand project bood als voordeel ten opzichte van een nieuw project dat er al bestaande eisen golden, gesteld door de gemeente en opdrachtgever. Het gaat hierbij om een project in Lelystad genaamd Theaterwonen. Met dit project worden er 50 appartementen gerealiseerd naast het Agora Theater als onderdeel van het bestemmingsplan Theaterkwartier.

Voor de constructie van Biobased Theaterwonen is gekozen voor CLT in combinatie met GLULAM waar nodig. Beide een materiaal van bewerkt hout, wat tot dusver de enige biobased concurrent van staal en beton is. Voor de toepassing van CLT zijn de stramien lijnen enigszins verschoven. De mogelijkheden voor gevelafwerking zijn beperkt door biobased bouwen. Ook ontstaan er zorgen over de akoestiek van het gebouw. De akoestiek kan aangetoond verbeterd worden door gewicht toe te voegen, iets wat met biobased materiaal niet makkelijk gaat. Daarom zouden de gemaakte ontwerpen moeten worden gecontroleerd door een specialist.

Waarom biobased bouwen nog niet veel toegepast wordt zou kunnen komen doordat het de architect direct limiteert tot de constructieve mogelijkheden met houtbouw en afwerkingsmogelijkheden met biobased materiaal. Ook ontstaan er door het toepassen van relatief nieuwe materialen veel vragen binnen de detaillering van het gebouw. Deze kunnen opgelost worden, in veel gevallen met biobased materiaal. Maar dit kost tijd en geld.

INHOUD

Voorwoord	2
BIOBASED BOUWEN	2
samenvatting	4
figuren en tabellen lijst	7
lijst met afkortingen	9
1. probleem analyse	10
2. Theoretisch kader	12
2.1 Herontwerp	12
2.2 Uitgangspunten herontwerp	12
2.3 Biobased	13
2.4 Materialen	13
2.5 Afbakening	14
3. Referentieprojecten	15
3.3 Egenes Park – 2009	18
2.4 Villa Driemond – 2015	19
4. Analyse referentie projecten	20
4.1 Analyse checklist	20
4.2 Uitkomst checklist	20
4.3 Graad van biobased bouwen	22
5. Toepassen op Theaterwonen	24
4.1 Initiële ontwerp Theaterwonen	24
4.2 Herontwerp Theaterwonen	26
4.3 Bevindingen herontwerp met biobased materiaal	30
6. conclusie	34
Discussie	36
literatuurlijst	37
begrippenlijst	41
Bijlagen	42
Bijlage 1. A0 tekeningen uitwerking gevel 5	42

Bijlage 2.	analyse referentie projecten	42
Bijlage 3.	Impressies biobased theaterwonen	42

FIGUREN EN TABELLEN LIJST

FIGURE 1 IMPRESSIE THEATERWONEN LELYSTAD - SKAUP ARCHITECTEN	15
FIGURE 2 STROBOUWPROJECT IEWAN	16
FIGURE 3 BINNENWAND IEWAN	16
FIGURE 4 ATRIUM VAN HOTEL JAKARTA	17
FIGURE 5 HOTEL JAKARTA OPBOUW	17
FIGURE 6 EGENES PARK ZUIDGEVEL	18
FIGURE 7 EGENES PARK OOSTZIJDE	18
FIGURE 8 VILLA DRIEMOND	19
FIGURE 9 AANZICHTEN VILLA DRIEMOND	19
FIGURE 10 BOUWKAVEL THEATERWONEN	24
FIGURE 11 IMPRESSIE INVULLING KAVEL DOOR GEMEENTE LELYSTAD	24
FIGURE 12 IMPRESSIE THEATERWONEN SKAUP ARCHITECTEN	25
FIGURE 13 ILLUSTRATIES VAN SKAUP ARCHITECTEN	25
FIGURE 14 IMPRESSIE THEATERWONEN SKAUP ARCHITECTEN	25
FIGURE 15 PLATTEGROND BEGANE GROND THEATERWONEN	25
FIGURE 16 A'DAM TOREN - ARCHITECT ARTHUR STAAL	26
FIGURE 17 STADHOUDERSKADE 7 - ARCHITECT KUIPERS	26
FIGURE 18 CARLTON HOTEL - ARCHITECT GERRIT JAN RUTGERS	26
FIGURE 19 WIBAUTSTRAAT - ARCHITECTEN DE GEUS EN INGWERVEN	26
FIGURE 20 PRINS EN KEIZER - ARCHITECT DAM EN PARTNERS	26
FIGURE 21 NOORDGEVEL BBTW	26
FIGURE 22 PERSPECTIEF CONCEPT BBTW VANAF AGORA BAAN	26
FIGURE 23 VERZAMELING GEVEL REVERENTIES TW BB	27
FIGURE 24 ILLUSTRATIES VAN HET ONTWERP PRINCIPE	28
FIGURE 25 OOSTGEVEL BBTW	28
FIGURE 26 NOORDGEVEL BBTW	28
FIGURE 27 NOORDGEVEL BBTW 2	28
FIGURE 28 OOSTGEVEL BBTW 2	28
FIGURE 29 IMPRESSIE PERSPECTIEF BBTW	29
FIGURE 30 IMPRESSIE NOORDGEVEL BBTW	29
FIGURE 31 IMPRESSIE PERSPECTIEF OOSTGEVEL BBTW	29
FIGURE 32 NABASCO 80180 PLAATMATERIAAL	30
FIGURE 33 CLT OPBOUW PRINCIPE	30

TABEL 1 KENGETALLEN THEATERWONEN	15
TABEL 2 KENGETALLEN IEWAN STROPROJECT	16
TABEL 3 KENGETALLEN HOTEL JAKARTA	17
TABEL 4 KENGETALLEN EGENES PARK	18
TABEL 5 KENGETALLEN VILLA DRIEMOND	19
TABEL 6 ANALYSE REFERENTIE PROJECTEN BIJLAGE 4	21
TABEL 7 PVE HERONTWERP THEATERWONEN	24
TABEL 8 DIMENSIONERING CLT VLOEREN	32

LIJST MET AFKORTINGEN

CLT – Cross Laminated Timber

DB – Decibel

MPG – Milieuprestatie gebouwen

GLULAM – Glue Laminated Timber

HSB – Hout Skelet Bouw

BVO – Bruto Vloer Oppervlakte

GO – Gebruikers Oppervlakte

1. PROBLEEM ANALYSE

Aanleiding van het onderzoek

Op 29 mei 2019 wordt door de Raad van State het 'Programma Aanpak Stikstof' ongeldig verklaard. Vanaf dat moment raakte heel Nederland, met name bouwend Nederland, verzeild in de stikstofcrisis. Op basis hiervan is een kort vooronderzoek gedaan naar stikstofarm bouwen als afstudeeronderwerp. Hieruit wordt duidelijk dat de oplossingen voor de stikstofcrisis binnen de bouw vooral in de gebruikers-en realisatiefase liggen, iets waar een architect in mindere mate invloed op heeft. Daarnaast ligt de verantwoordelijkheid voor het oplossen van de stikstofcrisis in mindere mate bij de bouwsector. De bouw neemt namelijk in 2018 in combinatie met de handel, diensten én overheid sectoren maar één procent van de totale stikstof uitstoot in Nederland voor haar rekening (rijksoverheid, 2019).

Toch is het vooronderzoek nuttig geweest. Middels een logische redentatie kan de bouw haar steentje bijdragen door de druk op de industrie te verlagen middels het bouwen met ecologische materialen bouwen. De totale industriële sector veroorzaakt namelijk 20% van de totale Co2 uitstoot wereldwijd (ourworld in data, 2017). De productie van beton valt in deze sector en neemt een schrikbarende 8% van de Co2 uitstoot wereldwijd voor haar rekening. (cathamhouse, 2018). Dit is dus bijna de helft van de totale industriële sector. Gelukkig is er in veel gevallen een oplossing voor het verminderen van het percentage beton in een bouwwerk, namelijk: bewerkt hout.

Houtbouw is een van de weinige, maar ook voor de hand liggende oplossingen om de alsmaar stijgende betonvraag wereldwijd te reduceren. Een stap verder gaan zou nog beter zijn: zoveel mogelijk bouwen met biobased materiaal. Dit onderzoek richt zich op het feit dat het algemeen bekend is dat het beter is voor het milieu om met biobased materiaal te bouwen, maar dat het in de praktijk nog maar zelden voorkomt.

De woningbehoefte in Nederland vraagt om 75 duizend nieuwbouwwoningen per jaar (Ministerie BZK, 2020). Vanwege de beperkte beschikbare bouwgrond in Nederland is er tevens een streven voor sterke verdichting in deze nieuwbouwprojecten (bpd, 2017). Daarom zal er naar alle waarschijnlijkheid veel ingezet worden op middel tot hoogbouwprojecten om de woningnood hoofd te bieden. Bij bouwprojecten van die omvang wordt hout en ander biobased materiaal nog maar weinig (constructief) toegepast. *

**NOOT: Harde cijfers over de hoeveelheid bouwprojecten die in Nederland gerealiseerd zijn ontbreken. De aanname dat veel projecten niet biobased gebouwd zijn is gebaseerd op de vele recente oproepen die te vinden zijn om meer met deze materialen te gaan bouwen, en artikelen die de negatieve aspecten proberen te weerleggen. Bijvoorbeeld (Marco Vermeulen, 14-02-2019), (GROENLINKS, 2020), (TTJ, 2020).*

Probleemstelling:

De bouwsector is verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de CO2 uitstoot in de wereld, dit komt vooral door de productie van cement. De CO2 uitstoot kan dus verminderd worden door biobased te bouwen. Uit lezingen en het vooronderzoek blijkt dat voornamelijk houtbouw, wat valt onder biobased bouwen, tot nu toe de beste oplossing is om de uitstoot van CO2 tegen te gaan. Er zijn meerdere manieren waarop hout bewerkt en verwerkt kan worden en de eigenschappen significant verbeterd worden. Volgens houtbouwers kan het zelfs staal en beton vervangen en is het dus zeer breed inzetbaar. Het probleem is dat het niet veel toegepast wordt.

Doelstelling:

De reden voor de geringe hoeveelheid toepassing van Biobased bouwen in de praktijk achterhalen middels vooronderzoek en een herontwerp en vervolgens het proces van herontwerpen met Biobased materiaal inzichtelijk maken.

Hoofdvraag:

Waarom wordt biobased bouwen in de praktijk niet vaker toegepast bij middelhoge woningbouw en wat kan hiervoor de oplossing zijn?

Deelvragen:

1. Welke woningbouwprojecten van vergelijkbare omvang en/of complexiteit als de projecten van SKAUP zijn gerealiseerd?
2. Welke onderdelen bestaan uit biobased materiaal?
3. Welke onderdelen zijn niet geschikt om uit biobased materiaal te maken?
4. In welke mate zijn de projecten biobased uitgevoerd?
5. Welke onderdelen zijn geschikt en/of aantrekkelijk om te vervangen door Biobased materiaal bij het project Theaterwonen ?
6. hoe zien de biobased materialen eruit binnen een herontwerp van Theaterwonen?

De deelvragen zijn gerelateerd aan projecten van vergelijkbare omvang als die van SKAUP-architecten, zodat de connectie met het afstudeerbureau verzekerd is. Deelvragen één tot en met vijf zijn ten bate van vergaren van kennis en de nodige gegevens waarop het herontwerp gebaseerd zal zijn. Het herontwerp is weer noodzakelijk om in de praktijk te ondervinden op welke belemmeringen men stuit als een gebouw ontworpen wordt met zoveel mogelijk biobased materiaal.

2. THEORETISCH KADER

2.1 HERONTWERP

Om een brug te slaan tussen de praktijk en theoretisch onderzoek is er gekozen om een ontwerp van SKAUP-architecten te herontwerpen met Biobased materialen. Het herontwerp dat hierdoor tot stand komt is van VO-niveau. De verwachting is dat het proces van het herontwerp de nodige input geeft om de deel en -hoofdvragen te beantwoorden. Dit gaat volgens de onderzoeksmethode 'ontwerpend onderzoek'. Voor deze onderzoeksmethode heeft de Hanze Hogeschool bepaalde criteria gesteld (Hanze Innovate , 2016):

- **bevragend** er moet een expliciete vraag aan het onderzoeksproces ten grondslag liggen (of uiteindelijk herkend worden)
- **doelgericht** een onderzoek is niet louter vrijblijvend, maar zoekt een oplossing voor een benoemd probleem of het antwoord op een expliciete vraag
- **geïnformeerd** architecten moeten openstaan voor reeds bestaande kennis, vastgelegd in literatuur, cijfers etc. Ook moeten ze hun bevindingen willen confronteren met andere visies of casus binnen en buiten de eigen discipline
- **methodisch** de weg van vraag naar antwoord kent een duidelijke strategie, een controleerbare werkwijze en een deugdelijke aanpak: deze moet betrouwbaar en verifieerbaar zijn
- **communicatief** de resultaten moeten niet impliciet (in het ontwerp of gebouw) blijven maar uitgedragen worden, gericht op belanghebbenden en belangstellenden

Deze structuur wordt vastgehouden het plan van aanpak (PVA) voor dit onderzoek uit te voeren. Echter kan het ontwerpend onderzoek hiervan afwijken/soms niet aan voldoen. Dan wordt dit vermeld en verantwoord. Het voorgaande hoofdstuk, probleemanalyse, is overgenomen uit het PVA.

2.2 UITGANGSPUNTEN HERONTWERP

In de probleemanalyse wordt de term middel-hoogbouw genoemd. Deze term wordt gebruikt voor niet grondgebonden bouwwerken met vier tot tien verdiepingen (ecyclo, sd). SKAUP architecten ontwerpt een middel-hoogbouw in Lelystad genaamd Theaterwonen. Het gaat om een binnenstedelijk project waarvan de eisen van de gemeente bekend zijn. Dat is een voordeel binnen dit onderzoek. Hierdoor is de kans namelijk groter dat het voldoet aan de eisen die de praktijk, geschreven of ongeschreven, stelt aan een ontwerp. De stakeholders hebben hun uiteenlopende eisen, deze zijn door SKAUP architecten al verwerkt in het initiële ontwerp. Denk hierbij aan toegang en ontsluiting, efficiëntie BVO en GO, parkeerplaatsen etc. De eisen van de gemeente en de uitgangspunten van SKAUP-architecten vormen daarom een belangrijk deel van het theoretisch kader en liggen ten grondslag voor het programma van eisen van het herontwerp.

Eisen gemeente Lelystad: (Gemeente Lelystad, 2018)

- Maximaal 50 appartementen
- Maximale nokhoogte minimaal 3m lager dan het theater (+21.5m)
- Zijde direct naast het theater minimaal 4m lager dan hoekpunt theater (+13.0m)
- 'Pandsgewijze' uitstraling van het bouwwerk
- Afwisseling in de vorm, hoogte en diepteligging

Uitgangspunten SKAUP architecten*:

- Eenduidige architectuur
- Consistentie in de ontwerpprincipes
- 'Rustige' kleurenpalet
- Betaalbaar

Verder zal de analyse van de biobased referentie projecten voor enkele uitgangspunten zorgen.

2.3 BIOBASED

In het herontwerp zullen zoveel mogelijk biobased materialen toegepast worden. Dat betekent ook wel: *“materiaal afkomstig uit biomassa, maar kan wel fysisch, chemisch of biologisch bewerkt zijn.”* (Kenniskbank Biobasedbouwen). Ondanks deze definitie zal niet alle twijfel weggenomen worden over wanneer een bepaald materiaal nu biobased, deels biobased, circulair of natuurlijk van aard is. Een duidelijke uitleg hierover wordt gegeven op: www.biobasedbouwen.nl Deze site is opgezet ter ondersteuning aan bouwend Nederland voor het behalen van de doelstelling 'Nederland Circulair in 2050' van de Rijks Overheid. Deze doelstelling benadrukt de urgentie en levert informatie aan om deze omslag naar biobased bouwen te bewerkstelligen. (Rijksoverheid, 2016)

2.4 MATERIALEN

Gelukkig zijn er al veel onderzoeken naar biobased- materialen en bouwen gedaan. Toch is er tot nu toe maar één biobased materiaal dat constructief toegepast kan worden in middel hoogbouw: hout. (waugh, 2019) Gelukkig is hout ook een van de oudste bouwmaterialen ter wereld en is daardoor over de toepassing in originele staat (gezaagd hout) veel bekend (Ector, 2018). Echter kan met gezaagd hout niet dezelfde bouwhoogte worden behaald als met staal en beton (Jellema, 2011). Daarvoor zijn de relatief nieuwe gelijmde hout producten geschikter: bewerkt hout. Een constructie van bewerkt hout in combinatie met afwerking en isolatie van biobased materialen levert een duurzaam geheel van materiaal gebruik op.

Onderzoek van de TU Eindhoven (Koets, 2012);

Hoogbouw met CLT

Overzicht biobased materiaal van de WUR (Oever, 2012);

Catalogus biobased materialen

Kritische kijk op ontwerpen met hout (Patrick Fleming, 2014);

Measuring up in timber

*NOOT: De ontwerp uitgangspunten van SKAUP architecten zijn opgedaan tijdens de werkervaringsperiode en staan omschreven op www.skaup.nl/visie. Hoewel deze tijdens het ontwerpproces zijn doorgevoerd staat het ontwerp los van SKAUP-architecten en is niet representatief voor het bureau.

2.5 AFBAKENING

Om het ontwerpend onderzoek een duidelijke richting te bieden worden er duidelijke kaders gesteld aan zaken die er wel of niet in opgenomen zullen worden. De volgende zaken zullen wel worden opgenomen:

- Ontwerp proces waardoor het architectonisch belang van het bouwwerk gewaarborgd word.
- Het onderzoeken van de onderdelen die biobased uitgevoerd kunnen worden
- Het aanpassen van het initiële ontwerp zodat er zoveel mogelijk van deze biobased materialen toegepast kunnen worden
- In welke mate 'biobased ontwerpen' limiterend werkt ten opzichte van traditioneel bouwen
- Welke voordelen zich voordoen ten opzichte van traditioneel bouwen

Vanwege de opgestelde deelvragen die leiden tot het antwoord op de hoofdvraag uit de probleem analyse worden bepaalde aspecten niet behandeld in dit ontwerpend onderzoek die wellicht wel aandacht verdienen:

- De meerkosten van het herontwerp met biobased materiaal
- Installatietechnische uitgangspunten voor het gebouw
- Constructieve berekeningen

3. REFERENTIEPROJECTEN

In dit hoofdstuk wordt de eerste deelvraag beantwoord: **“Welke woningbouwprojecten van vergelijkbare omvang/complexiteit als de projecten van SKAUP zijn Biobased gerealiseerd?”** SKAUP-architecten bureau heeft meerdere middelhoge woningbouwprojecten lopen die in de ontwerpfase verkeren. Er is gekozen om het project ‘Theaterwonen’, dat in Lelystad ontwikkeld wordt in samenwerking met WOONstraks, te herontwerpen met biobased materiaal. Er is voor Theaterwonen gekozen vanwege de repeterende smalle beukmaat en het rustige, vlakke gevelbeeld. Op basis van het vooronderzoek wordt verwacht dat hierdoor de architectuur geen belemmering is voor de omschakeling naar biobased materialen. Biobased materialen in onder andere de catalogus van de WUR* en op www.biobasedbouwen.nl ogen namelijk (binnen de lijn van verwachting) natuurlijk van kleur en textuur. Hierdoor zouden projecten waarbij de esthetische waarde voor een groot deel afhangt van de kleur en textuur van de gevelafwerking, en het van belang is dat deze afwerking fel van kleur en glad van textuur is, minder geschikt zijn voor een herontwerp met zoveel mogelijk biobased materiaal.

Om de juiste referentie projecten te vinden wordt eerst de complexiteit en omvang van het project Theaterwonen geanalyseerd. Door te bepaalde project eigenschappen te selecteren die van belang zijn voor dit onderzoek is een checklist opgesteld waar de referentieprojecten op gecontroleerd moet worden. Als deze projecteigenschappen grotendeels overeenkomen met die van het project Theaterwonen dan is de kans groter dat de biobased materialen en de toepassing ervan ook voor Theaterwonen gebruikt kunnen worden.

Aan de hand van deskresearch en interviews is duidelijk geworden dat er maar weinig biobased middelhoogbouw projecten in Nederland bestaan of vindbaar zijn. Er is een duidelijk onderscheid tussen biobased-en houtbouw te zien zodra het gaat om middelhoge bouwwerken. Er is voor referentieprojecten gekozen om enkele houtbouwprojecten van vergelijkbare omvang als Theaterwonen, en enkele kleinere biobased projecten te analyseren.

Dat het vinden van biobased referentieprojecten een struikblok blijkt is in zekere zin een benadrukking van de relevantie van de hoofdvraag.



Figure 1 impressie Theaterwonen Lelystad - SKAUP architecten

Project Eigenschap	Hoeveelheid	Eenheid
Totaaloppervlakte	6494.4	M2
Aantal woningen	50	Aantal
Kleinste woning	71	M2
Grootste woning	126	M2
Aantal verdiepingen	6	Aantal
Totaal Volume	4627	M3

Tabel 1 Kengetallen Theaterwonen



Figure 2 Strobouwproject Iewan

3.1 Strobouwproject Iewan in Lent – 2015

‘Duurzaam en ecologisch bouwen en leven, dat staat bij de bewoners van Iewan hoog in het vaandel. Bouwmaterialen, energieconcepten, installaties en waterhuishouding – bij alles is rekening gehouden met productiemethodes, verbruik en CO₂-uitstoot. Fossiele brandstoffen worden vermeden. Dit heeft geleid tot opvallende, innovatieve keuzes’ (IEWAN, 2019).

Materialen

IEWAN is een coöperatie project waar de bewoners zelf aan meegebouwd hebben. Het is een van de grootste biobased projecten in Nederland. Zoals de naam suggereert bestaan de buitenmuren grotendeels uit stro en leem. De strobalen zijn geplaatst in een houtskelet waarna de binnenzijde een leem afwerking kreeg en voor de buitenzijde onbehandeld Fsc-gecertificeerd hout is toegepast.

Verder is voor het meeste hout aan de buitenzijde van het gebouw voor Accoya hout gekozen. Dit hout wordt in Nederland bewerkt middels het acetylatieproces. Hierdoor krijgt het hout sterk verbeterde eigenschappen waardoor het onder andere minder onderhoud vraagt en de levensduur verdubbelt (accoya, 2018).

Ondanks dat het project ambitieuze biobased doelen had, spreekt verantwoordelijk architect Post over ‘onvermijdelijk beton en kalkzandsteen’. Waar dit noodzakelijk was is wel gekozen voor groenbeton, een variant waar het toeslagmateriaal vooral uit gerecycled materiaal bestaat. De woning scheidende wanden zijn opgetrokken uit kalkzandsteen en de vloeren hebben een ‘groenbeton’ deklaag. Het bouwwerk staat daarnaast ook nog op een betonnen paalfundering. Dit is volgens verantwoordelijk architect Ir. Post vanwege brandveiligheid, maar vooral vanwege de akoestiekeisen die behaalt dienen te worden voor woningscheidingen. Hij benoemt dat er wel andere (biobased) manieren zijn om deze eisen te behalen, maar dat deze het goedkoopste was. Als de draagconstructie, die nu grotendeels in hout is uitgevoerd, uit traditionele materialen zou bestaan zou er naar schatting rond de 20 procent van de totale kosten bespaard zijn.*



Figure 3 Binnenwand IEWAN

Project Eigenschap	Hoeveelheid	Eenheid
Totaaloppervlakte	2219	M2
Aantal woningen	24	Aantal
Aantal verdiepingen	4	Aantal
Kosten	3.137.000,-	Euro

Tabel 2 Kengetallen IEWAN Stroproject

*NOOT: informatie direct verkregen middels mail contact met dhr. Post.



Figure 4 Atrium van hotel Jakarta

3.2 Hotel Jakarta – 2018

Een bouwwerk van 10 lagen dat voornamelijk gedragen wordt door een in het zicht gehouden houten constructie. Voor het ontwerp van Hotel Jakarta stond duurzaamheid vanaf het begin hoog in het vaandel. Dit heeft geresulteerd in een bouwwerk met een BREAM Excellent certificering. Naast een houten constructie wordt ook houten module bouw toegepast doormiddel van geprefabriceerde hotelkamers (Search, 2018).

Materialen

Het gebouw telt 10 lagen exclusief onderliggende parkeergarage. Alleen deze parkeergarage en de begane grond zijn constructief in beton uitgevoerd en dragen de krachten van het gebouw over op de 350 Vibro funderingspalen. (Vroom, 2016) In figuur 5 is de modulaire opbouw van het hotel zichtbaar. Eigen inschatting is dat de onderste drie lagen van deze opbouw in beton zijn uitgevoerd. Vervolgens zijn de 176 van de 200 hotelkamers voorgefabriceerde hotelkamers te zien. Deze bestaan vooral uit CLT en hebben een betonnen afwerklaag op de vloer, hoogstwaarschijnlijk voor de akoestiek.

Voor de planfonds van het gebouw zijn 1400 geprefabriceerde elementen uit massief bamboe gemaakt. Dankzij het gebruik van dit materiaal wordt bijgedragen aan de BREAM Excellent certificering (Stedenbouw, 2018). De buitengevel bestaat voor het overgrote deel uit glas, dit is bevestigd in aluminium kozijnen. Tot slot is er voor de 200 binnendeuren nog gekozen voor houten kozijnen. Het materiaal van de deur zelf is onduidelijk, deze moet aan hoge geluid(52dB) en brandwerendheidseisen (30min) voldoen.

Groen

Als toevoeging op het concept houtbouwen heeft verantwoordelijk architect Bjarne Mastenbroek nog een, letterlijke, link gelegd met de natuur in zijn gebouw. Op de begane grond zijn namelijk vijf tropische tuinen aangelegd die voor iedereen toegankelijk zijn. De architect zegt: 'als je gaat ontwerpen vanuit esthetiek, dus je probeert een gebouw mooi te maken, dan kom je vaak nergens. Veel interessanter is juist de hele ontwikkeling in duurzaamheid, die je dwingt allemaal zaken toe te passen die je nog niet eerder hebt gedaan. En dat levert interessante verrassingen op' (Mastenbroek, 2012).

Project Eigenschap	Hoeveelheid	Eenheid
Totaaloppervlakte	16500	M2
Aantal hotelunits	206	Aantal
Aantal verdiepingen	10	Aantal
Bouwsom	30.000.000,-	Euro

Tabel 3 Kengetallen hotel Jakarta

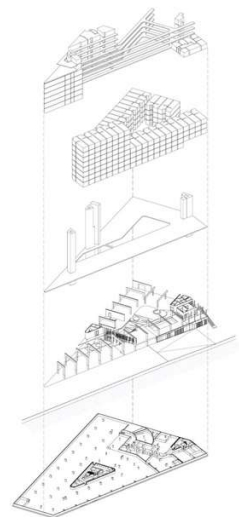


Figure 5 Hotel Jakarta opbouw



Figure 6 Egenes Park zuidgevel

3.3 Egenes Park – 2009

In 2003 werd Stravanger tot culturele hoofdstad van Europa. Deze plaats in Noorwegen heeft de hoogste concentratie houten huizen van Europa. Hierdoor werd een vijf jarig onderzoek naar houtbouw in Stravanger gestart. Egenes Park, ontworpen door het Nederlands architectenbureau Onix, is het grootste van alle houtbouwprojecten dat dit onderzoek teweegbracht.

Materialen

Egenes Park telt 56 woning die gemiddeld 80m² oppervlakte beslaan. De noordzijde telt vijf verdieping en loopt terug tot twee verdiepingen in de zuidgevel om aansluiting te vinden bij de laagbouw die in het zuiden ligt. De speciale vorm van het dak is geïnspireerd door Noorse Architectuur langs de kuststreken. Dit dak dient tevens als een hul om de noordzijde van het gebouw, onder de zwart houten afwerking hiervan zit een dikke isolatie laag met minerale wol. Aan de zuidzijde is de gevelbekleding van lichter hout, hierdoor wordt de entree en de publiek functie van deze zijde extra benadrukt (Anda, 2013).

De wanden en vloeren van de lift en parkeergarage zijn de enige delen van het gebouw die uit beton bestaan. De 'lagere verdiepingen' zijn opgetrokken uit gestapelde CLT-wanden (vijf laags) en vloeren (zeven laags), en de hoogste verdiepingen bestaan uit een open constructie van GLULAM balken. Voor bepaalde delen kon ook HSB worden toegepast. Hiervoor was dan geen stabiliserende wand nodig en HSB is goedkoper dan CLT. Ook de traphuizen zijn van CLT, en zijn net als alle andere constructieve houtelementen in het gebouw getest op 60 minuten brandwerendheid (6.2 Egenes Park, 2015).

Passief bouwen en kosten

Naast dat het esthetisch goed oogt en past bij de Noorse architectuur is de donkergekleurde houten overkapping die de Noordzijde van het gebouw ook van waarde voor het 'passief bouwen' concept dat wordt toegepast. Het subdoel van de architecten was om de hoge energie efficiëntie waardes die gehaald kunnen worden met hout te bewijzen met Egenes Park. Het toepassen van passief bouwen kostte ruim een miljoen euro, wat 5.4 procent is van de totale kosten van een kleine 20 miljoen euro. Het bouwteam schat daarnaast zelf in dat de kosten 20 procent duurder zijn uitgevallen dan bij traditionele bouw.

Project Eigenschap	Hoeveelheid	Eenheid
Totaaloppervlakte	2420	M ²
Aantal woningen	Ca 56	Aantal
Aantal verdiepingen	5	Aantal
Totaal Volume materiaal	8500	M ³
Kosten	19.820.419,-	euro

Tabel 4 Kengetallen Egenes Park



Figure 7 Egenes Park Oostzijde



Figure 8 Villa Driemond

2.4 VILLA DRIEMOND – 2015

Narrativa architecten heeft voor een gezin met twee kinderen een villa ontworpen in Driemond, gelegen aan de rand van Amsterdam. Het gezin woonde voor het intrekken in een klein appartement in Amsterdam en vond dat het tijd werd voor een gezond, ruim en mooi huis om verder in te leven.

Materialen

Voor de villa in Driemond zijn zoveel mogelijk biobased materialen toegepast. Binnen de gevelafwerking is voor een afwisseling tussen hout en stucwerk gekozen om het architectonische concept te ondersteunen.

Het dak is bedekt met een open gevelbekleding van 18mm WaxedWood. Verder zit er cellulose inblaas isolatie in en wordt het geheel ondersteund door een houten gordingen constructie. Voor de folies is EPDM folie en combinatie met damp open folie gebruikt. Het plaatmateriaal is van OSB en voor de plafond afwerking is een stucplaat gebruikt.

De wanden worden ook opgetrokken uit biobased materiaal. Het voor de constructie is het hout skeletbouw principe toegepast. De wanden worden daarom met twee lagen geïsoleerd: een homeotherm UD-q11 waterbestendige houtvezel plaat en daarachter cellulose inblaas isolatie. De wand afwerking bestaat uit stucwerk of uit hetzelfde open WaxedWood systeem als het dak (Shai van Vlijmen , 2015).



Figure 9 Aanzichten Villa Driemond

Project Eigenschap	Hoeveelheid	Eenheid
Totaal oppervlakte	195	M2
Aantal woningen	1	Aantal
Aantal verdiepingen	1	Aantal
Totaal Volume materiaal	8500	M3
Totale kosten	395.000,-	Euro

Tabel 5 Kentgetallen villa Driemond

4. ANALYSE REFERENTIE PROJECTEN

Dit hoofdstuk gaat in op deelvragen twee tot en met vijf. De referentie projecten van het hoofdstuk hiervoor zijn onder de loep genomen in bijlage 4: 'analyse referentie projecten'. Voor deze bijlage zijn de hoofdelementen van een bouwwerk opgenomen in een checklist en wordt er per referentieproject gekeken van welk materiaal dit bouwdeel gemaakt is en of dat biobased is.

De uitkomst hiervan is belangrijk voor de start van het herontwerp. Naar verwachting zullen de referentie projecten enige overeenkomsten tonen binnen hun materiaal gebruik. Zowel in de onderdelen die wel, en juist niet uitgevoerd worden in biobased materiaal. In het geval dat de onderdelen uit een ander soort materiaal bestaan dan biobased materiaal wordt in een kort vervolg onderzoek om te kijken er niet toch een biobased vervanger voor bestaat.

4.1 ANALYSE CHECKLIST

De opzet voor de checklist is simpel maar doeltreffend. De projecten worden beoordeeld per bouwlaag. Het onderscheid in bouwlagen is gemaakt omdat bouwlagen vaak verschillen van materialen. Dit heeft uiteenlopende redenen die waarschijnlijk niet allemaal zijn opgenomen. Per bouwlaag kan namelijk het volgende verschillen:

- Functie
- Constructief benodigde krachtopname
- Blootstelling aan omgeving
- Architectonisch doel

Vervolgens is er per bouwlaag weer onderscheid gemaakt tussen isolatie, constructie, folies en binnen- en buitengevelafwerking. Vanwege dezelfde bovengenoemde redenen. Daarnaast is er nog een korte sectie 'overige' opgenomen, hierin staan de kozijnen, liften etc. Met deze checklist worden deelvraag twee en drie beantwoord.

4.2 UITKOMST CHECKLIST

Omdat middels deskresearch en niet beantwoorde mails niet alle onderdelen per referentieproject ingevuld kunnen worden is er voor gekozen om ze in de uitkomst niet individueel te beschouwen maar een nieuwe checklist in te vullen met de gegeven van alle referentie projecten bij elkaar. Deze checklist is te zien op de volgende pagina in tabel 6. Onder tabel 6 staan de bevindingen opgesomd. Het extra uitgangspunt vanuit de praktijk voor het herontwerp is hierop gebaseerd:

Alle bouwonderdelen vanaf de begane grond, die in de checklist zijn opgenomen, uitvoeren in biobased materiaal. Dit omvat dus alles uit tabel 6, exclusief begane grond vloer, kelder en toebehoren.

Bouw Onderdeel	Geschikt	Materiaal Ref	Ref Project
Fundatie	Nee	Beton	Jakarta, Egenes, IEWAN
Kelder vloer Constr	Nee	Beton	Jakarta, Egenes
Kelder vloer Iso	Onbekend		
Kelder vloer Folie	Onbekend		
Kelder vloer Afw	Nee	Beton	Jakarta
Kelder wand Afw Bi	Onbekend		
Kelder wand Constr	Nee	Beton	Jakarta, Egenes
Kelder wand Iso	Onbekend		
Kelder wand Folie	Onbekend		
Kelder wand Afw Bui	Onbekend		
BG Constr Systeem	Nee	Beton, klkzs,	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond
BG-vloer Constr	Nee	Beton	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond
BG-vloer Iso	Nee	Steenwol	IEWAN
BG-vloer Folie	Onbekend		
BG-vloer Afw	Ja	Hout, bamboe	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond
BG wand Constr	Ja	CLT, GLULAM, HSB	Egenes, Driemond
BG wand Iso	Ja	Cellulose, stro	IEWAN, Driemond
BG wand Folie	Ja	Geen	IEWAN
BG wand Afw	Ja	Hout, bamboe	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond
V1 Constr Systeem	Ja	CLT, GLULAM, HSB	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond
V1 vloer Constr	Ja	CLT	Jakarta, Egenes
V1 vloer Iso	Ja	EcoPearls	Driemond
V1 vloer Folie	Onbekend		
Dak Constr Systeem	Ja	CLT, GLULAM, HSB	
Dak Constr	Ja	CLT, GLULAM, HSB	
Dak Iso	Ja	Cellulose	Driemond
Dak Folie	Onbekend	-	
Dak afwr	Ja	Hout	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond
Deuren	Ja	Hout	Egenes IEWAN, Driemond
Kozijnen	Ja	Hout	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond
Overig (galerij toegang)	Ja	Hardhout	IEWAN
Liften	Nee	Beton	Jakarta, Egenes

Tabel 6 Analyse referentie projecten bijlage 4

1. De lageregelegen delen van een bouwwerk lijken minder geschikt voor het toepassen van biobased materiaal. Het is aannemelijk dat zo is vanwege de kracht afdragende functie. De fundatie, kelder en begane grond worden het meest belast en staan vaak (deels) onder het maaiveld. De combinatie staal en beton is sterker dan GLULAM of CLT, tevens is het bekend dat met de juiste dimensionering en uitharding het bestand is tegen water en chemicaliën. Vanwege de positie (deels) in het maaiveld wordt daarom waarschijnlijk voor staal en beton gekozen.
2. Kunnen bouwfolies van biobased materiaal gemaakt worden?
3. Isolatiemateriaal in vloeren is in mindere mate biobased uitgevoerd, misschien vanwege de drukvastheid die gewenst wordt voor deze toepassing? Nagaan hoeveel verschillende soorten hiervan zijn en welke dimensionering.
4. In de grote houten projecten, Egenes en Jakarta, is er ook nog een cementdekvloer gebruikt. Dit is gedaan vanwege de akoestische verbetering die dit oplevert.
5. Liften worden niet in CLT uitgevoerd. Het boek Solidwood spreekt van een stabiliserende factor hierdoor bij project Egenes Park. Hotel Jakarta geeft geen reden voor het uitvoeren van de liftschacht in beton.
6. Gebruikte gevelmaterialen variëren weinig. Hout, Glas, en Leemstuc, waarvan alleen hout een biobased materiaal is. Zijn er veel andere mogelijkheden voor de biobased gevelafwerking van een bouwwerk?

4.3 GRAAD VAN BIOBASED BOUWEN

Deze paragraaf is gewijd aan deelvraag vier: in welke mate zijn de referentieprojecten biobased uitgevoerd? Deelvraag vier is opgezet om handvaten te bieden aan de diepgang van het herontwerp. Als er een bepaald gemiddelde gevonden kan worden in de 'mate van biobasedheid' waarmee de referentieprojecten zijn gerealiseerd kan het herontwerp hier aan getoetst worden. Dit toetsen is van belang om te bekijken welke resultaten behaald zijn met het herontwerpen.

4.3.1 Bestaande toets modellen

Er zijn tot dusver geen bestaande beoordelingssystemen gevonden die de uitkomst van een bepaalde mate/graad van biobasedheid van een bouwwerk berekenen*¹. (J. BAUSSET & A.-S. HERVIEUX, IAR cluster, 2016). Het ontbreken van een eenduidige, objectieve meetmethode kan een grote rol spelen in de trage transitie naar bouwen met biobased materialen. Bij het uitkomen van een beoordelingsmethode over de losmaakbaarheid van bouwonderdelen reageerde de directrice van de Dutch Green Building Council namelijk zeer enthousiast: "Met deze meetmethode ontstaat er een prikkel in de markt om op losmaakbaarheid aantoonbaar concurrerend te zijn. Daar is de circulaire bouweconomie erg bij gebaat." (DGBC, 2019) Het effect van een beoordelingsmethode op transitie binnen bouwmethodes zou nader onderzocht kunnen worden.

Duurzaam bouwen omvat meer dan alleen biobased materialen toepassen. (rijksoverheid, 2020) Er worden weldegelijk veel verschillende rekentools aangeboden die naast het materiaal gebruik, zaken als energieverbruik, bouwmethoden, gebruikerskwaliteit en toekomstwaarde in de beoordeling meenemen. (greenworksacademy, sd) Bijvoorbeeld GPR, GreenCalc+ of BREEAM-NL.

Referentie projecten

De grote referentieprojecten stellen hoge duurzaamheidseisen die vervolgens meetbaar zijn. Dit kan volgens boven genoemde en andere toetsingsmethoden. Zoals hotel Jakarta heeft gedaan. Het hotel in Amsterdam heeft een BREEAM EXCELLENT score (Search, 2018) en Egenes Park heeft navolgbaar doel gezet om 74kWh/m² per jaar te verbruiken. (6.2 Egenes Park, 2015) Het gemiddelde verbruik in Europa is 220kWh/m² (Didier Bosseboeuf, 2010)

Een BREEAM certificering kost minimaal 648,75 euro en Egenes park heeft 10.67miljoen euro geïnvesteerd in het energiezuinig maken van het gebouw. (arkitektur, 2013) Deze prestatie doelen en certificeringen staan in schril contrast met de twee kleinere projecten welke naar eigen zeggen niet eens de in Nederland verplichte*² MPG berekening uitvoeren. Dit komt naar alle waarschijnlijkheid wel vaker voor. Zo moet ook architect Boris Zeisser tijdens een Webinar (i.v.m. Corona) van vaktijdschrift Houtwereld, in het bijzijn van directeur van de Nationale Milieu Database, bekennen dat hij de MPG berekening 'niet vaak toepast'. (Zeisser, 2020)

*¹ NOOT: Op basis van deskresearch en contact met enkele architecten voor 06-03-2020, artikel van Agrobio bevestigd dit in 2016.

* ²NOOT: De MPG calculatie is voor nieuwbouw projecten met meer dan 100m² vloeroppervlak in Nederland verplicht. Middels mail contact is vastgesteld dat zowel project IEWAN als Villa Driemond geen MPG berekeningen hebben uitgevoerd.

Meetmethode biobased wonen

Omdat de bestaande meetmethoden per project uiteenlopen of uberhaupt niet toegepast zijn is het niet mogelijk om de projecten hiermee te vergelijken. Ook bemoeilijkt dit het toekennen van een bepaalde waarde van biobasedheid per project. De enige beschikbare meetmethode is de voor dit onderzoek opgestelde checklist. Er is besloten dat de informatie die daarvoor beschikbaar is kwantitatief niet voldoende is om een oordeel te vellen op het gebied van materiaal toepassing. Daarom is het toekennen van een graad van biobased bouwen niet opgenomen in het onderzoek.

Wel moet vermeld worden dat hoewel de MPG berekening nu blijkbaar nog minder wordt toegepast dan zou moeten, namelijk verplicht bij ieder bouwproject van 100m² of meer, is de verwachting dat deze methode wel een grote rol gaat spelen binnen de transitie van traditionele bouw naar biobased bouwen. (Rijksoverheid , 2019). Deze methode zijn succes valt of staat met het aanleveren van gegevens aan de Nationale Milieu Database (milieudatabase, sd).

5. TOEPASSEN OP THEATERWONEN

Dit hoofdstuk is opgezet ten bate van deelvraag zes: hoe zien de biobased materialen eruit binnen een herontwerp van Theaterwonen? Met de kennis die is verzameld door het beantwoorden van de eerdere deelvragen in combinatie met eisen van de gemeente, de opdrachtgever en het huidige ontwerp van Theaterwonen zijn de volgende uitgangspunten voor het herontwerp opgesteld in de vorm van een Programma van Eisen (PVE):

PVE

Eisen gemeente Lelystad: (Gemeente Lelystad, 2018)	Eisen SKAUIP architecten	Eisen opdrachtgever	Eisen vanuit Onderzoek
Maximaal 50 appartementen	Eenduidige architectuur	50 appartementen	Alle bouwonderdelen vanaf de begane grond, die in de checklist zijn opgenomen, uitvoeren in biobased materiaal. Dit omvat dus alles uit de tabel exclusief begane grond vloer en toebehoren en kelder en toebehoren.
Maximale nokhoogte minimaal 3m lager dan het Theater (+21.5m)	Consistentie in de ontwerpprincipes	Voor het lagere huursegment bedoelt	
Zijde direct naast het theater minimaal 4m later dan het theater (+13m)	Rustige kleurenpalet		
Pandsgewijze uitstraling van het gebouw	Betaalbaar		
Afwisseling in de vorm, hoogte en diepteligging.			

Tabel 7 PVE Herontwerp Theaterwonen

4.1 INITIËLE ONTWERP THEATERWONEN

Het huidige ontwerp van SKAUP architecten zal kort worden toegelicht ten bate van inzicht voor het herontwerp. Het project bestaat uit het realiseren van 50 appartementen die binnen het bestemmingsplan 'Theaterkwartier' van de gemeente Lelystad vallen. Het gaat om een kavel die omsloten wordt door de Agorabaan en de Agoraweg. Figuur 10 en 11 geven een beeld van de kavel en wat de gemeente voor ogen heeft.



Figure 10 Bouwkavel Theaterwonen



Figure 11 Impressie invulling kavel door Gemeente Lelystad

SKAUP architecten geeft met simpele illustraties in figuur 12 doeltreffend aan dat het voldoet aan de eisen van de gemeente en wat de achterliggende gedachte van het ontwerp is. Er wordt ingespeeld op de impressie van de Gemeente Lelystad door de hoekige vorm van de kavel te benadrukken met de bebouwing. Kwaliteit en wooncomfort wordt geboden door het toepassen van zogenaamde doorzonwoningen aan beide zijden van het gebouw. Alle illustraties dienden ter ondersteuning van een presentatie die gegeven is door SKAUP architecten aan de belanghebbenden. Gemeente en opdrachtgever zijn hiermee akkoord gegaan. Dit geeft ook aan dat het initiële plan ontwerp van SKAUP voldoet aan de criteria die de praktijk stelt aan het ontwerp.

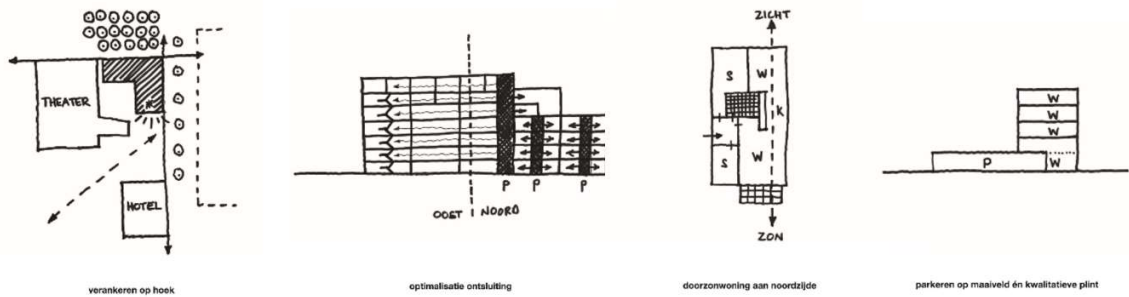


Figure 13 Illustraties van SKAUP architecten

In figuur 14 is de pandsgewijze uitstraling zichtbaar terwijl het gebouw nog wel één geheel vormt door het overeenkomstig gevelmateriaal en opening systeem. Dit pandsgewijze uiterlijk staat los van de indeling zichtbaar in figuur 13. Het gevelmetselwerk verandert namelijk sporadisch na het passeren van de woning scheidende wand. Dit is gedaan vanwege de voordelen in de bouwknopen die het oplevert.

Relatie herontwerp en initieel ontwerp

Zoals in het theoretisch kader wordt aangegeven en onder het mom van een herontwerp zullen de ontsluitingsprincipes en de begane grond en parkeergelegenheid indelingen worden overgenomen in het herontwerp. Hierdoor wordt namelijk getest wat de belemmeringen zijn van biobased materiaal ten opzichte van traditioneel materiaal.

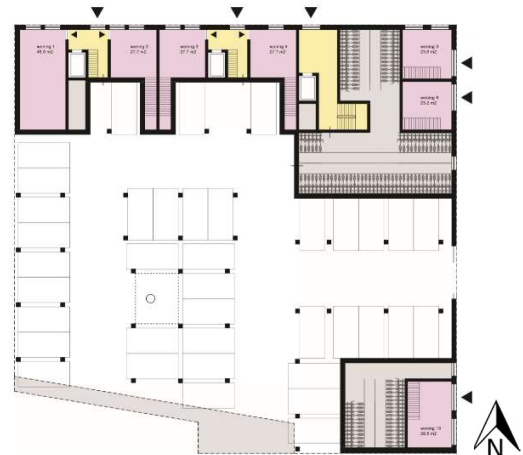


Figure 15 Plattegrond begane grond Theaterwonen



Figure 14 Impressie Theaterwonen SKAUP architecten

4.2 HERONTWERP THEATERWONEN

Concept Biobased Theaterwonen (BBTW)

Het concept van het herontwerp is gebaseerd op het tonen van de mogelijkheden met biobased materiaal. Naar aanleiding van de eis van de gemeente om een pandsgewijze uitstraling te geven aan het appartementencomplex is het idee gevormd om per gevel een verschillend biobased materiaal als afwerking toe te passen. Vervolgens is er gezocht naar een manier om het meest veelzijdige biobased materiaal de eer toe te kennen die het verdient. Hiervoor is gekeken naar bestaande architectonische werken in Amsterdam.



Figure 20 Prins en Keizer - Architect Dam en Partners



Figure 18 Carlton Hotel - Architect Gerrit Jan Rutgers



Figure 16 A'DAM Toren - Architect Arthur Staal



Figure 19 Wibautstraat - Architecten De Geus en Ingwersen



Figure 17 Stadhouderskade 7 - Architect Kuipers

De bovenstaande figuren staan allemaal op een over gedimensioneerde draagstructuur van beton. Hierdoor oogt het gebouw solide en vanaf de plint massief. Tegelijk biedt deze opzet ruimte voor een levendige, transparante plint die het gebouw toegankelijk maakt voor passanten. Hetzelfde principe toepassen, maar dan met hout als dragend materiaal, kan de kracht van hout weergeven en als 'drager' van het biobased bouwen functioneren. Dat hout de drager is van het biobased bouwen wordt op letterlijke wijze vertaald in het herontwerp. Een houten draagstructuur zal een pandsgewijze samenstelling van biobased gevels dragen. Dit concept is uitgewerkt in de eerste schetsen die zichtbaar zijn in figuur 18 en 19.



Figure 22 Perspectief concept BBTW vanaf Agora baan

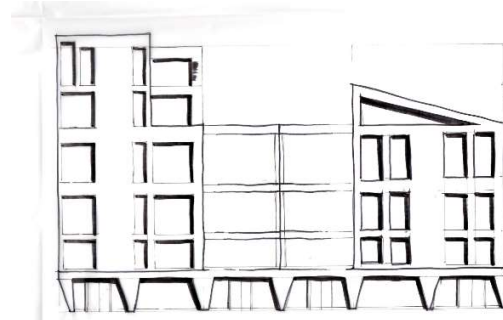


Figure 21 Noordgevel BBTW

Om de vormgeving van de individuele panden te bepalen is een tweede concept toegepast: referenties naar authentieke Nederlandse architectuur, oude biobased bouwmethoden en hedendaagse vooruitstrevende duurzame projecten. In figuur 23 zijn de vijf individuele gevels weergegeven. Met ieder hun eigen referentie.

Figure 23 Verzameling gevel referenties TW BB



Gevel 5

Referentie naar 'form follows function'. Aan dit ontwerp principe danken de vele pakhuizen in Nederland en maken tegenwoordig deel uit van de karakteristieke Nederlands Architectuur.

Gevel 4

Referentie naar de houten chaletbouw in de Alpen. De oostelijk gelegen Europese landen en Scandinavië zijn nooit afgeweken van de traditionele bouwmethodes met hout.

Gevel 1

Referentie naar de Amsterdamse school. Hierin worden vaak torenachtige vormen toegepast op de hoekpunten van een gebouw

Gevel 2

Referentie naar het gebouw HAUT dat ontwikkeld wordt in Amsterdam. Een vooruitstrevende hybride houten hoogbouw project.

Gevel 3

Referentie naar de Japanse bouwstijl van deze tijd. In Japan staat het oudste houten bouwwerk ter wereld, de Hōryū-ji Tempel

De Gevelstudie

De ontwerpprincipes van de referentie afbeeldingen worden op een minimalistische manier verwerkt in iedere gevel. Vervolgens zijn de gevels samengevoegd en is de draagstructuur ontworpen zoals gebeurt in figuur 24. Tijdens dit ontwerp proces is constant getoetst of de ontwerpen wel uitgevoerd kunnen worden met biobased materiaal. De bevindingen hiervan zijn opgenomen in het volgende hoofdstuk.

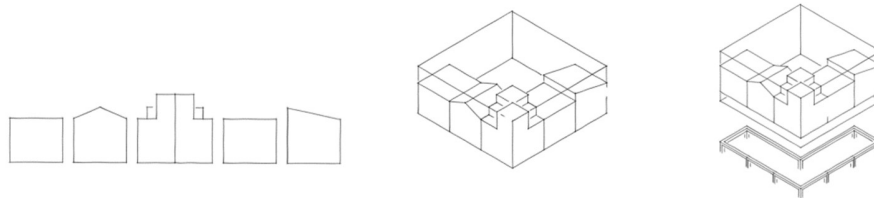


Figure 24 Illustraties van het ontwerp principe

De uitkomst na het samenvoegen zijn de eerste gevelaanzichten van de Noord en Oost gevel van het gebouw. Met deze gevelaanzichten, zichtbaar in figuur 25 en 26, is vervolgens een gevelstudie uitgevoerd.



Figure 25 Oostgevel BBTW

Figure 26 Noordgevel BBTW

Dit iteratieve proces is niet opgenomen in dit verslag vanwege de grote omvang. In het kort: er is gekozen om de referenties nog subtieler te maken. Zo zijn de kenmerkende balkons van een chaletwoning vrij vervangen door Franse balkons met een doorlopende balustrade ervoor. Hierdoor wordt het gevelbeeld vlak getrokken wat voor rust en eenheid zorgt. In gevel drie is hetzelfde gedaan met het zadeldak en verschil in gevelmateriaal. De stippellijnen in gevel drie van figuur 28 geeft aan dat hier een verandering is in de ruimte tussen de houten gevel afwerking. De openingen zijn met een eenduidige structuur gepositioneerd en laten af en toe het materiaal van de plint terug keren. De plint zelf zet in een valse variant van de gevelafwerking deze kleur door tot aan het maaiveld en wordt verticaal onderbroken waardoor de pandsgewijze uitstraling duidelijker wordt.

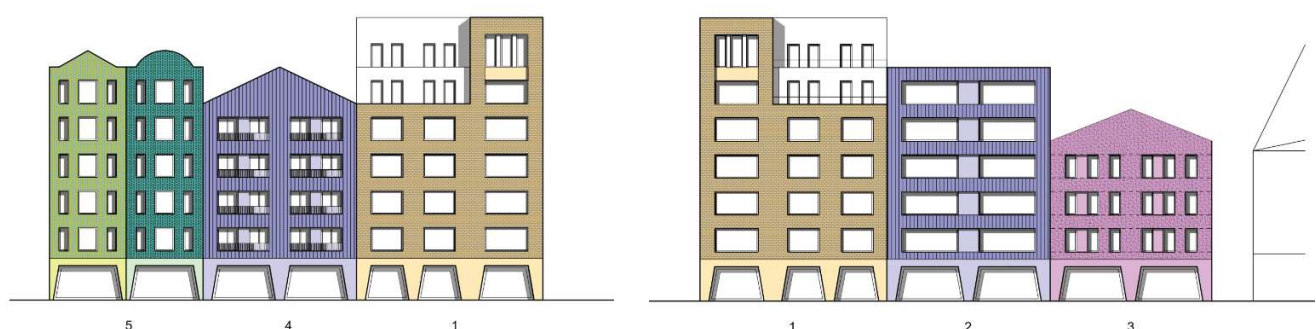


Figure 28 Oostgevel BBTW 2

Figure 27 Noordgevel BBTW 2



Figure 29 Impressie perspectief BBTW



Figure 30 Impressie Noordgevel BBTW



Figure 31 Impressie perspectief Oostgevel BBTW

4.3 BEVINDINGEN HERONTWERP MET BIOBASED MATERIAAL

Deze paragraaf is opgezet ten bate van deelvraag zes. Deze vraag luidt: 'hoe zien de biobased materialen eruit binnen een herontwerp van Theaterwonen?' Wat met 'de biobased materialen' wordt bedoelt is hiervoor in paragraaf 4.2 vastgesteld. Namelijk: 'Alle bouwonderdelen vanaf de begane grond, die in de checklist zijn opgenomen, uitvoeren in biobased materiaal. Dit omvat dus alles uit de tabel exclusief begane grond vloer, kelder en toebehoren.'

Keuze constructie

Hoewel men zich door te bouwen met biobased materiaal aardig beperkt in het aantal beschikbare constructie methodes blijven er enkele keuzes over. Voor de constructie van middelhoog woninggebouw zijn er de volgende opties gevonden binnen het toepassen van bewerkt hout:

- **CLT:** Dit is een afkorting voor Cross Laminated Timber, wat in het Nederlands staat voor 'kruislaag hout' (Joostdevree, sd). Hierbij worden meerdere lagen hout kruislings met elkaar verlijmd waardoor het een homogeen product wordt dat in meerdere richtingen draagkrachtig is. Het bouwen met CLT leidt vaak tot een vorm van montagebouw. Hierbij is prefab in een grote mate mogelijk.
- **LVL:** Staat voor Laminated Vineer Lumber, ook hierbij wordt hout in meerdere lagen gestapeld en verlijmd. LVL maakt echter meer gebruik van de dimensionering van het hout en creëert daarmee balken en vloeren die tot 20 meter kunnen overspannen. (Houtwereld, 2019)
- **GLULAM:** Hiermee worden Glue Laminated timber producten bedoelt. Bij dit proces worden gelamineerde stukken hout met elkaar verlijmd tot 'massieve' liggers en kolommen. Het voordeel van Glulam is dat dit product ook gebogen en gedraaid aangeleverd kan worden en bij grote dimensionering grote krachten aankan.

De stramienlijnen waar de dragende wanden op liggen van het initiële ontwerp Theaterwonen liggen twee keer meer dan zes en een half meter uit elkaar. Op deze wanden moeten de vloeren rusten die in de breedte overspannen. Door het schuiven met de stramienlijnen is het gelukt om deze overspanning voor iedere vloer korter dan 6.5 meter te maken. Hierdoor is CLT beschikbaar als constructiemateriaal. Dat de voorkeur uitgaat naar CLT is vanwege de beschikbare referentiedetails, relatieve simpelheid van detaillering en hoeveelheid toepassing in soortgelijke projecten.

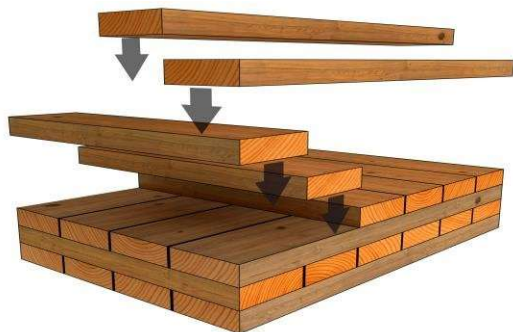


Figure 33 CLT opbouw principe



Figure 32 NABASCO 80180 plaatmateriaal

Gevelafwerking

Voor de vijf gevels die het project telt zijn verschillende (deels)biobased materialen gekozen. Voor gevel één zijn de pionierende mycelium bricks toegepast (Ilvy Bonnefin, 2017). Een leverancier hiervan is echter niet makkelijk vindbaar. Er kan daarom ook uitgeweken worden naar de voor 80% biobased BioLith steen strips (biomanson, 2020). Gevel twee, drie en vier zullen met verschillende soorten hout worden afgewerkt. Voor gevel vijf is het NABASCO plaatmateriaal gekozen van 82% biobased materiaal (NPSP, 2018). Dit plaatmateriaal kan gelijmd worden aan houten stijlen door middel van kit en tweezijdig klevende tape. Hiervoor is gezocht binnen de database van www.biobasedbouwen.nl, de catalogus biobased bouwen van de WUR en op www.icdubo.nl.

Ontwerp en detaillering constructie biobased Theaterwonen

Voor het ontwerp en detaillering van biobased Theaterwonen is gekozen om Gevel 5 uit te werken. De uitwerking is opgenomen in bijlage 1: uitwerking Gevel 5.* Deze gevel heeft namelijk interessante bouwknopen omdat het gebouw hier over de parkeerplaatsen heen loopt tussen stramienlijnen B en C. Ook ligt Gevel 5 niet ingesloten in het bouwwerk en sluit op stramien A de Oostgevel af. Hierdoor ontstaat een uitdaging in het oplossen van de ontworpen draagconstructie die hier zijn open structuur moet behouden.

Begane grond vloer

De begane grondvloer in combinatie met de fundering hoeft niet biobased uitgevoerd te worden. Volgens Andrew Waugh is dit een voordeel voor het bouwwerk omdat het relatief lage bouwgewicht van een houten gebouw op deze manier goed verankerd wordt. Hierdoor is het geheel stabiel en door de sterkere verbinding die hierdoor ontstaat dan bij hout op hout verbindingen. (maya) De fundering is daarom gemaakt van gewapend beton op betonnen funderingspalen. De begane grondvloer bestaat uit vrijdragende kanaalplaat vloeren. Deze zijn hol en daarmee wordt toch nog een aandeel beton bespaard.

Wanden begane grond

De uitkomst van de checklist in paragraaf 4.2 omschrijft geen verbindingselementen. Deze kunnen daarom in staal uitgevoerd worden. Bij pionierende houtbouwprojecten is het mogelijk om ook dit biobased te doen, zoals bij bijvoorbeeld het Tamedia Headquarters in Zurich. Voor dit project zijn de stalen verbindingen toegepast. Voor de draagstructuur is ter plaatste van stramien A een GLULAM constructie gebruikt. Deze is omwikkeld 100mm houtvezel isolatie. De overgang tussen de houtvezel isolatie op het FOAMglass dat toegepast is in de fundering zou moeten worden gecontroleerd door deskundigen van deze producten. Dit is te zien in detail DSA D04.

In detail DSA D07 zijn twee dragende CLT wanden op de fundering gezet. Deze zijn woning scheidend en daarom zit er een akoestische isolatielaag tussen van kokosvilt. Het vinden van deze biobased materialen is relatief simpel alleen het aanbod is minder breed. Daarnaast is het feit dat de akoestiek van het bouwwerk constant in acht genomen dient te worden een belemmering. Dit is omdat de CLT een laag eigengewicht heeft en daarom contact geluid goed geleid.

De wanden in DSA 07 liggen achter de voorgevel en zijn zichtbaar vanaf de parkeerplaats en de achterzijde van het gebouw. Er is voor de gehele achterzijde van het gebouw gekozen voor afwerking met verticale latten van Accoya hout. Aan de binnenkant is een afwerk laag van Ecobaard toegepast. Hierdoor kan het infrezen van leidingwerk uit het zicht onttrokken worden. Tevens biedt Ecobaard een extra laag brandveiligheid die wellicht de ruimte biedt om het CLT minder dik uit te voeren. (Ecobaard, 2017). Ecobaard biedt een oppervlakte geschikt voor iedere soort wand afwerking.

In detail DSB D04 is de aansluiting van het Accoya houten kozijn met vast glas zichtbaar. Op deze kozijnen zit een gegarandeerde levensduur van 50 jaar (accoya, 2018). Ook hier levert het bouwen met biobased materialen geen belemmeringen op.

Verdiepingsvloeren

Op basis van tabel 8 (crosstimbervstelsels, 2015) en de eis dat voor een vloer de draagbare belasting voor woningen 2nk is (Building Department, 2011) is gekozen voor verdiepingsvloeren van CLT van 200mm dik. De vloeren laten aan de onderkant het constructieve CLT in het zicht. Alleen vanwege om de brandveiligheid te verbeteren zou hier een afwerklaag of verlaagd plafond aan toegevoegd kunnen worden. Voor de akoestiek zou dit geen meerwaarde leveren (Adam de Wilde, 2018). Op de CLT draagvloer is met de CLT wanden

		Span of single - span beam								
Dead weight g/k*	Imposed load nk	3,00 m	3,50 m	4,00 m	4,50 m	5,00 m	5,50 m	6,00 m	6,50 m	7,00 m
1,00	1,00		80 L3	90 L3		120 L3	140 L5	160 L5/2	180 L5	
	2,00	80 L3	90 L3	100 L3	120 L3	120 L3			200 L5	220 L7/2
	2,80							180 L5		
	3,50	80 L3	90 L3	120 L3	120 L3	140 L5	160 L5/2		220 L7/2	240 L7/2
	4,00		100 L3					200 L5		
	5,00	90 L3	120 L3	120 L3	140 L5	160 L5/2				
1,50	1,00	80 L3	90 L3	100 L3	120 L3			180 L5	200 L5	220 L7/2
	2,00					140 L5	160 L5/2			
	2,80	80 L3		120 L3	120 L3			200 L5		
	3,50		100 L3						220 L7/2	240 L7/2
	4,00	90 L3			140 L5	160 L5/2				
	5,00	90 L3	120 L3	120 L3			180 L5	220 L7/2		

Tabel 8 Dimensionering CLT vloeren

verbonden door middel van stalen hoekijzers en platen. Tussen de wanden en vloeren liggen over de gehele lengte geluiddempende strips van kokosvilt. Deze zijn toegepast ten bate van het onderbreken van contact geluid tussen appartementen. Ook de zwevende dekvloer die op de CLT vloer ligt rust op deze verdikte kokos blokjes. De zwevende dekvloer is opgebouwd uit een CEMpanel met daarboven op een voorgestelde eikenhouten vloerafwerking (bewoners zijn vrij in de keuze van vloerafwerking). Of deze constructie voldoet aan de geluidseisen zou moeten worden nagegaan en kan opgelost worden door het toevoegen van plaatlagen of gewicht. Voor het toevoegen van gewicht is biobased materiaal niet geschikt omdat dit altijd relatief licht materiaal is. Zo is een cementdekvloer bijvoorbeeld 2300 kg/m³ (soortelijkgewicht, sd) en een Cempanel plaat 1400kg/m³ (Cempanel, 2020).

Wanden V1 en hoger

De wanden van verdieping één en hoger zijn weergegeven in details DSA D02 en DSB D01. Door het gebruik van biobased materialen kan het principe 'damp open' toegepast worden. Een voordeel hiervan is dat er een dampdichte laag folie weggelaten kan worden die niet biobased geleverd wordt. De wanden bestaan uit CLT variërend tussen 140mm dikte voor de dragende wanden en 100mm voor de niet dragende delen. Vervolgens is er een laag houtvezel isolatie toegepast. Daaroverheen zit een damp open folie EPDM, deze bestaat voor 70% uit biobased materiaal en is bestand tegen UV straling. Voor de afwerking is gekozen voor het biocomposiet materiaal Nabasco 8010 met een steenachtige uitstraling (NPSP, 2018) Voor de kozijnen in deze gevels zijn weer Accoya houten kozijnen toegepast.

*NOOT: vanaf hier tot aan het eind van het hoofdstuk wordt vaak verwezen naar de details die in deze bijlagen zijn opgenomen. Het is daarom aanbevolen om de bijlagen bij de hand te hebben tijdens het lezen van dit onderdeel van het verslag.

Plat dak

Voor het platte dak is net als bij de begane grond een overgang van een damp open naar damp dicht systeem. Dit is om vocht ophoping te voorkomen tussen het houtvezelisolatie materiaal en het CLT. Er is daarom een laag niet biobased PE folie tussen deze lagen toegevoegd. Er zou nog moeten worden nagegaan of er dan ook een laag PE folie aan de onderkant van het CLT zou moeten worden geplaatst met daaroverheen een plafondafwerking.

Overige

De liften en traphuizen zijn niet opgenomen in het bouwdeel achter gevel 5. Volgens de analyse uit hoofdstuk twee zouden deze uit beton gemaakt moeten worden. Andrew Waugh benoemt echter dat het ook mogelijk is om de liften en traphuizen in CLT uit te voeren. Hierdoor worden ingewikkelde knooppunten van beton op CLT aansluitingen voorkomen. Deze knopen zijn ingewikkeld omdat de uitzettingscoëfficiënt van hout en beton verschillen. Het gaat hierbij vooral om krimp bij een temperatuur stijging. Door de temperatuur stijging verliest hout een aandeel vocht en krimpt het (Centrum hout, 2013). Daarom moet er in de verbindingconstructie ruimte worden gegeven voor de werking van de materialen. Daarnaast hebben beide materialen een andere vochthuishouding waardoor Andrew Waugh prefereert om overal hout toe te passen (Waugh, 2015). Bij een verdere uitwerking van Theaterwonen zouden daarom ook de lift en het traphuis wanden met CLT ontworpen worden.

De spiltrap die als vluchtweg dient is in staal uitgevoerd. Dit is gedaan omdat over dimensionering van een trap moeilijk gaat en w

6. CONCLUSIE

Welke woningbouwprojecten van vergelijkbare omvang en/of complexiteit als de projecten van SKAUP zijn met biobased materiaal gerealiseerd?

Op basis van deskresearch is gebleken dat er nog maar weinig middelhoge woningbouw projecten zijn die biobased bouwen kiezen als ontwerpprincipe. Egenes Park en Hotel Jakarta zijn van groot formaat maar hebben de focus enkel op houtbouw liggen als het gaat om materiaal toepassing. Bij strobouwproject IEWAN zijn de draagstructuren van kalkzandsteen of beton. De draagconstructie van Villa Driemond bestaat uit HSB en is daarom niet geschikt voor middelhoogbouw projecten. Ondanks deze concessies zijn alle bovenstaande projecten met biobased materiaal gerealiseerd en kunnen daarom dienen ter referentie.

Welke onderdelen bestaan uit biobased materiaal, en welke niet?

De materialen van de referentie projecten zijn opgedeeld in bouwonderdelen. Van deze bouwonderdelen is gekeken welke biobased waren uitgevoerd en welke niet. Dit toonde aan dat de lagergelegen bouwdelen niet geschikt voor biobased materiaal. In het specifiek gaat het om de fundering, kelder en de begane grond vloer.

In welke mate zijn de projecten biobased uitgevoerd?

De mate van het percentage toegepaste biobased materialen is niet vastgesteld. Hiervoor bestaat nog geen eenduidige berekeningsmethode en er is te weinig informatie beschikbaar om hier conclusies over te trekken.

Welke onderdelen zijn geschikt en/of aantrekkelijk om te vervangen door Biobased materiaal bij het project Theaterwonen?

Voor het herontwerp van Theaterwonen is gekozen om alle onderdelen in biobased materiaal uit te voeren behalve de fundering en de begane grond vloer. Met name door het gewicht van de traditionele materialen wordt het gebouw hierdoor goed verankerd met de ondergrond.

Hoe zien de biobased materialen eruit binnen een herontwerp van Theaterwonen?

De materialen en het herontwerp inzichtelijk gemaakt doormiddel van drie A0 tekeningen die bijgevoegd zijn in bijlage 1.

Waarom wordt biobased bouwen in de praktijk niet vaker toegepast bij middelhoge woningbouw en wat kan hiervoor de oplossing zijn?

Het antwoord op deze vraag is niet met zekerheid te zeggen. Maar tijdens het vooronderzoek en het herontwerp zijn de volgende mogelijke redenen gevonden:

Houtbouw is nodig om een hoog percentage toegepaste biobased materialen van het gehele middelhoge bouwwerk te behalen. Hierdoor wordt een architect in zijn ontwerp al gelimiteerd tot de constructieve mogelijkheden van houtbouw. Door middel van het inpakken van de houten constructie zou deze aan het zicht onttrokken kunnen worden. Bij houtbouw is voor de detaillering met hout ter plaatse van het maaiveld, de akoestiek- en brandveiligheidseisen, extra aandacht nodig. De uitdagingen die hierdoor ontstaan zijn vaak goed op te lossen met traditionele materialen zoals water- en dampdichte folie, gipsplaten en beton.

Het toepassen van enkel biobased materialen levert nog meer beperkingen op. Er worden minder biobased gevelmaterialen aangeboden en ook de variatie in uitstraling hiervan is minder.

Het standaard opnemen van biobased bouwen in het programma van eisen voor middelhoge woningbouw projecten zou hiervoor een oplossing kunnen zijn.

DISCUSSIE

Hoewel de meerkosten van een houtbouw project niet zijn opgenomen spelen deze naar alle waarschijnlijkheid wel een rol in de transitie van traditionele bouw naar hout en/of biobased bouwen. Houtbouw wordt aan de hand van dit project geschat op 10 tot 20 procent meerkosten ten opzichte van traditioneel bouwen. (zie pagina 15, 18 en 20). Gezien het extra tijd voor onderzoek en ontwerpen die nodig is voor het toepassen van enkel biobased materialen zullen de kosten voor het behalen van dit doel alleen maar oplopen.

Daarnaast is er vastgesteld dat er tegenwoordig nog niet een objectieve meetmethode standaard wordt toegepast die enkel betrekking heeft op het materiaal gebruik van een gebouw. Er zou daarom onderzocht kunnen worden waarom bepaalde projecten geen MPG berekening uitvoeren. Daarnaast zou onderzoek gedaan kunnen worden naar de relatie tussen de meerkosten van een biobased herontwerp en wat dit oplevert in de MPG berekening.

LITERATUURLIJST

- 6.2 Egenes Park. (2015). In J. Mayo, *Solid Wood* (pp. 115-119). Oxon: Routledge.
- accoya. (2018, 04 07). Opgehaald van <https://www.accoya.com/nl/>
- Adam de Wilde . (2018). Opgehaald van <https://docplayer.nl/50598098-Houten-draagvloer-geluidsisolatie.html>
- Anda, P. (2013, 04 19). *Arkitektur* . Opgehaald van <https://www.arkitektur.no/egenes-park1>
- argro-chemie . (2015, 12 1). Opgehaald van <https://www.agro-chemie.nl/artikelen/fundering-van-biocomposiet/>
- arkitektur. (2013). Opgehaald van <https://www.arkitektur.no/egenes-park1>
- biomanson . (2020). Opgehaald van <https://www.biomason.com/product/biolith/>
- bpd. (2017, 03 17). Opgehaald van <https://www.bpd.nl/actueel/nieuws/10-tot-30-van-de-woningvraag-van-nederland-is-te-realiseren-in-de-bestaande-stad>
- Building Department . (2011). Opgehaald van <https://www.bd.gov.hk/doc/en/resources/codes-and-references/code-and-design-manuals/DIL2011e.pdf>
- cathamhouse. (2018, 6 13). Opgehaald van <https://reader.chathamhouse.org/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete#>
- Cempanel. (2020, 01 02). Opgehaald van biobasedbouwen:
<https://www.biobasedbouwen.nl/producten/cem-panel-cement-gebonden-houtvezelplaat/>
- Centrum hout. (2013, 12). Opgehaald van
https://www.houtinfo.nl/sites/default/files/Hout_Fysische_eigenschappen_dec2013_0.pdf
- crosstimbersystems . (2015). Opgehaald van https://www.crosstimbersystems.com/wp-content/uploads/2014/11/CTS_bros.pdf
- DGBC. (2019, 11 02). Opgehaald van <https://www.dgbc.nl/nieuws/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-nu-digitaal-beschikbaar-1746>
- Didier Bosseboeuf. (2010). Opgehaald van ec.europa.eu:
<https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/overall-indicator-brochure.pdf>
- Ecoboard. (2017). Opgehaald van <https://ecoboardinternational.com/ecoboard-standard-2/>

Ector, J. (2018). *Hoogtijd voor hout*. Opgehaald van architectenweb :
<https://architectenweb.nl/nieuws/artikel.aspx?ID=42340>

encyclo. (sd). Opgehaald van https://www.encyclo.nl/begrip/middelhoge_gebouwen

Gemeente Lelystad. (2018). *Beeldkwaliteit Theaterkwartier*. Lelystad. Opgehaald van
<https://ris2.ibabs.eu/Agenda/Details/Lelystad/5f723a1e-c3f0-4518-8ec5-26ad874cf973>

greenworksacadamy. (sd). Opgehaald van <https://www.greenworksacademy.nl/rekentools/>

GROENLINKS. (2020, 04). Opgehaald van
https://rotterdam.groenlinks.nl/sites/groenlinks.nl/files/downloads/newsarticle/04022020_Schriftelijke%20vragen%20Bouwen%20met%20hout%20heeft%20de%20toekomst.pdf

Hanze Innovate . (2016). Opgehaald van hanze.nl: <https://www.hanze.nl/assets/kc-noorderruimte/Documents/Public/NoorderRuimte-lunches/Presentatie%20Gert%20ter%20Haar%2028%20januari%202016.pdf>

Houtwereld . (2019, 10 7). Opgehaald van Metsawood: <https://www.houtwereld.nl/houtnieuws/nieuwe-sterkteklassen-ontwikkeld-voor-lvl/>

<https://www.accoya.com/nl/gebruiksfase/>. (2018). Opgehaald van
<https://www.accoya.com/nl/gebruiksfase/>

<https://www.breeam.nl/over-breeam/kosten-en-tarieven>. (2020, 02 07). Opgehaald van
<https://www.breeam.nl/over-breeam/kosten-en-tarieven>

IEWAN. (2019). Opgehaald van <https://www.iewan.nl/ecologisch/>

Iivy Bonnefin. (2017, 02 17). Opgehaald van <https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/emerging-materials-mycelium-brick>

J. BAUSSET & A.-S. HERVIEUX, IAR cluster. (2016). Opgehaald van agrobiobase:
<http://www.agrobiobase.com/en/article/bio-based-products-action-building-sector>

Jellema. (2011). Jellema. In J. K. M.W. Kamerling, *Jellema deel 9 - Bouwmethoden Utiliteitsbouw* (p. Draagconstructie I en II). ThiemeMeulenhoff .

Joostdevree . (sd). Opgehaald van joostdevree.nl: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/clt.shtml>

Kennisbank Biobasedbouwen . (-). Opgehaald van <https://www.biobasedbouwen.nl/definitie-biobased/>

Koets, R. (2012). *pure* . Opgehaald van hoogbouw met Cross Laminated Timber:
<https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/46911347/747606-1.pdf>

Marco vermeulen. (14-02-2019). *Zuid-Houtland*. Studio Marco Vermeulen i.s.m. Bouwcampus.

Mastenbroek, A. (2012). <https://www.youtube.com/watch?v=IJ9gpTFfY4g>.

maya, j. (sd). Solid Wood .

milieudatabase. (sd). Opgehaald van https://milieudatabase.nl/wp-content/uploads/2019/09/Flowchart_NMD_1-002.pdf

Ministerie BZK . (2020, 04 04). Opgehaald van woningmarktbeleid: <https://www.woningmarktbeleid.nl/onderwerpen/woningbouwimpuls>

newcraft. (sd). Opgehaald van <https://newcraft.be/clt-hout/brandwerendheid/>

NPSP. (2018). Opgehaald van <http://www.npsp.nl/oplossing.asp?ID=482>

NPSP. (2018). Opgehaald van <http://www.npsp.nl/oplossing.asp?ID=482>

Oever, J. v. (2012). *Catalogus Biobased Bouwmaterialen* .

ourworld in data . (2017, 04). Opgehaald van <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Patrick Fleming, S. S. (2014). *cambridge* . Opgehaald van <https://www.cambridge.org/core/journals/arq-architectural-research-quarterly/article/measuringup-in-timber-a-critical-perspective-on-mid-and-highrise-timber-building-design/77F1AC9CF855BE6EB672803A8ED84561>

Rijksoverheid . (2016). Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/nederland-circulair-in-2050>

Rijksoverheid . (2019). Opgehaald van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/milieuprestatie-gebouwen>

rijksoverheid. (2019, 11 15). Opgehaald van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0507-herkomst-stikstofdepositie>

rijksoverheid. (2020). Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzaam-bouwen-en-verbouwen/duurzaam-bouwen>

(2012). *schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied* . Deltares. Opgehaald van https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=2ahUKEwjVqMbxzO_oAhUfwAIHHTszCyQQFjAFegQIBhAB&url=https%3A%2F%2Fruimtelijkeadaptatie.nl%2Fpublish%2Fpages%2F115023%2Fschades_door_watertekorten_en_-_overschotten_in_stedelijk_gebied_2_2.pdf

search. (2013-2018). Opgehaald van <https://search.nl/search/hotel#!content/hotel-jakarta>

Search. (2018). Opgehaald van <https://www.search.nl/#!content/hotel-jakarta>

Shai van Vlijmen . (2015). Opgehaald van <https://www.biobasedbouwen.nl/wp-content/uploads/2017/03/Biobased-architectuur-echte-duurzaamheid-NarrativA-architecten.pdf>

soortelijkgewicht. (sd). Opgehaald van <http://www.soortelijkgewicht.com/vaste-stoffen/beton>

Stedenbouw. (2018, 08 14). Opgehaald van <https://www.stedenbouw.nl/artikel/hout-speelt-de-hoofdrol-in-nieuwbouw-hotel-jakarta-amsterdam/>

TTJ. (2020, 04). Opgehaald van <http://www.ttjonline.com/news/french-government-to-require-50-timber-in-all-new-public-buildings-from-2022-7759925>

Vroom. (2016, 02 17). Opgehaald van <https://www.vroom.nl/nl/newsitems/546-hotel-jakarta-amsterdam>

Waugh, A. (2015). In J. Maya, *Solid wood* (p. 345). Routledge.

waugh, a. (2019, 10 18). Houtbouwers. (VPRO, Interviewer)

Zeisser, B. (2020, 04 02). Houtbouw: voordelen en feiten. (J. M. Schouten, Interviewer)

BEGRIPPENLIJST

Beroepsproduct: 'een product gerealiseerd door de student van hetzelfde niveau als in de praktijk.' ~ een initiatief vanuit de Hanze Hogeschool dat als vervanging van de scriptie moet volstaan.

Biomassa: Biomassa is materiaal van biologische oorsprong exclusief materiaal uit geologische afzettingen en/of gefossiliseerd materiaal

Biobased: Afkomstig van biomassa, kan wel fysisch, chemisch of biologisch zijn behandeld.

Theaterwonen: Middelhoog woningbouwproject project te Lelystad van SKAUP-architecten.

Passief bouwen: manier van bouwen die door middel van gevel (opening) oriëntatie, (WTW) installaties en isolatie een energie verbruik onder de 15kW/h/m² per jaar realiseert.

Traditioneel bouwen: ook wel stapelbouw genoemd. Bij stapelbouw worden de dragende constructies uitgevoerd in metselwerk of lijmwerk. Hiervoor gebruikt men grotere blokken zoals kalkzandsteen- en gasbetonsteen. Voor de vloeren gebruikt men meestal betonvloersystemen zoals PS combinatievloeren, kanaalplaatvloeren en breedplaatvloeren. Bij de stapelbouw worden beperkt prefab onderdelen gebruikt en is er veel arbeid op de bouwplaats.

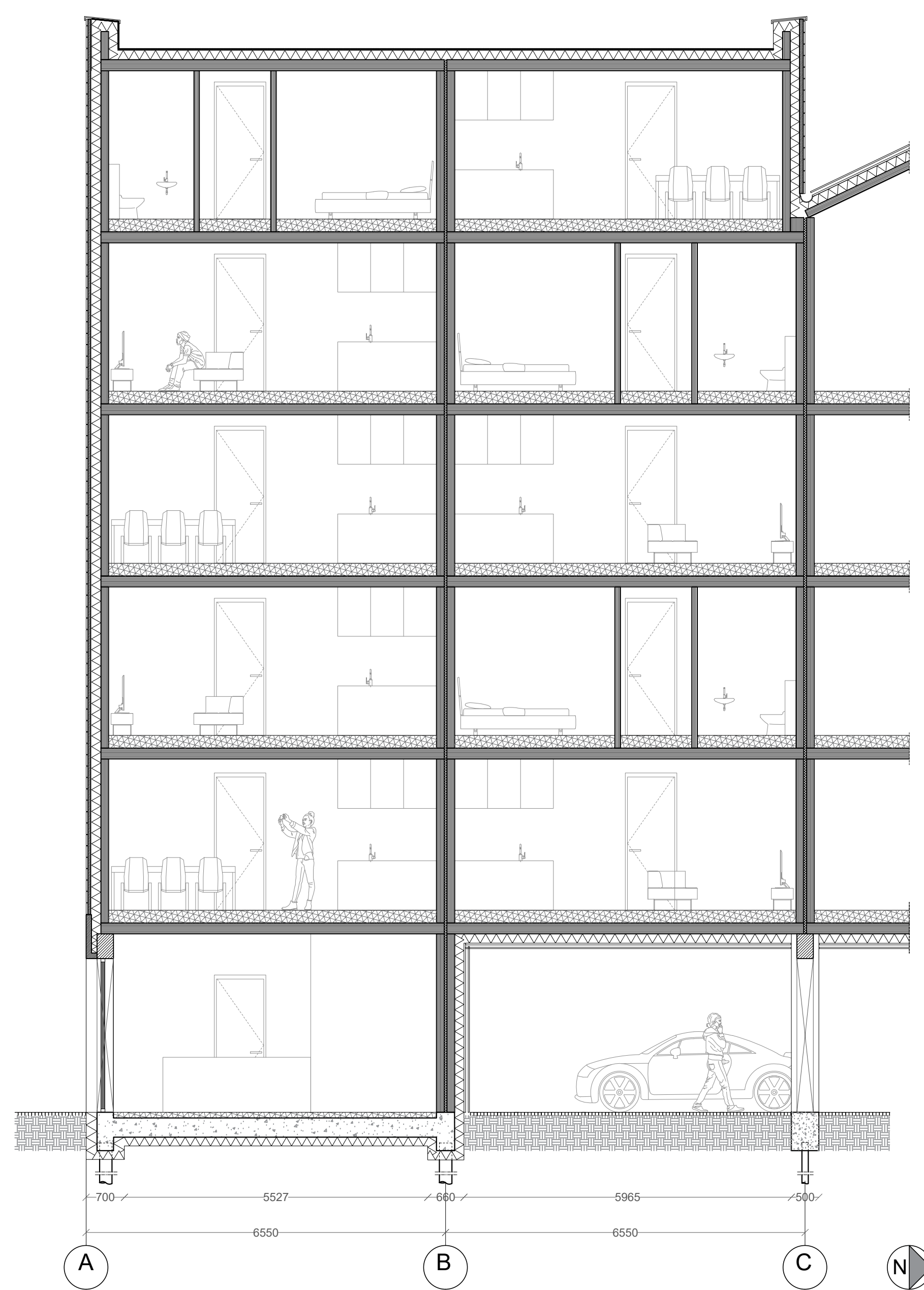
Woonstraks: projectontwikkelaar waarmee SKAUP architecten samenwerkt aan de ontwikkeling van Theaterwonen te Lelystad.

BIJLAGEN

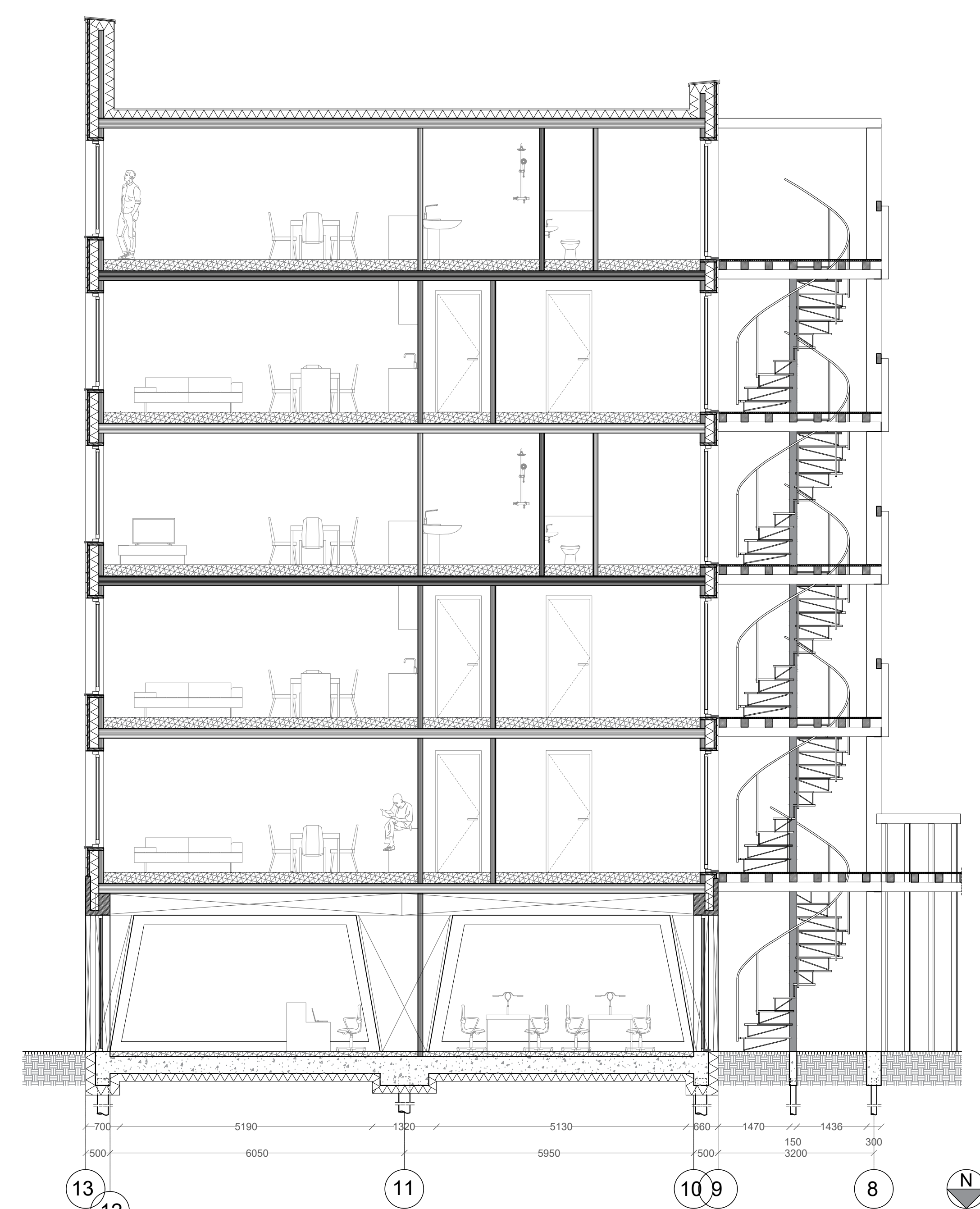
BIJLAGE 1.	A0 TEKENINGEN UITWERKING GEVEL 5
BIJLAGE 2.	ANALYSE REFERENTIE PROJECTEN
BIJLAGE 3.	IMPRESSIES BIOBASED THEATERWONEN



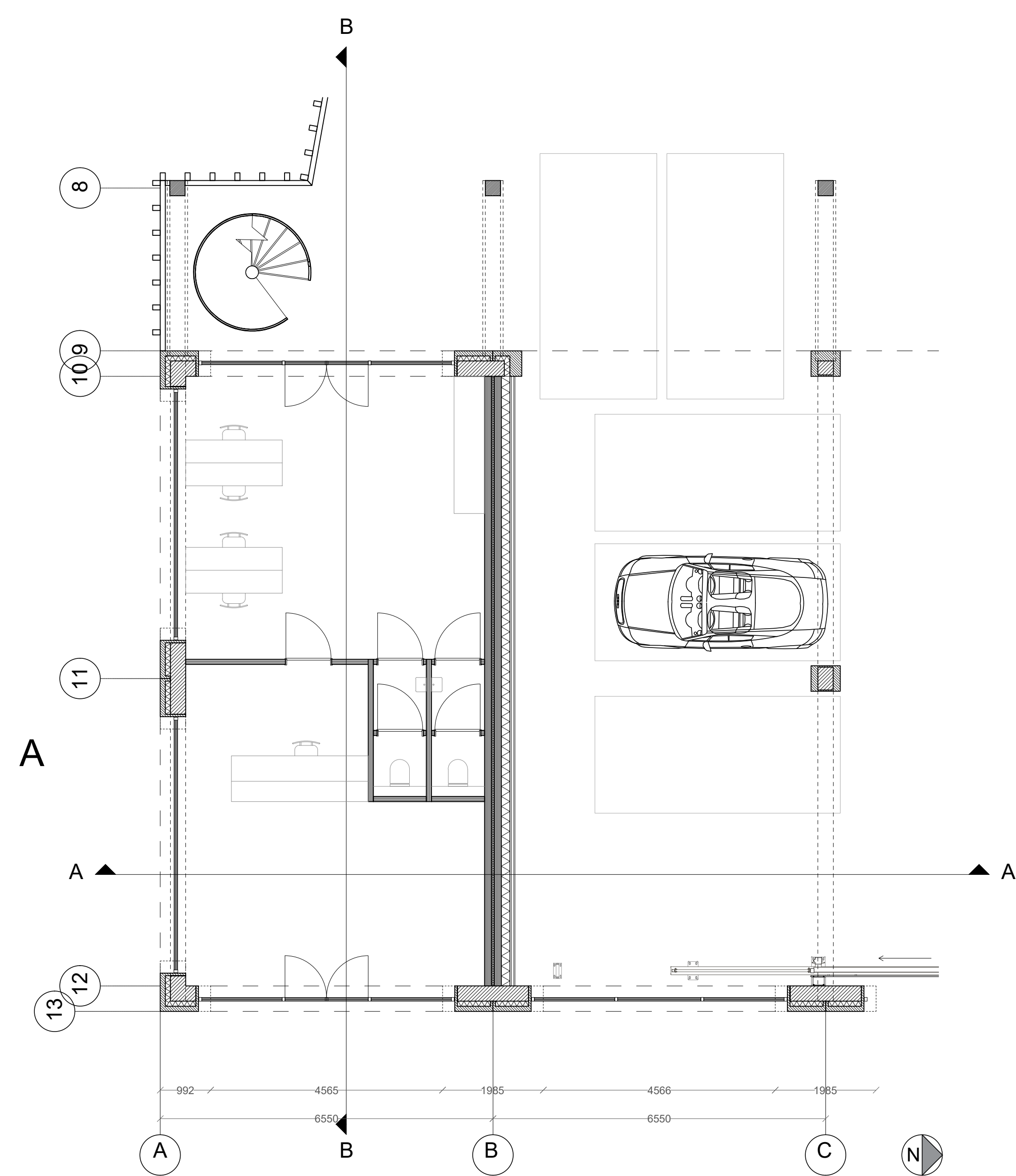
Gevelaanzicht



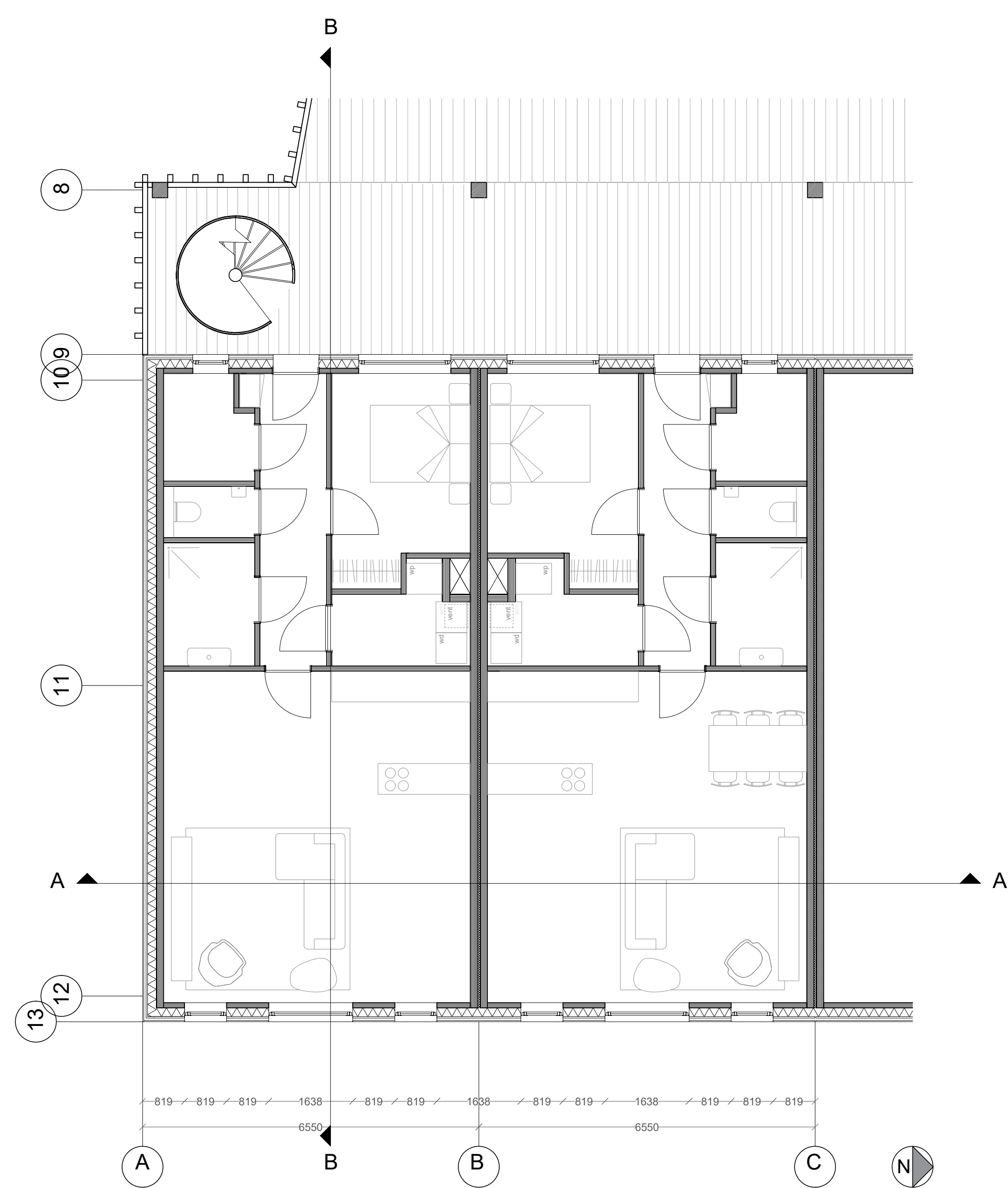
Langsdoorsnede A



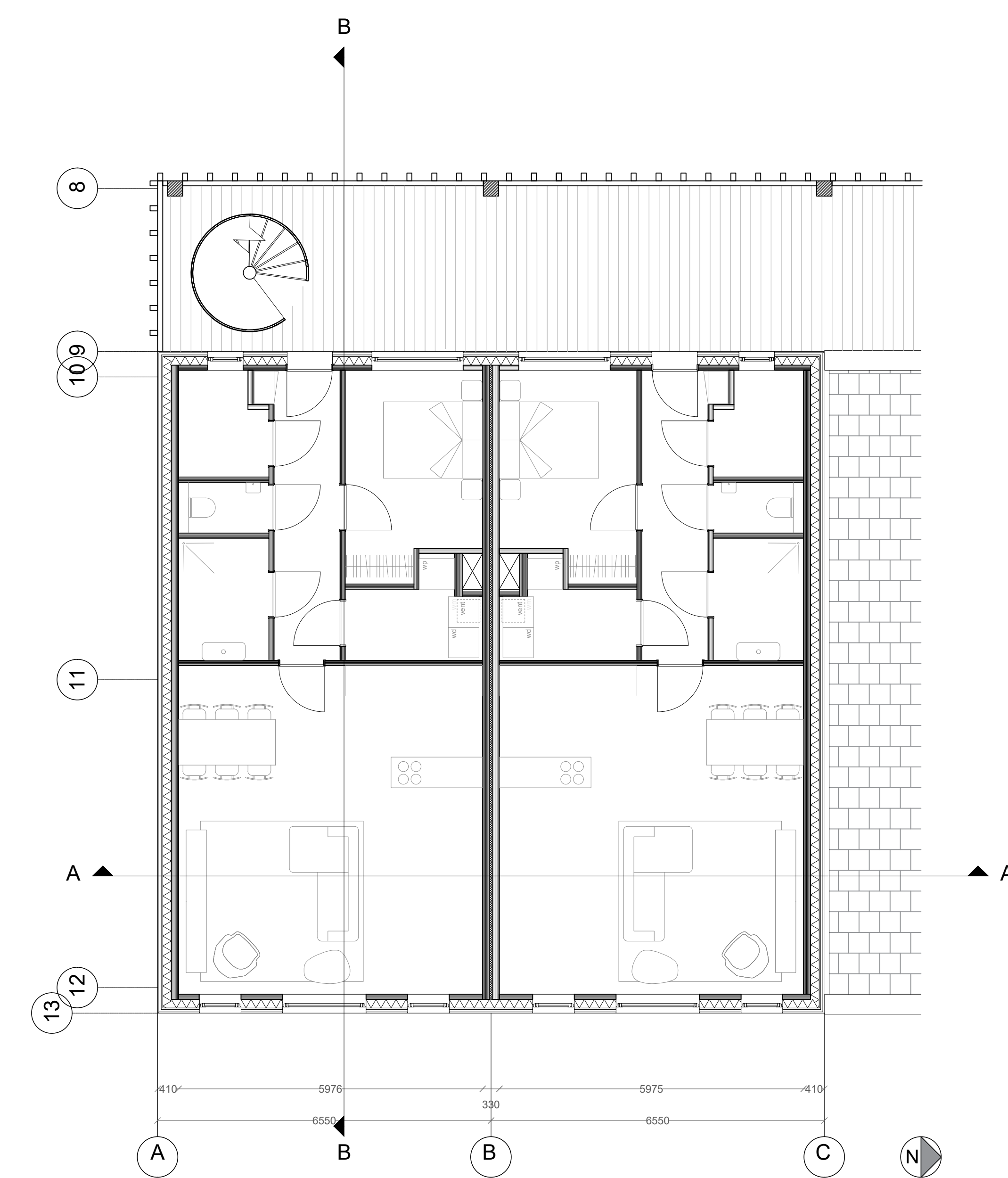
Dwarsdoorsnede B



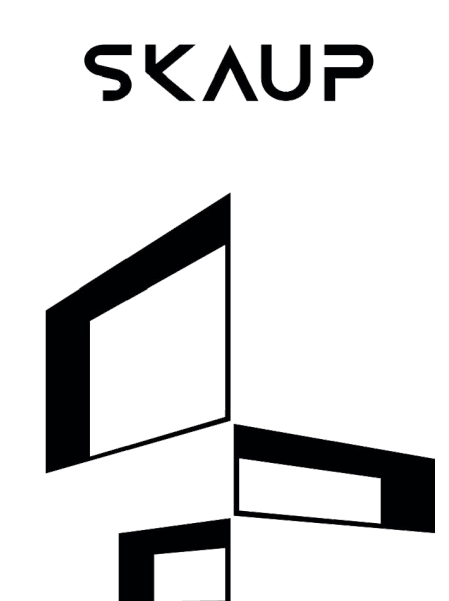
Plattegrond Begane grond



Plattegrond V1



Plattegrond V5



Project:
Biobased Theaterwonen

Omschrijving:
Gevel 5 uitwerking

Fase: Schetsontwerp

Bladnr: 1 van: 3

Schaal:
1:70

Tekening nummer:
BBTW GUA 02

Tekenaar:
Catharinus Veenema

Bureau:
SKAUP Architecten

Datum:
09-05-2020

Dakrand van BIOTEX Composites evolutions

PLATDAK, BUITEN -> BINNEN:

1.5mm DERBIPURE bitumenvervangende dakbedkking
390mm PAVATEX houtvezel isolatiemateriaal, aflopend tot 170mm
PE folie
200mm CLT

BUITENGEVEL, BUITEN -> BINNEN:

30mm BioComposiet platen
3mm Tweezijdig klevende tape
3mm Kitlaag
50mm Vurenhouten stijl
0.5mm Proclima dampopen folie
186mm Houtvezel isolatie
100mm CLT

VERDIEPINGSVLOER, BOVEN -> ONDER:

18mm eikenparkertvloer
30mm cempanel
48x98 vurenhout
100mm kokosvilt blokje met
100mm houtvezel isolatie ertussen
200mm CLT

AANSLUITING PLINT, BUITEN -> BINNEN:

100mm CLT L ligger met ingefreesde zwaluwstaartverbinding
100mm Houtvezel isolatie
300x450mm GLULAM ligger met ingefreesde stalen hang verbinding

GLULAM DRAAGCONSTRCTIE, BUITEN -> BINNEN:

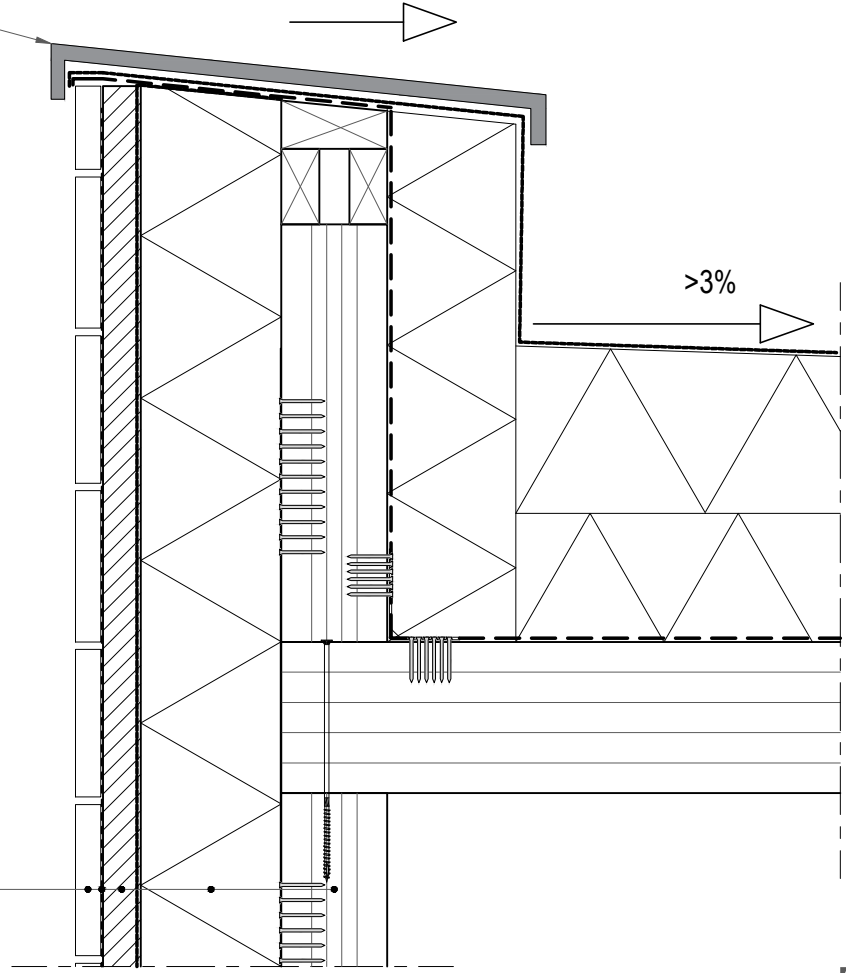
100mm Geaccyleerd CLT hout afwerking
100mm Houtvezel isolatie (mits mogelijk, nagaan bij leverancier)
300mm GLULAM kolom met ingefreesde staalverbindingen

BEGANGEGROUND VLOER, BOVEN -> ONDER:

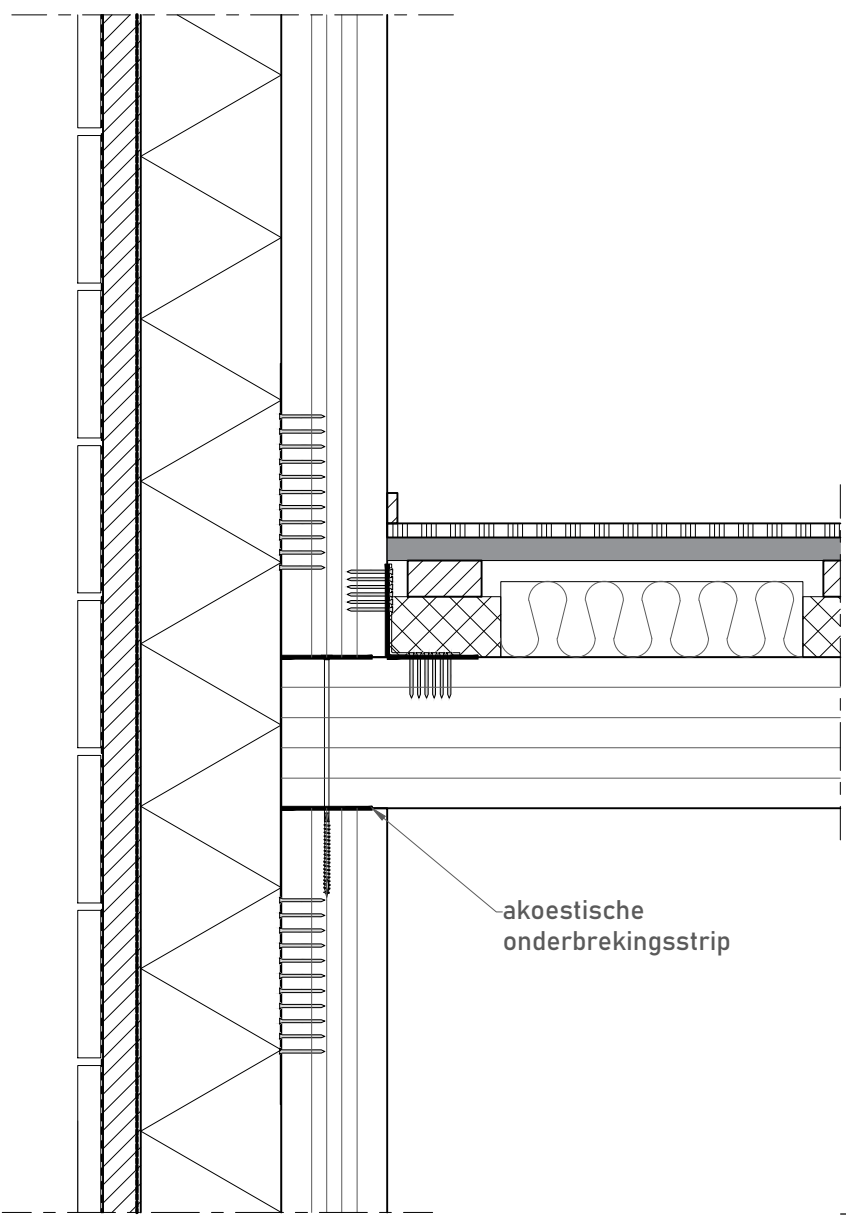
18mm Eikenparketvloer
18mm Fermacell noppenplaat met 11.6x1.5mm leiding
95mm EPS isolatiemateriaal
200mm VBI Isolatieplaatvloer met
200mm EPS isolatie materiaal

FOAMglas drukvast isolatie materiaal

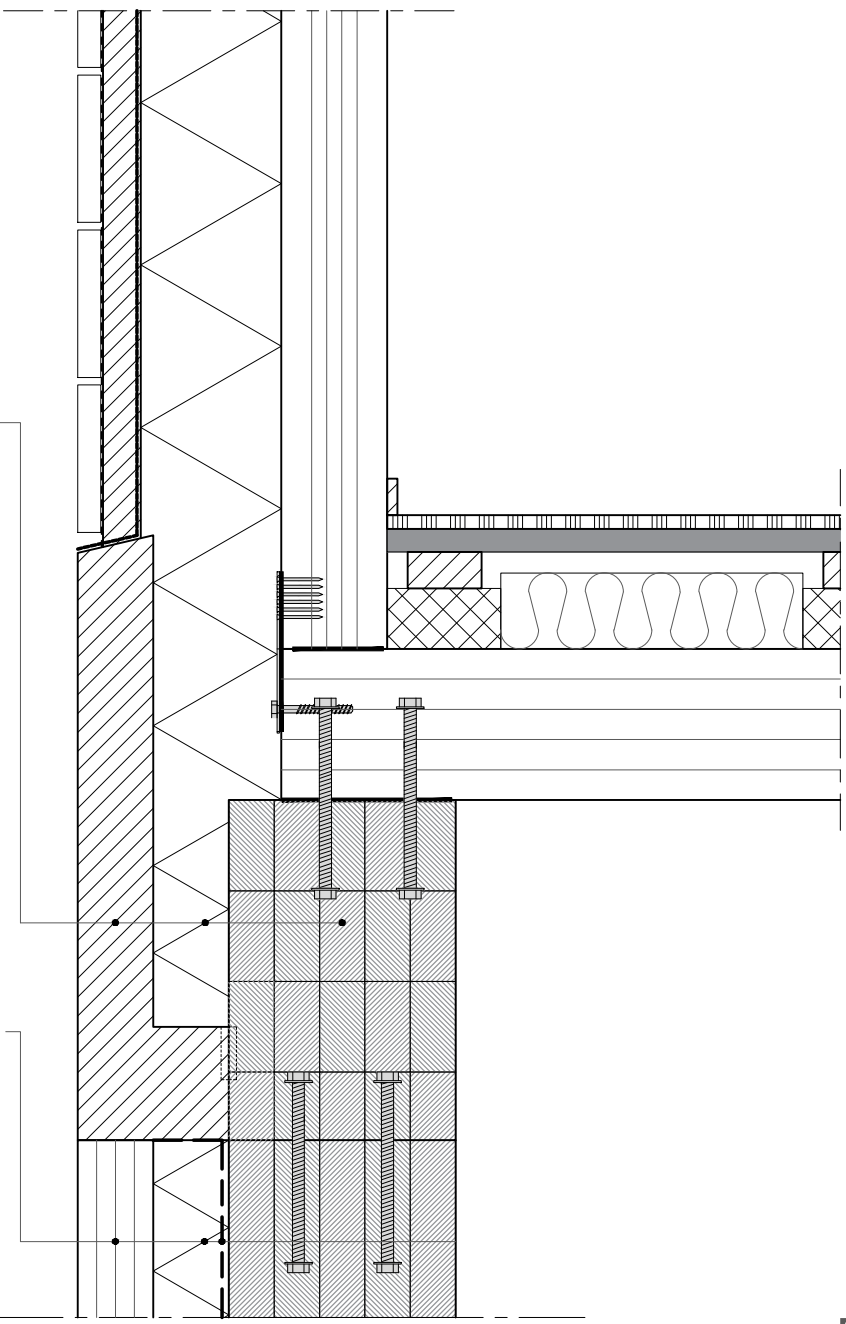
Verloren bekisting isolatie



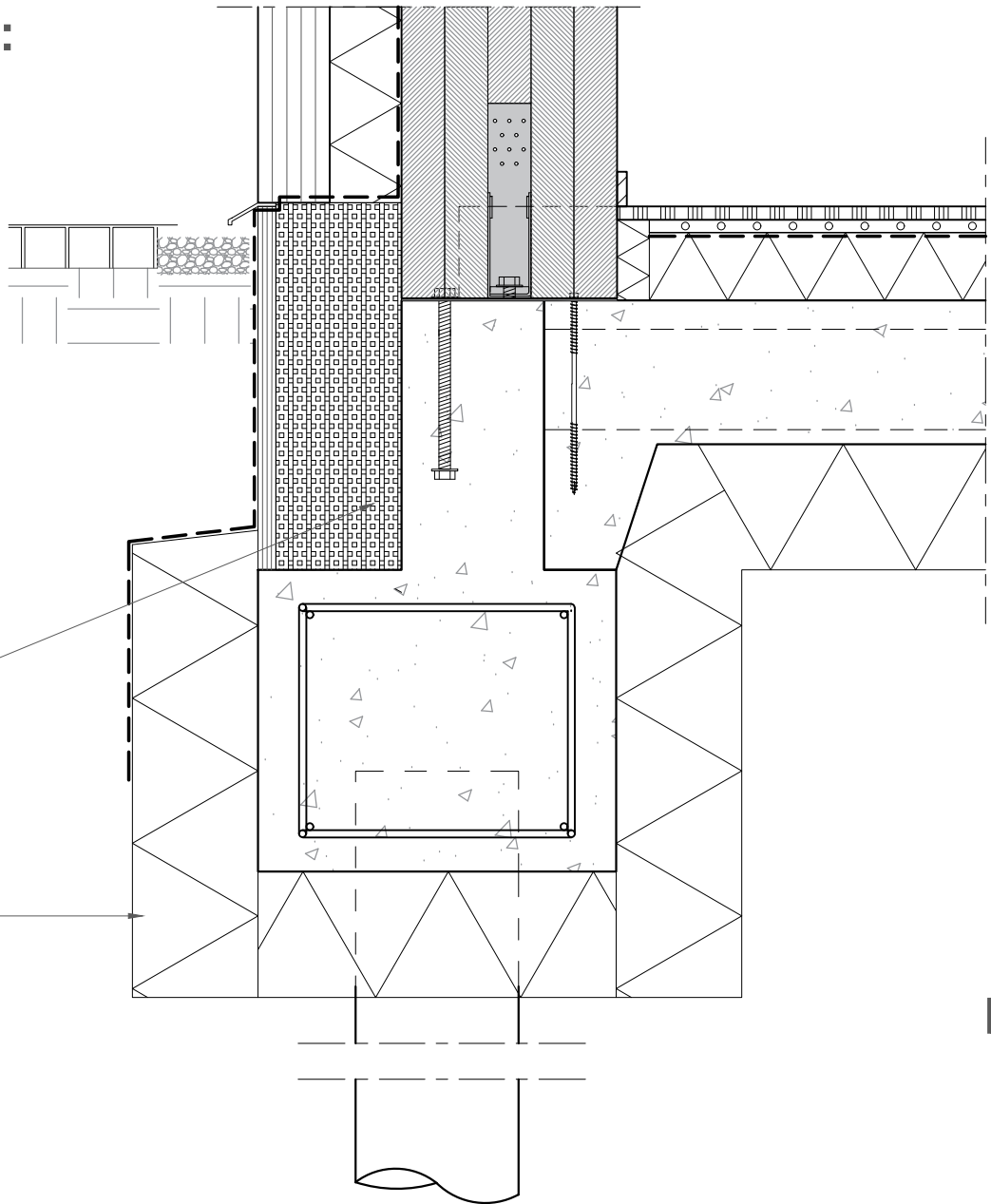
DSA D01



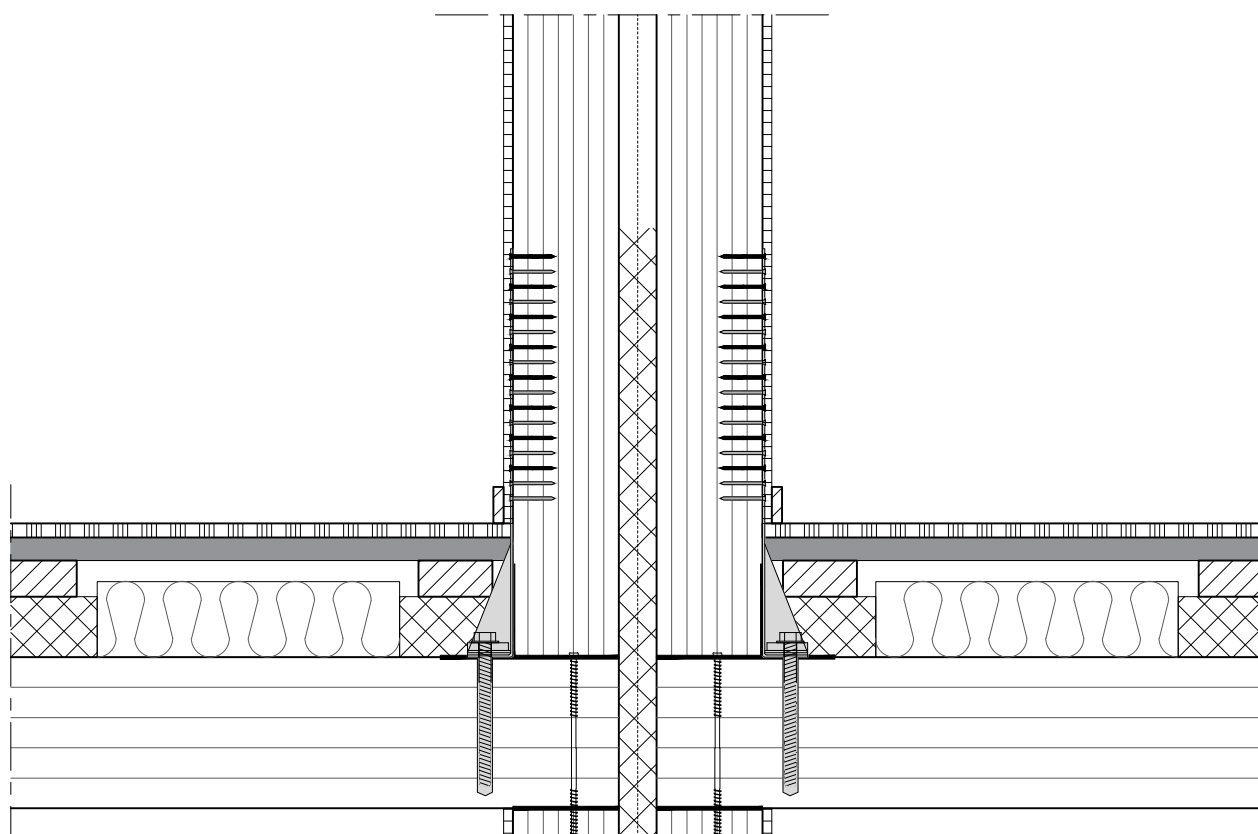
DSA D02



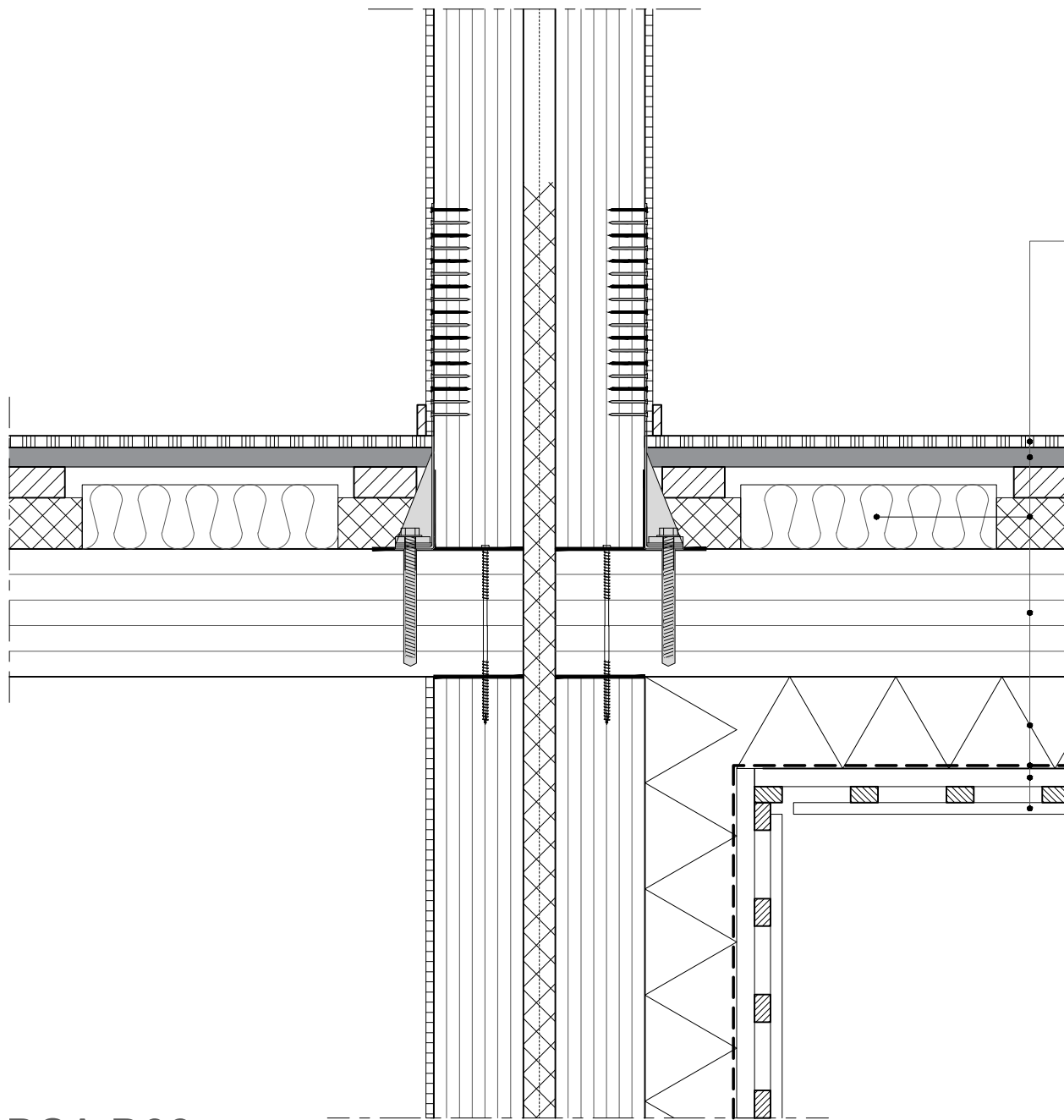
DSA D03



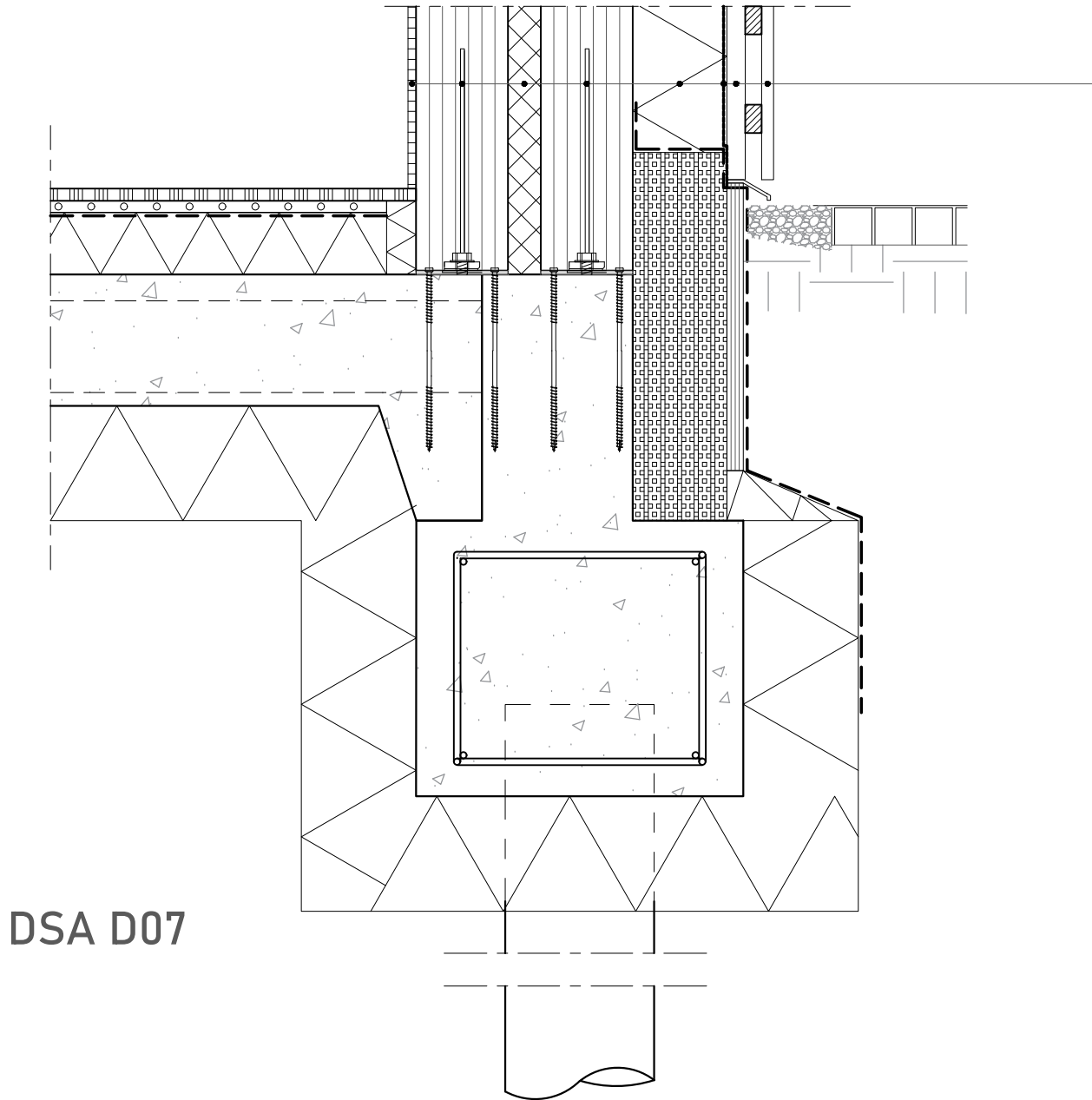
DSA D04



DSA D05



DSA D06



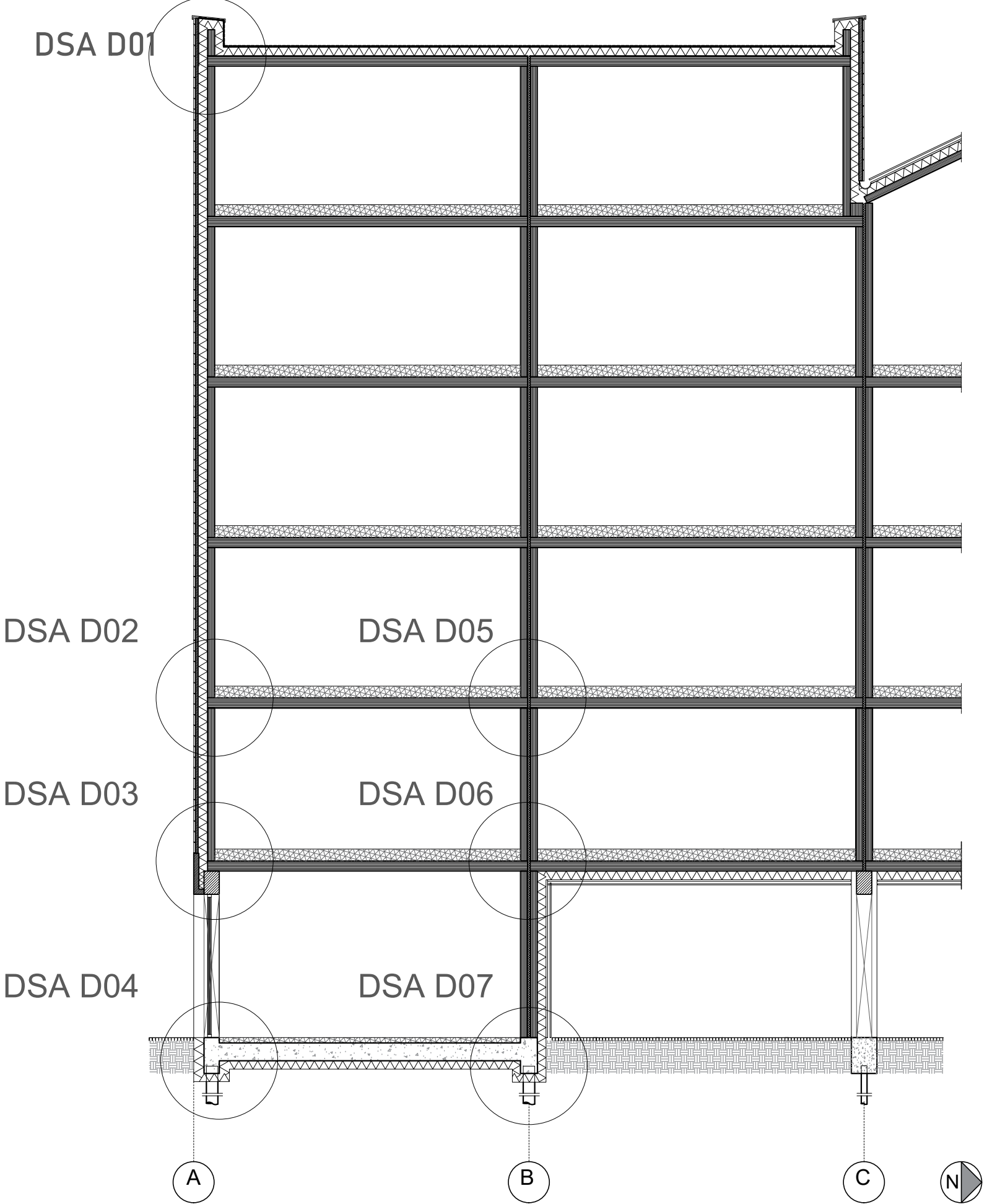
DSA D07

VERDIEPINGSVLOER, BINNEN -> BUITEN:

18mm eikenparkertvloer
30mm cempanel
48x98 vurenhout
100mm kokosvilt blokje met
100mm houtvezel isolatie ertussen
200mm CLT
143mm Houtvezel isolatie
0,5mm Proclima damp open folie
25x43mm Stijl- en regelwerk
18mm Accoya verticale latten

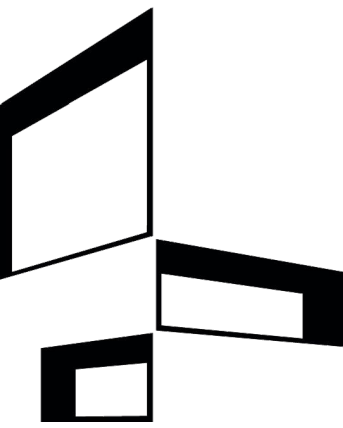
BUITEN GEVEL, BUITEN BINNEN:

18mm Accoya verticale latten
25x43mm Stijl- en regelwerk
0.5mm Proclima damp open folie
143mm Houtvezel isolatie
145mm CLT met ingefreesde stalen verbinding
50mm kokosvilt akoestische isolatie
145mm CLT met ingefreesde stalen verbinding
12.5mm Ecoboard



Dwarsdoorsnede A

SKAUP



Project:
Biobased Theaterwonen

Omschrijving:
Details Doorsnede A

Fase: Schetsontwerp

Bladnr: 2 van: 3

Schaal:
1:10

Tekening nummer:
BBTW DDSA 02

Tekenaar:
Catharinus Veenema

Bureau:
SKAUP Architecten

Datum:
09-05-2020

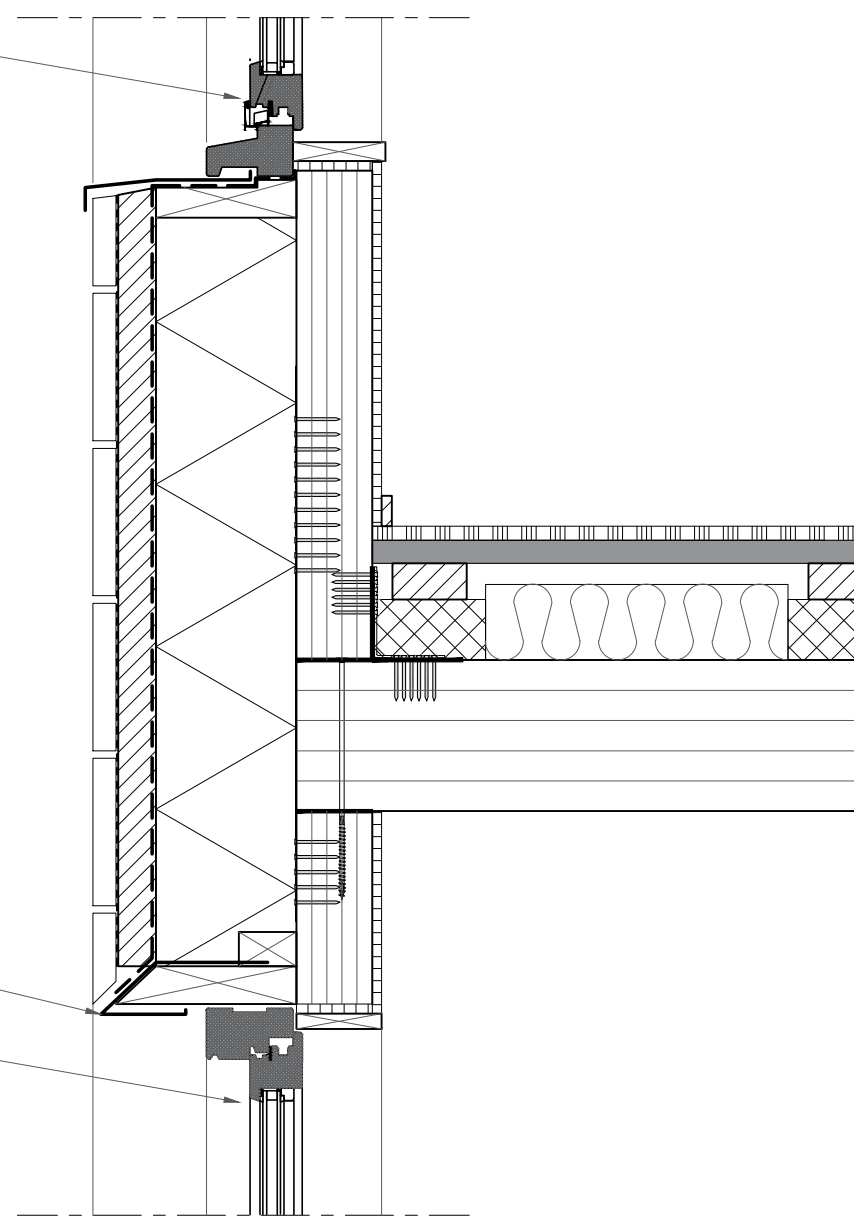
Accoya draaikiep kozijn

VERDIEPINGSVLOER, BOVEN -> ONDER:

18mm eikenparkervloer
30mm cempanel
48x98 vurenhout
100mm kokosvilt blokje met
100mm houtvezel isolatie ertussen
200mm CLT

Biotex Composites Evolutions dropel

Accoya draaikiep kozijn



DSB D01

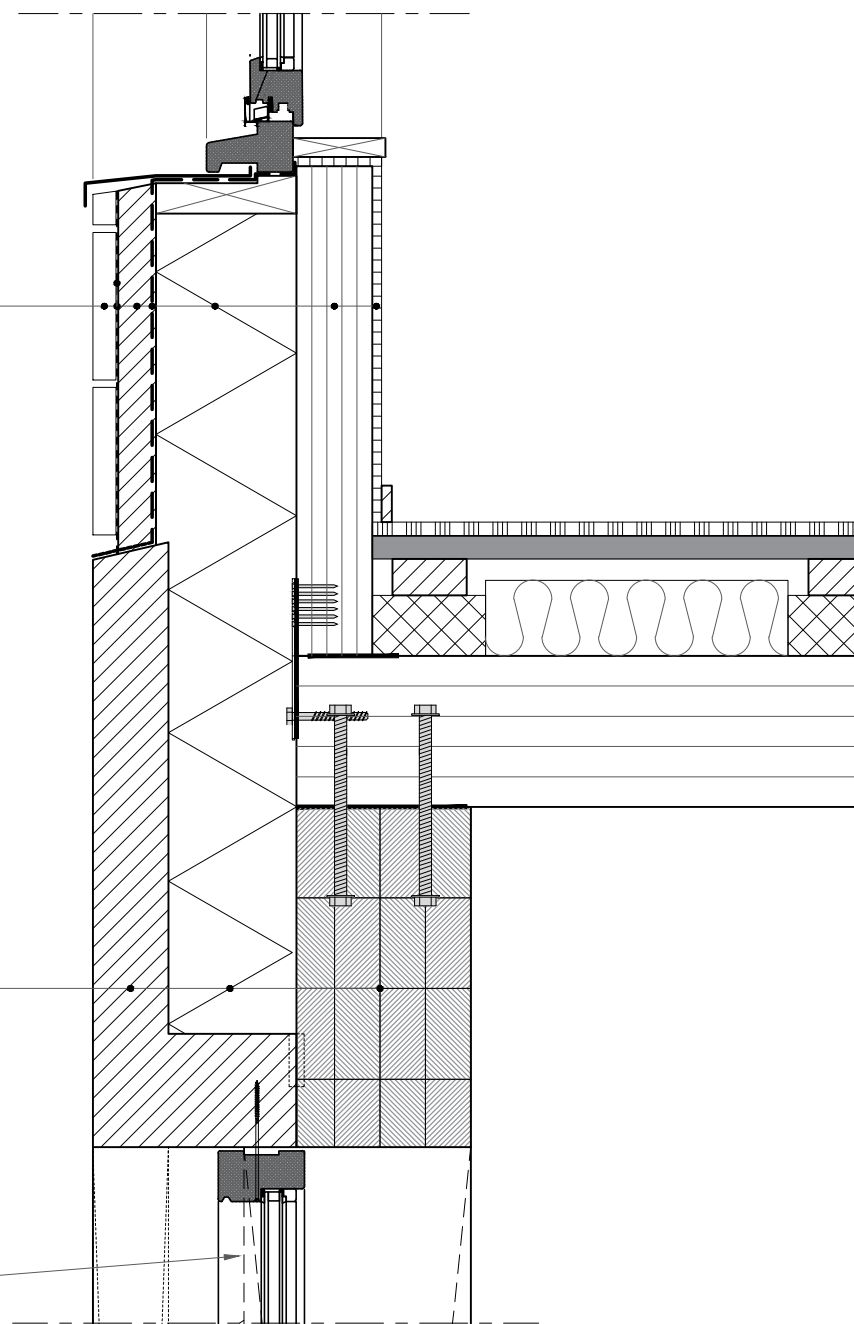
BUITENGEVEL, BUITEN -> BINNEN:

30mm BioComposiet platen
3mm Tweezijdig klevende tape
3mm Kitlaag (aanbrengen naast de tape)
50mm Vurenhouten stijl
0.5mm Proclima dampopen folie
186mm Houtvezel isolatie
100mm CLT
12.5mm (Optioneel) Ecoboard voor het wegwerken
van aansluitingen

AANSLUITING PLINT, BUITEN -> BINNEN:

100mm CLT L ligger met ingefreesde
zwaluwstaartverbinding
100mm Houtvezel isolatie
300x450mm GLULAM ligger met ingefreesde
zwaluwstaartverbinding

Accoya vastglas kozijn



DSB D02

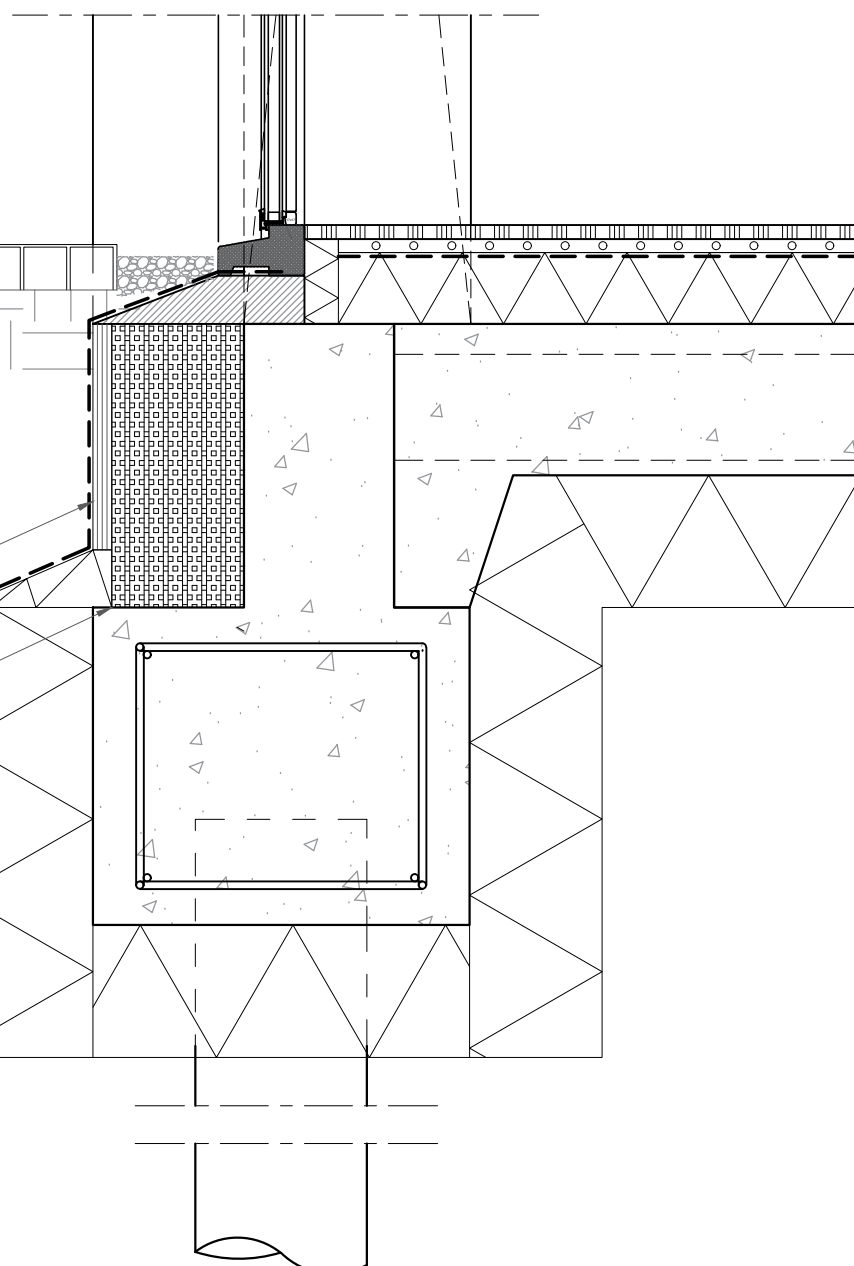
BEGANGEGROND VLOER, BOVEN -> ONDER:

18mm Eikenparketvloer
18mm Fermacell noppenplaat met 11.6x1.5mm
leiding
95mm EPS isolatiemateriaal
200mm VBI Isolatieplaatvloer met
200mm EPS isolatie materiaal

BioComposiet kantplaat

FOAMglas drukvast isolatie
materiaal

Verloren bekisting isolatie

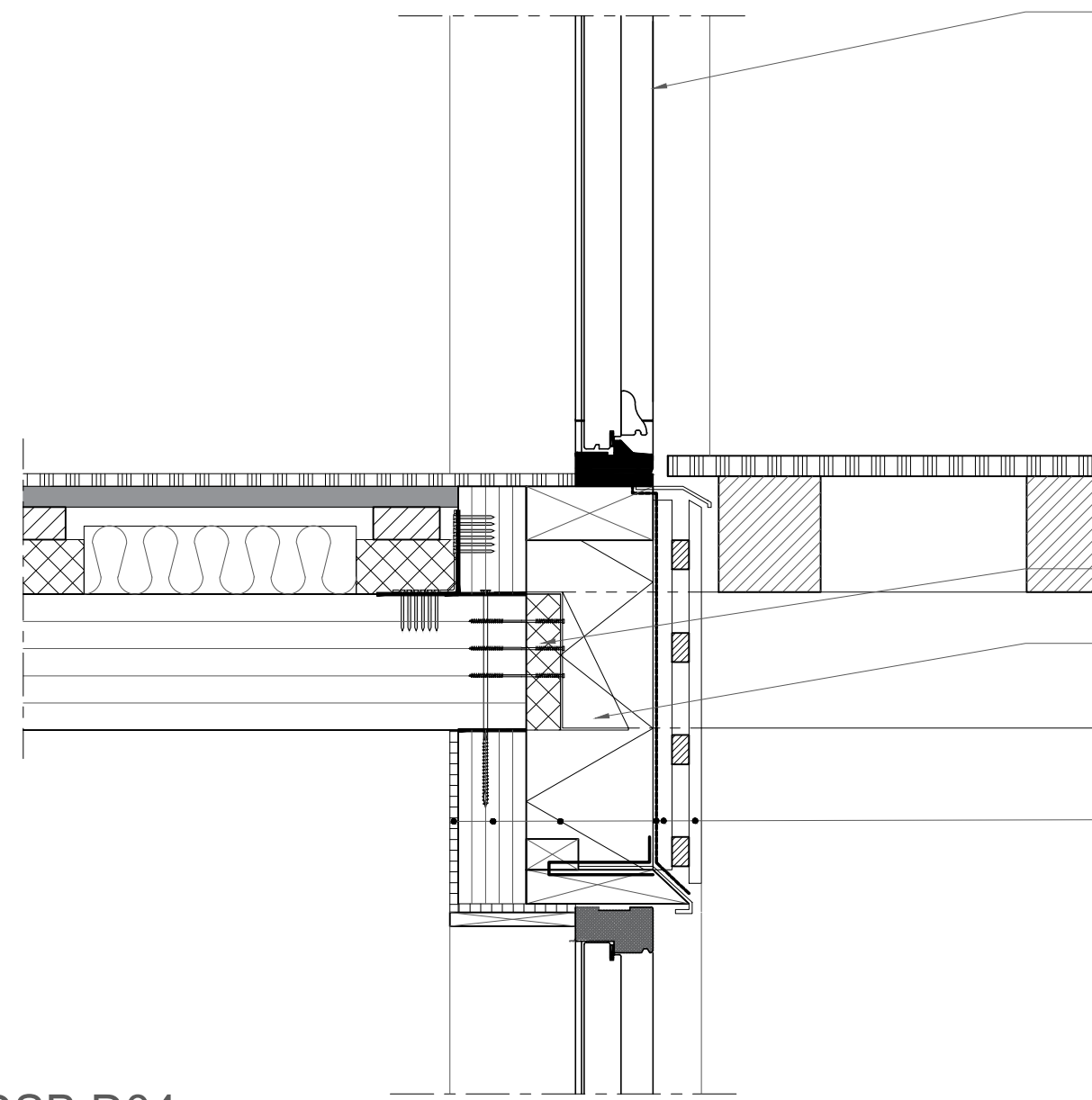


DSB D03

Accoya voordeur

50mm Kokosfilt akoestische onderbreking

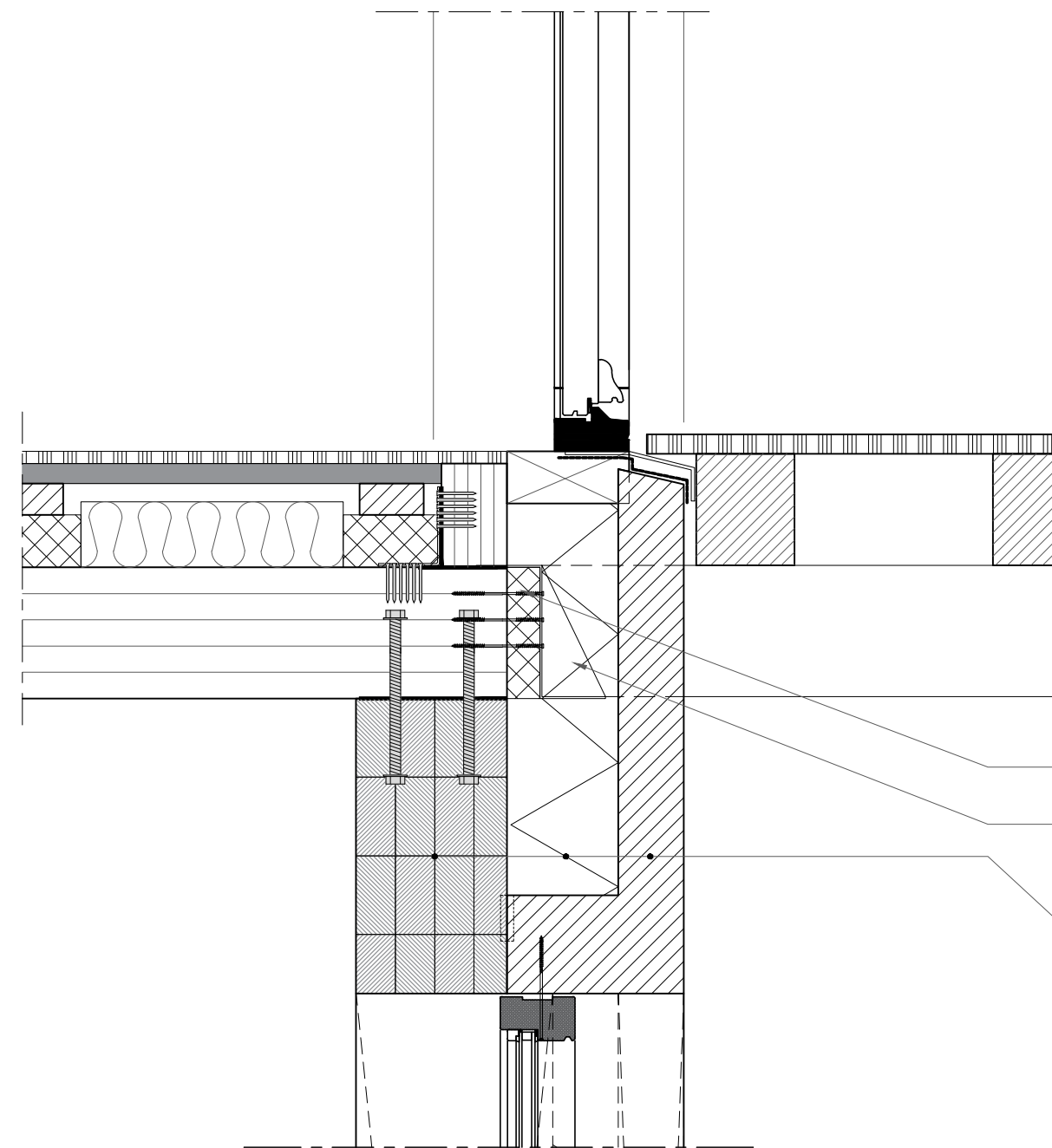
200mm hoge stalen balkdrager



DSB D04

BUITEN GEVEL, BUITEN -> BINNEN:

18mm Accoya verticale latten
25x43mm Stijl- en regelwerk
0.5mm Proclima damp open folie
143mm Houtvezel isolatie
145mm CLT met ingefreesde stalen
verbinding
12.5mm Ecoboard



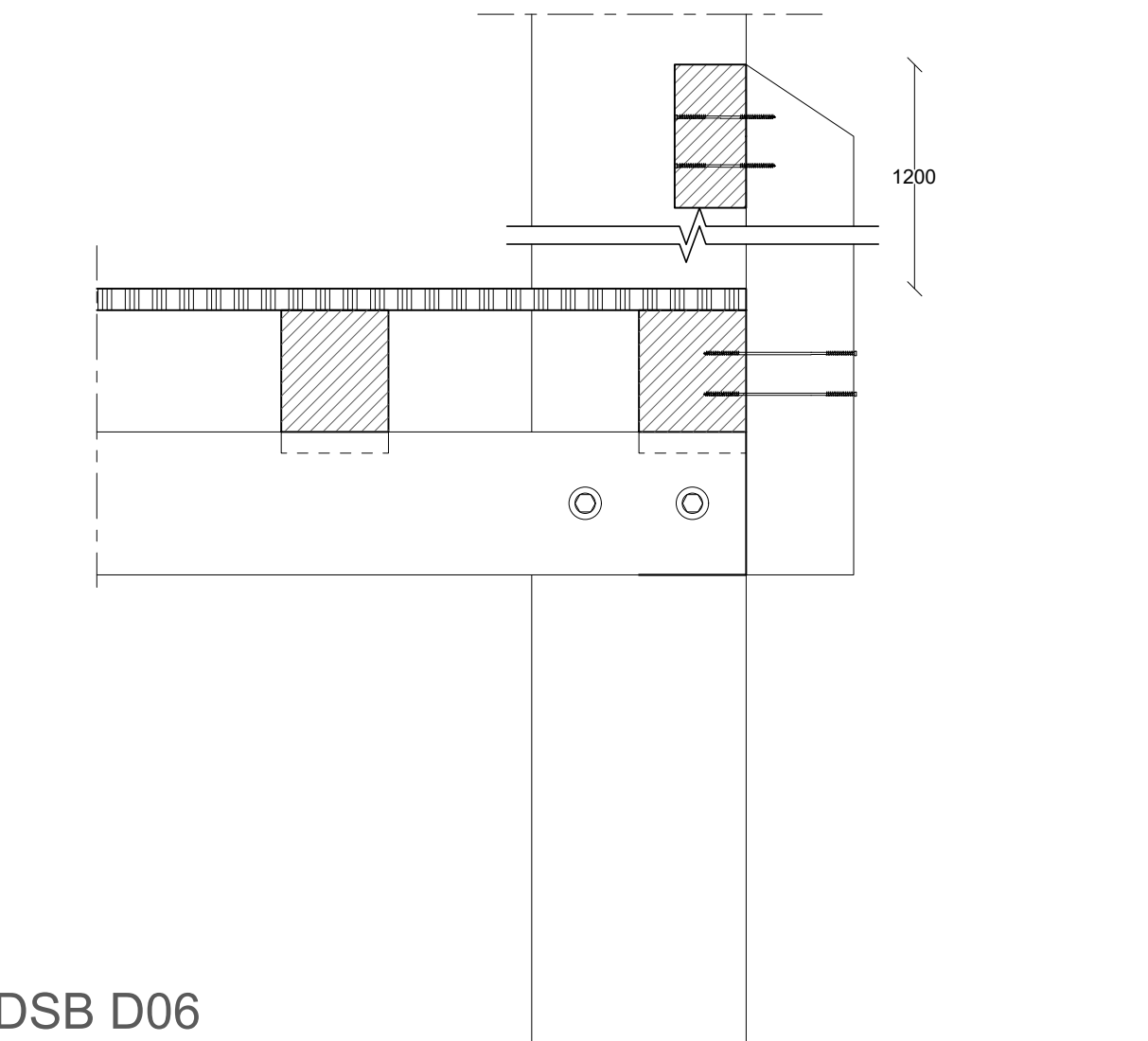
DSB D05

50mm Kokosfilt akoestische onderbreking

200mm hoge stalen balkdrager

AANSLUITING PLINT, BUITEN -> BINNEN:

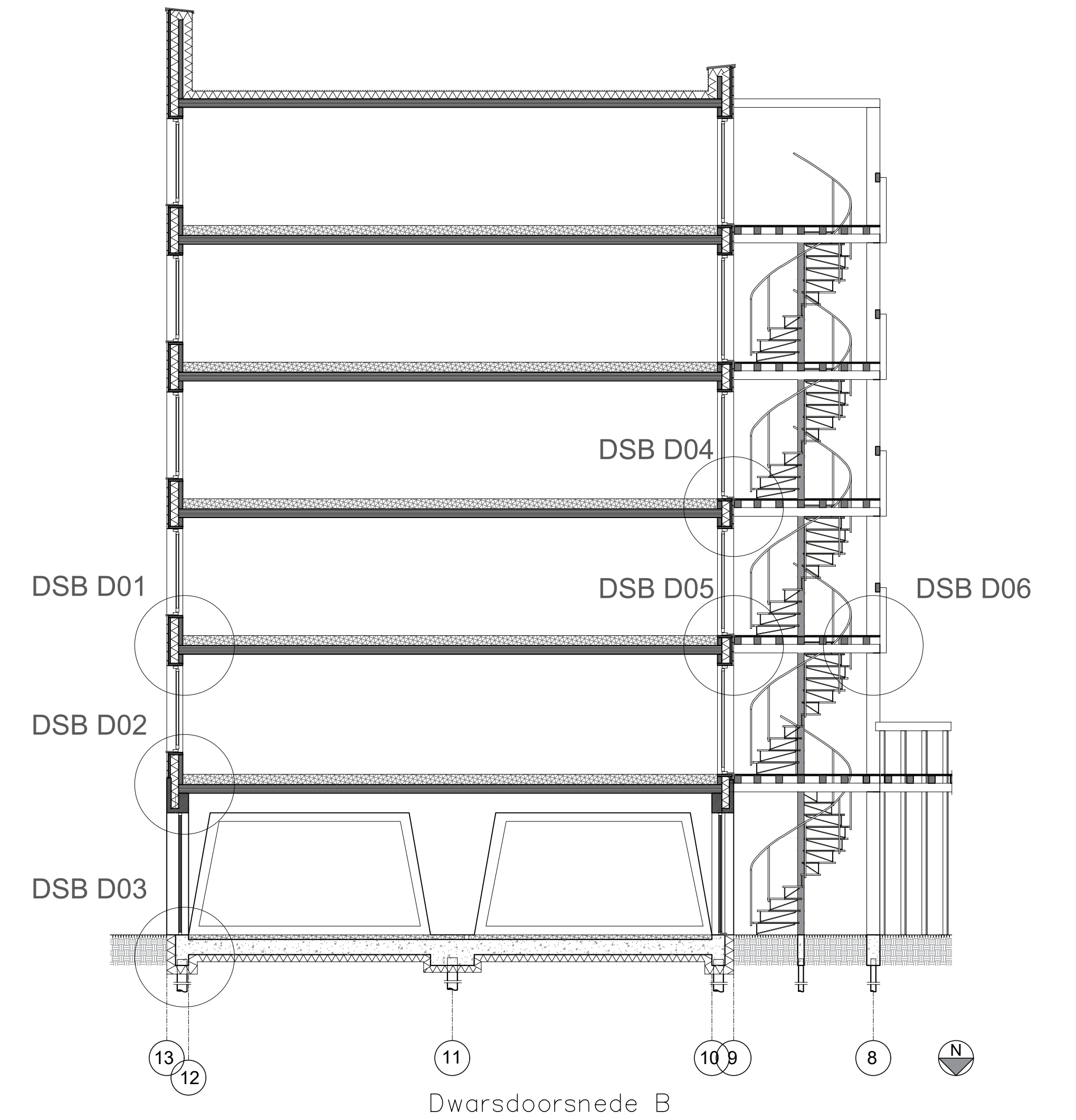
100mm CLT L ligger met inkeping voor stalen ophang verbinding en GLULAM balk
100mm Houtvezel isolatie
300x450mm GLULAM ligger met ingefreesde stalen hang verbinding



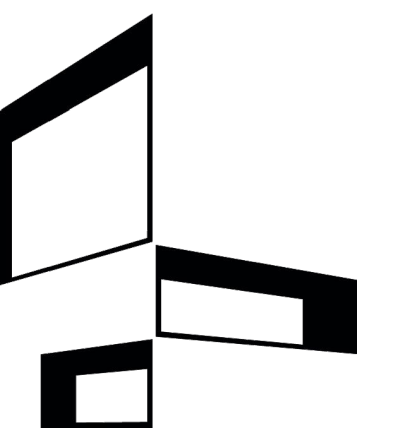
DSB D06

GALLERIJ VLOER, BOVEN -> ONDER:

30mm houten vlonderplanken
200x150mm GLULAM ligger
200x150mm GLULAM ligger



SKAUP



Project:
Biobased Theaterwonen

Omschrijving:
Details Doorsnede B

Fase: Schetsontwerp

Bladnr: 3 van: 3

Schaal:
1:10

Tekening nummer:
BBTW DDSB 02

Tekenaar:
Catharinus Veenema

Bureau:
SKAUP Architecten

Datum:
09-05-2020

Analyse biobased materiaal Referentie projecten

Ten bate van het herontwerp Theaterwonen met biobased materialen

IEWAN, Nijmegen– Orio Architecten
Hotel Jakarta, Amsterdam – Search Architecten
Egenes Park, Stavanger – Onix Architecten en HLM Arkitektur AS Villa Driemond,
Driemond – Narrativa Architecten

Student: Catharinus Veenema
School: Hanze Hogeschool
Plaats: Groningen
Studentnr: 334807
Datum: 09-04-20

Afkortingen

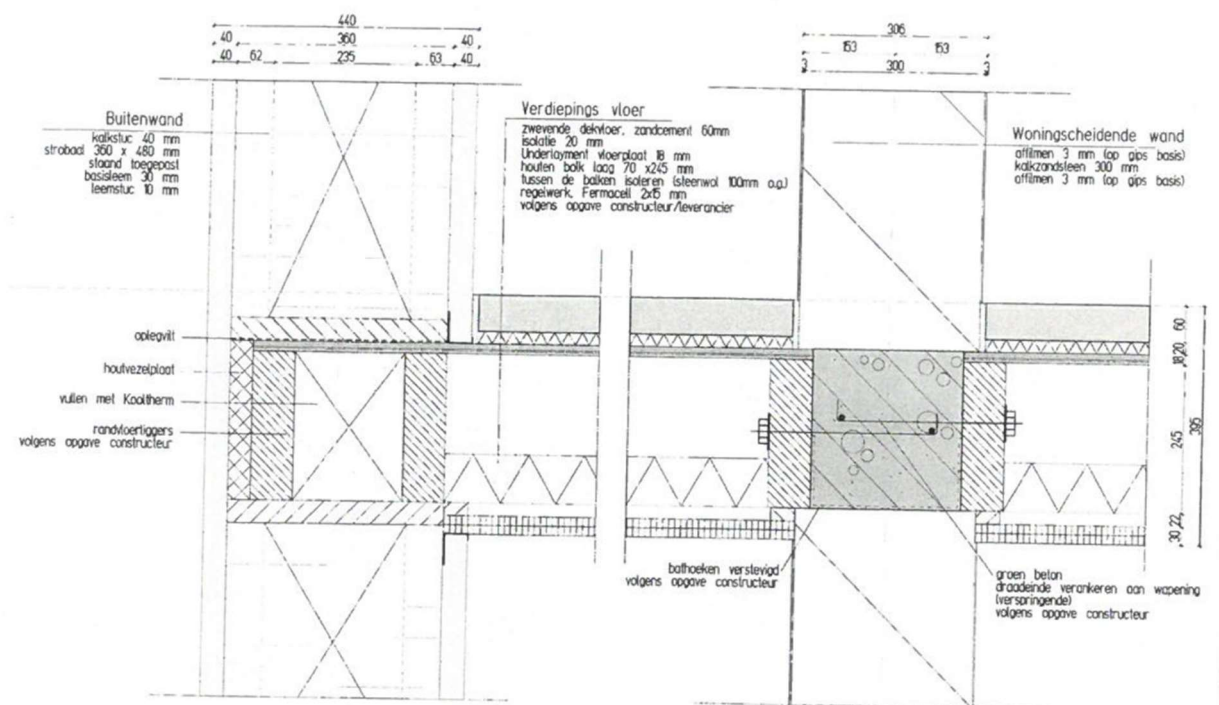
Afw:	Afwerking
BG:	Begane grond
Bi:	Binnen
Bui:	Buiten
Constr:	Constructie
Iso:	Isolatie
Klzs:	Kalkzandsteen
V1:	Eerste verdieping

Inhoudsopgave

Afkortingen	2
Strobouw project IEWAN Lent	4
Hotel Jakarta Amsterdam	6
Egenes Park Stravanger	8
Villa Driemond	10
Opsomming bouwonderdelen die Biobased kunnen worden uitgevoerd	12
Conclusie analyse	13

Strobouw project IEWAN Lent

Bouw Onderdeel	Materiaal	Biobased	Opmerking	Bron
Fundatie	Betonnen palen	Nee		https://www.facebook.com/StrowijkNijmegen/videos/476213929176686/
Kelder vloer Constr	Geen			
Kelder vloer Iso	-			
Kelder vloer Folie	-			
Kelder vloer Afw	-			
Kelder wand Afw Bi	-			
Kelder wand Constr	-			
Kelder wand Iso	-			
Kelder wand Folie	-			
Kelder wand Afw Bui	-			
BG Constr Systeem	Klzs en groenbeto	Nee		
BG-vloer Constr	Breedplaat beton	Nee		
BG-vloer Iso	Steenwol	Nee		https://www.wijma.com/download/projecten/t110/nl/SKMBT_C284e15061812230.pdf
BG-vloer Folie	-			
BG-vloer Afw	hout	Ja		
BG wand Constr	Klzs	Nee		
BG wand Iso	stro			
BG wand Folie	geen			
BG wand Afw	Leem/hout	Nee/ja		
V1 Constr Systeem	Klzs	Nee		
V1 vloer Constr	Hout			
V1 vloer Iso	Steenwol			
V1 vloer Folie	-			
V1 vloer Afw	Hout			
V1 wand Constr	Kalkzst			
V1 wand Iso	stro	Ja		
V1 wand Folie	Geen	Ja		
V1 wand Afw	Hout/leem			
Dak Constr Systeem		-		
Dak Constr		-		
Dak Iso		-		
Dak Folie		-		
Dak afwr		-		
Deuren	Accoya hout	Ja		
Kozijnen	Accoya hout	ja		
Overig (galerij toegang)	Hardhout	Ja		https://www.wijma.com/nl/projecten-b-u/houten-balkon/ecologisch-wonen-nieuwbouwproject-iewan-strowijk-nijmegen



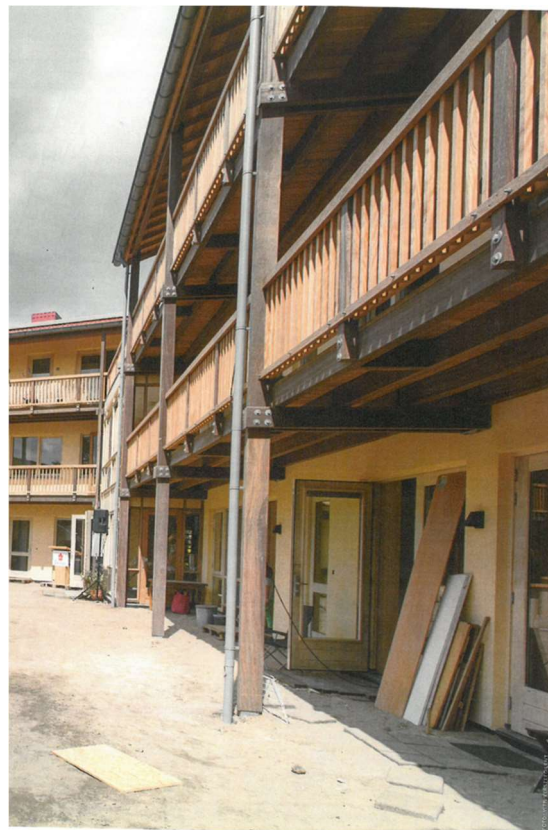
Figuur 1 Detail Woning scheidende wand IEWAN (wijma, sd)



Figuur 2 Luchtfoto Project IEWAN (wijmakennederland, sd)



Figuur 3 Stro Isolatie en beton in het zicht IEWAN (wijma, sd)

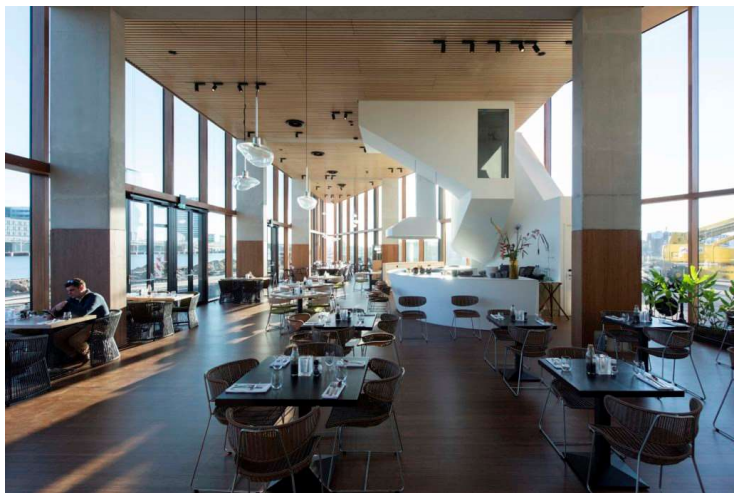


Figuur 4 Galerij Tropisch hardhout IEWAN (wijma, sd)

Hotel Jakarta Amsterdam

Bouw Onderdeel	Materiaal	Biobased	Opmerking	Bron
Fundatie	VIBRO Betonnen palen	Nee		https://www.vroom.nl/nl/newsitems/546-hotel-jakarta-amsterdam
Kelder vloer Constr	Beton	Nee		
Kelder vloer Iso	-			
Kelder vloer Folie	-			
Kelder vloer Afw	Beton		Verwachting	
Kelder wand Afw Bi	-			
Kelder wand Constr	Beton	nee		
Kelder wand Iso			Verwacht non bio	
Kelder wand Folie				
Kelder wand Afw Bui				
BG Constr Systeem	Staal en beton	nee		
BG-vloer Constr	Beton	nee		
BG-vloer Iso	-			
BG-vloer Folie	-		Vewacht non boi	
BG-vloer Afw	Bamboe	ja		https://www.ursem.nl/projecten/hotel-jakarta/
BG wand Constr	Beton	nee		
BG wand Iso				
BG wand Folie				
BG wand Afw	Fsc Hout	ja		
V1 Constr Systeem	GLULAM constr met CLT-modules	Ja	VloerV1 nog wel beton	
V1 vloer Constr	Beton	nee		
V1 vloer Iso	-			
V1 vloer Folie	-			
V1 vloer Afw	Bamboe	Ja		
V1 wand Constr	CLT	Ja		
V1 wand Iso	-			
V1 wand Folie	-			
V1 wand Afw	CLT – WeiBe Tane	ja		
Dak Constr Systeem	Platdak – PE panelen en glas			
Dak Constr	Aluminum kozijnen met glas	Nee	Wel andere duurzame eigenschappen	https://www.duurzaamgebouwd.nl/project/20180629-zeer-duurzame-en-groene-hotel-jakarta-geopend-voor-gasten-en-bezoekers
Dak Iso	-			
Dak Folie	-			
Dak afwr	BIPV-cellen	Nee	Wekt wel energie op	
Deuren		Nee		https://westag.nl/referentie/hotel-jakarta-amsterdam/

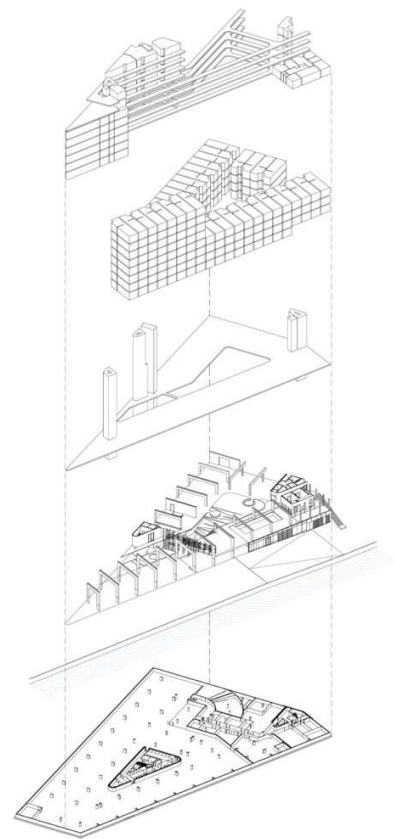
Ruiten	HR+++ glas	Nee		https://www.scheuten.com/corporate-scheuten/news-center/nieuwsberichten/sagt-krijgt-opdracht-voor-beglazing-hotel-jakarta-te-amsterdam
Kozijnen buiten	Aluminium	Nee		https://www.scheuten.com/corporate-scheuten/news-center/nieuwsberichten/sagt-krijgt-opdracht-voor-beglazing-hotel-jakarta-te-amsterdam
Kozijnen binnen	Fsc Hout	Ja		https://www.stedenbouw.nl/artikel/hout-speelt-de-hoofdrol-in-nieuwbouw-hotel-jakarta-amsterdam/
Lift	Beton	Nee		https://www.dearchitect.nl/projecten/arc18-hotel-jakarta-amsterdam-search



Figuur 5 Betonconstructie met hoogwaardige hout en bamboe afwerking Jakarta (dearchitect, sd)



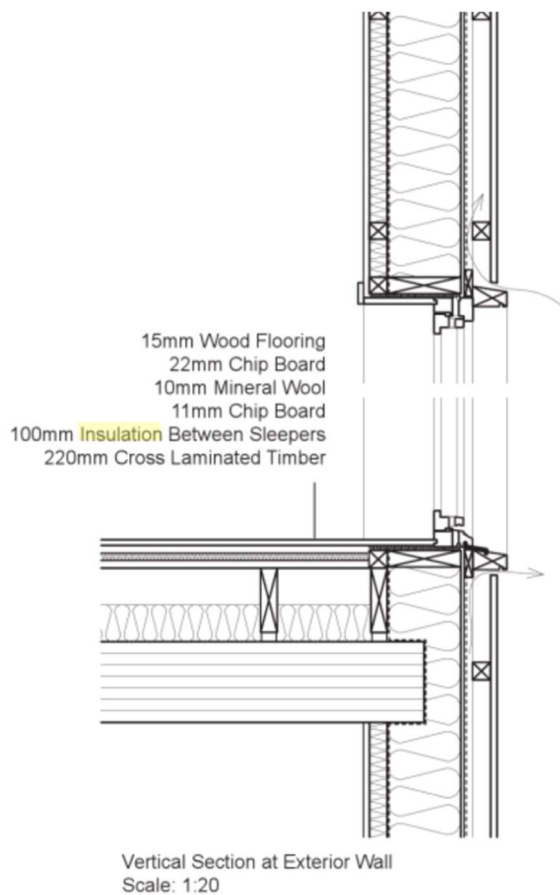
Figuur 6 Modulairbouwen met hotelkamers van 30m2 Jakarta (ursem, sd)



Figuur 7 'Explosie' opbouw hotel Jakarta (search, sd)

Egenes Park Stravanger

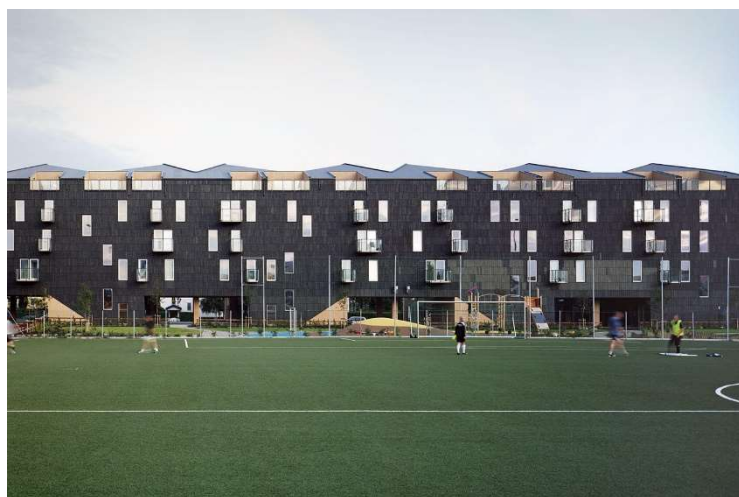
Bouw Onderdeel	Materiaal	Biobased	Opmerking	Bron
Fundatie	Betonnen palen	Nee		
Kelder vloer Constr	Beton	Nee		Solid wood
Kelder vloer Iso	-			
Kelder vloer Folie	-			
Kelder vloer Afw				
Kelder wand Afw Bi				
Kelder wand Constr	Beton	Nee		
Kelder wand Iso				
Kelder wand Folie	-			
Kelder wand Afw Bui	-			
BG Constr Systeem	Beton	Nee		
BG-vloer Constr	Beton	Nee		
BG-vloer Iso	-			
BG-vloer Folie	-			
BG-vloer Afw	15mm hout			
BG wand Constr	CLT		Lijm ?	
BG wand Iso	Minreale Wol			
BG wand Folie	-	Nee	Aanname	
BG wand Afw	Hout			
V1 Constr Systeem	GLULAM	Ja	Lijm?	
V1 vloer Constr	CLT			
V1 vloer Iso	Minerale wol	Nee		
V1 vloer Folie	-	Nee		
V1 vloer Afw	Hout			
V1 wand Constr	CIT	Ja		
V1 wand Iso	Minerale wol	Nee		
V1 wand Folie	-	Nee		
V1 wand Afw	Hout	Ja		
Dak Constr Systeem	GLULAM	Ja		
Dak Constr				
Dak Iso	Minerale wol	Nee		
Dak Folie	Asfalt	Nee		
Dak afwr	Hout/2xGips	Ja/nee		
Deuren	Hout	Ja		
Kozijnen	Hout	Ja		
DEK	Hout	ja		



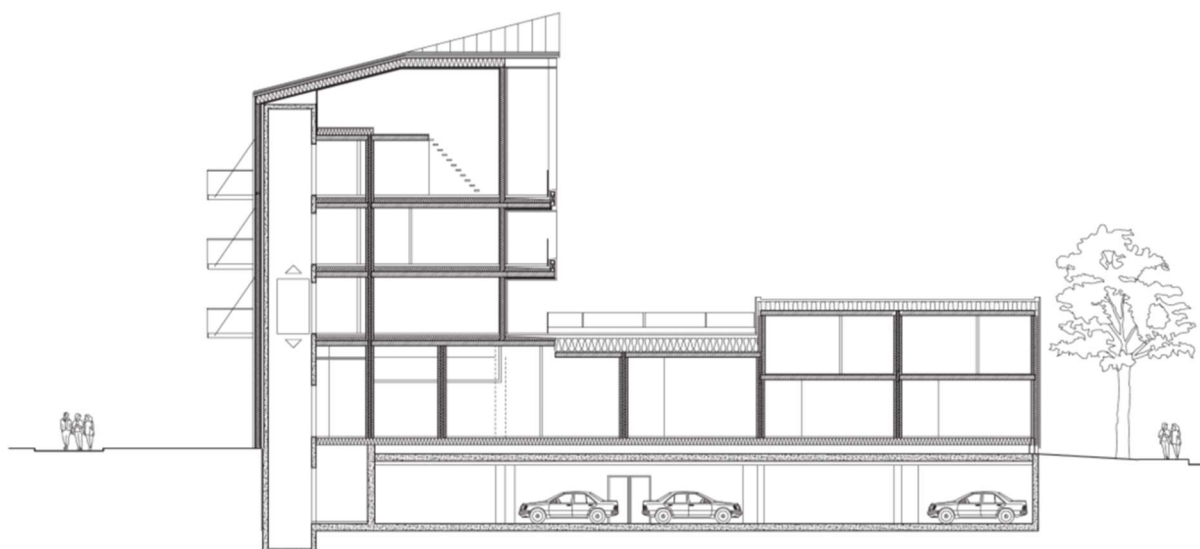
Figuur 8 Detail Gevelopbouw Egenes Park (Mayo, 2015)



Figuur 9 Egenes Park werd gebouwd onder een weersbestendige tent (arkitektur, sd)



Figuur 10 Noordgevel Egenes Park (Onix, sd)



Figuur 11 Doorsnede Egenes Park (Mayo, 2015)

Villa Driemond

Bouw Onderdeel	Materiaal	Biobased	Opmerking	Bron
Fundatie	Betonnen palen	Nee		
Kelder vloer Constr	Nvt			
Kelder vloer Iso	Nvt			
Kelder vloer Folie	Nvt			
Kelder vloer Afw	Nvt			
Kelder wand Afw Bi	Nvt			
Kelder wand Constr	Nvt			
Kelder wand Iso	Nvt			
Kelder wand Folie	Nvt			
Kelder wand Afw Bui	Nvt			
BG Constr Systeem				
BG-vloer Constr	Geisoleerde kanaalplaatvloer	Nee		https://narrativa.nl/wp-content/uploads/2018/11/Droomhuis-villa-Driemond-2017-Narrativa-architecten.pdf
BG-vloer Iso		Nee		
BG-vloer Folie	-			
BG-vloer Afw	Tegels	Nee		
BG wand Constr	HSB	Ja		https://www.biobasedbouwen.nl/wp-content/uploads/2017/03/Biobased-architectuur-echte-duurzaamheid-Narrativa-architecten.pdf
BG wand Iso	Cellulose/ Fermacell	Ja/nee		
BG wand Folie				
BG wand Afw	Waxed wood foreco/ stuc	Nee/ja		
V1 Constr Systeem				
V1 vloer Constr	Hout	Ja		https://www.biobasedbouwen.nl/projecten/biobased-villa-driemond/#tab-id-5
V1 vloer Iso	Ecopearls	Ja		
V1 vloer Folie	Nee			
V1 vloer Afw	Hout	Ja		
V1 wand Constr	Hout	Ja		
V1 wand Iso	Cellulose/Fermacell	Ja/nee		
V1 wand Folie				
V1 wand Afw	Waxed wood Foreco/ stuc	Ja/nee		
Dak Constr Systeem	Hout Zadel	Ja		
Dak Constr				
Dak Iso	Cellulose	Ja		
Dak Folie	EPDM	Nee		
Dak afwr	Hout	Ja		
Deuren	Accoya	Ja		
Kozijnen	Accoya	Ja		
Overig				



Figuur 12 Westgevel Villa Driemond (eigenhuisbouwen, sd)

Dakopbouw - dakelement

- Stucplaat 9,5mm
- Rachelwerk
- OSB-III 15mm
- Gordingen 59x220mm; h.o.h. 600mm
- Cellulose inblaasisolatie
- Homatherm UD-Q11 protect plaat 60mm
- Zwart dampopen UV-bestendige folie
- Tengels 38x42mm
- OSB-III 18mm
- Dakbedeking EPDM verlijmd
- Tengels 22x50mm
- Open gevelbekleding: WaxedWood 18mm

Wandopbouw

- Fermacell 12,5mm
- Leidingspouw 45mm met Holzflex 40mm
- OSB-III 15mm
- Stijl- en regelwerk 36x196mm; h.o.h. 600mm
- Cellulose inblaasisolatie
- Homatherm UD-Q11 protect plaat 35mm
- Verduurzaamde lat 38x44mm, geventileerd en schuin
- Open gevelbekleding: WaxedWood 18mm

Figuur 13 Detail 'speciaal element' Villa Driemond (narrativa, sd)



Figuur 14 Doorlopen van gevelbekleding naar binnen (eigenhuisbouwen, sd)



Figuur 15 Speciale element Villa Driemond (eigenhuisbouwen, sd)

Opsomming bouwonderdelen die Biobased kunnen worden uitgevoerd

Bouw Onderdeel	Geschikt	Materiaal Ref	Ref Project	Opmerking
Fundatie	Nee	Beton	Jakarta, Egenes, IEWAN	Villa Driemond niet bekend, maar is ook minder geschikt als referentie vanwege kleinere omvang project.
Kelder vloer Constr	Nee	Beton	Jakarta, Egenes	Akkoord
Kelder vloer Iso	Onbekend			
Kelder vloer Folie	Onbekend			
Kelder vloer Afw	Nee	Beton	Jakarta	Discutabel
Kelder wand Afw Bi	Onbekend			
Kelder wand Constr	Nee	Beton	Jakarta, Egenes	Akkoord
Kelder wand Iso	Onbekend			
Kelder wand Folie	Onbekend			
Kelder wand Afw Bui	Onbekend			
BG Constr Systeem	Nee	Beton, klkzs,	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond	Discutabel
BG-vloer Constr	Nee	Beton	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond	Akkoord
BG-vloer Iso	Nee	Steenwol	IEWAN	Discutabel
BG-vloer Folie	Onbekend			
BG-vloer Afw	Ja	Hout, bamboe	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond	
BG wand Constr	Ja	CLT, GLULAM, HSB	Egenes, Driemond	
BG wand Iso	Ja	Cellulose, stro	IEWAN, Driemond	Onderzoek naar meer
BG wand Folie	Ja	Geen	IEWAN	Geen folie toepassen is goed voor het milieu, maar het is erg waarschijnlijk dat het een gebouw zonder stro opbouw deze wel nodig heeft- verder onderzoek
BG wand Afw	Ja	Hout, bamboe	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond	Onderzoek naar meer
V1 Constr Systeem	Ja	CLT, GLULAM, HSB	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond	
V1 vloer Constr	Ja	CLT	Jakarta, Egenes	Wel bekijken waarom een cement dekvloer wordt toegepast
V1 vloer Iso	Ja	EcoPearls	Driemond	Kijken of dat ook toepasbaar is voor middelhoogbouw en bij CLT vloersystemen
V1 vloer Folie	Onbekend			
Dak Constr Systeem	Ja	CLT, GLULAM, HSB		
Dak Constr	Ja	CLT, GLULAM, HSB		
Dak Iso	Ja	Cellulose	Driemond	
Dak Folie	Onbekend	-		Onderzoeken
Dak afwr	Ja	Hout	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond	
Deuren	Ja	Hout	Egenes IEWAN, Driemond	
Kozijnen	Ja	Hout	Jakarta, Egenes IEWAN, Driemond	
Overig (galerij toegang)	Ja	Hardhout	IEWAN	Hardhout vanwege brandbaarheid eisen. Nagaan of het ook kan met bijvoorbeeld glulam .
Liften	Nee	Beton	Jakarta, Egenes	Akkoord

Conclusie analyse

Analyse van de opsomming geeft een aantal belangrijke aandachtspunten voor het vervolg van een herontwerp met biobased materiaal:

1. De lagergelegen delen van een bouwwerk lijken minder geschikt voor het toepassen van biobased materiaal. Het is aannemelijk dat zo is vanwege de kracht afdragende functie. De fundatie, kelder en begane grond worden het meest belast en staan vaak (deels) onder het maaiveld. De combinatie staal en beton is sterker en meer druk vast dan GLULAM of CLT, tevens is het bekend dat met de juiste dimensionering en uitharding het bestand is tegen water en chemicaliën. Vanwege de positie (deels) in het maaiveld wordt daarom waarschijnlijk voor staal en beton gekozen.
2. Kunnen bouwfolies van biobased materiaal gemaakt worden?
3. Isolatiemateriaal in vloeren is in mindere mate biobased uitgevoerd, misschien vanwege de drukvastheid die gewenst wordt voor deze toepassing? Nagaan hoeveel verschillende soorten hiervan zijn en welke dimensionering.
4. In de grote houten projecten, Egenes en Jakarta, is er ook nog een cementdekvloer gebruikt. Dit is volgens bronnen gedaan vanwege de akoestische verbetering die dit oplevert.
5. Liftten worden niet in CLT uitgevoerd. Het boek 'Solidwood' spreekt van een stabiliserende factor hierdoor bij project Egenes Park. Hotel Jakarta geeft geen reden voor het uitvoeren van de liftschacht in beton.
6. Gebruikte gevelmaterialen variëren weinig. Hout, Glas, en Leemstuc, waarvan alleen hout een biobased materiaal is. Zijn er veel andere mogelijkheden voor de biobased gevelafwerking van een bouwwerk?

Bibliografie

- arkitektur . (sd). Opgehaald van <https://www.arkitektur.no/egenes-park?buye=Under+utvikling>
- dearchitect. (sd). Opgehaald van <https://www.dearchitect.nl/projecten/arc18-hotel-jakarta-amsterdam-search>
- eigenhuisbouwen. (sd). Opgehaald van <https://www.eigenhuisbouwen.nl/woningen/narrativa-architecten-verrassing-op-verrassing/>
- eigenhuisbouwen. (sd).
- eigenhuisbouwen. (sd). Opgehaald van <https://www.eigenhuisbouwen.nl/woningen/narrativa-architecten-verrassing-op-verrassing/>
- Mayo, J. (2015). In J. Mayo, *Solid Wood* .
- narrativa . (sd). Opgehaald van <https://www.biobasedbouwen.nl/wp-content/uploads/2017/03/Biobased-architectuur-echte-duurzaamheid-NarrativaA-architecten.pdf>
- Onix. (sd). Opgehaald van <https://onix.nl/project/egenes-park/11-onix-nl-egenes-park-stavanger-woongebouw-kinderdagverblijf-saph/>
- search. (sd). Opgehaald van <https://search.nl/#!/content/hotel-jakarta-amsterdam>
- ursem. (sd). Opgehaald van <https://www.ursem.nl/projecten/hotel-jakarta/>
- wijma. (sd). Opgehaald van <https://www.wijma.com/nl/projecten-b-u/houten-balkon/ecologisch-wonen-nieuwbouwproject-iewan-strowijk-nijmegen>
- wijmakennederland. (sd). Opgehaald van <https://wijmakennederland.nl/praktijk/iewan-strowijk-nijmegen>









