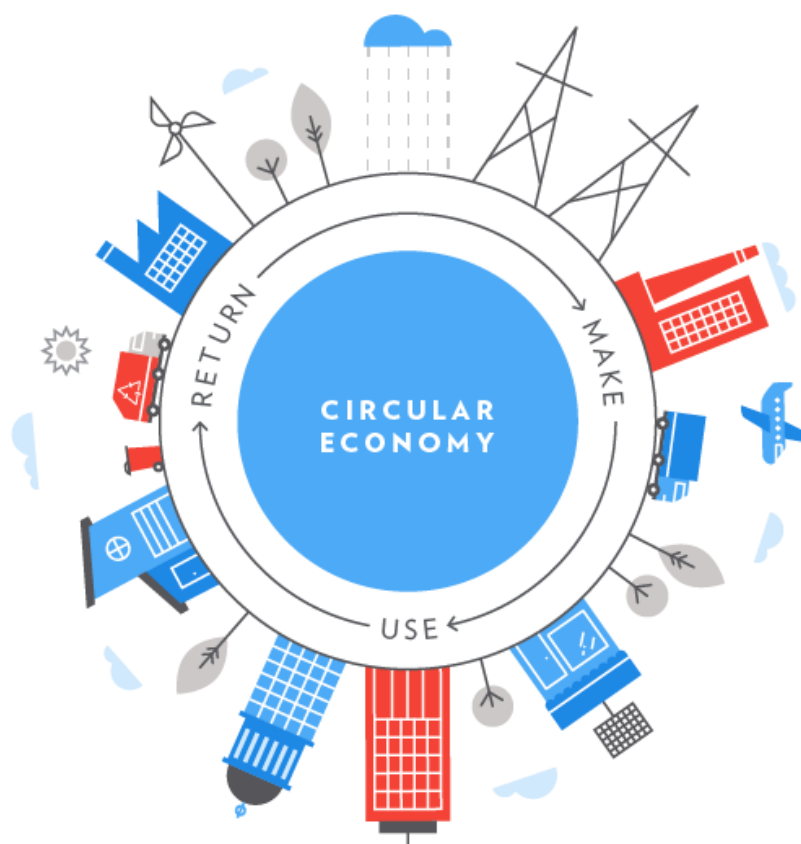


DEMONTABEL BOUWEN VOOR ONDERWIJSGEBOUWEN

BUILDING DEMOUNTABLE EDUCATIONAL BUILDINGS

AFSTUDEERONDERZOEK
THESIS



Auteur:

Timo van Dalen

Versie:

5

Datum:

24 mei 2019

In het kader van de opleiding Bouwkunde
aan HZ University of Applied Sciences

Afstudeerbedrijf:

Spring Architecten

Bedrijfsbegeleider:

Ing. D. Bots

1^{ste} Examiner/stagebegeleider:

Ing. R.C.C. Mattheeuw

2^{de} Examiner:

Ir. E. van de Velde

Afstudeeronderzoek Demontabel Bouwen

ONDERZOEKSRAPPORT

Projectnaam	Afstudeeronderzoek Demontabel Bouwen
Opdrachtgever	Spring Architecten
Auteur	T. van Dalen
Opleiding	Bouwkunde
Onderwijsinstelling	HZ University of Applied Sciences
Studiejaar	2018/2019, leerjaar 4, semester 8
Cursusnaam	De Bouwkundig Ingenieur
Cursusbegeleider	ir. B. Vercouteren van den Berge
Bedrijfsbegeleider	Ing. D. Bots
Stagebegeleider	Ing. R.C.C. Mattheeuw
1^{ste} Examinator	Ing. R.C.C. Mattheeuw
2^{de} Examinator	Ir. E. van de Velde
Plaats van Uitgave	Spring Architecten Prins Hendrikkade 41, 3071 KB, Rotterdam
Datum	24 mei 2019
Versie	5



SPRING

In opdracht van HZ University of Applied Sciences, Academie van Technologie en Innovatie, opleiding Bouwkunde. Onder begeleiding van Spring Architecten.

Versie 1	17-05-2019	Conceptrapport
Versie 2	20-05-2019	Feedback Peer 1 verwerkt
Versie 3	21-05-2019	Feedback Peer 2 verwerkt
Versie 4	22-05-2019	Feedback Stagebegeleider verwerkt
Versie 5	23-05-2019	feedback Collega's verwerkt

Disclaimer

Dit onderzoeksrapport en diens inhoud is vertrouwelijk en berust op auteursrecht, in handen van de auteur. Het overnemen van deze kennis of verstrekken van informatie aan derden is niet toegestaan zonder toestemming van de auteur, Timo van Dalen.

Confidentiality rule

The information in this thesis is confidential and all rights are reserved for the author of this piece. Any review, retransmission, dissemination or other use of, or taking of any action in reliance upon, this information by persons or entities other than the intended recipient is prohibited without approval of this piece's author, Timo van Dalen.

AKKOORD STAGEGEVER

Handtekening bedrijfsbegeleider: D. Bots

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Bots', with a horizontal line extending from the end of the signature.

Datum: 23-05-19

VOORWOORD

Voor u ligt het afstudeeronderzoek 'Demontabel Bouwen voor Onderwijsgebouwen'. Het onderzoek is tot stand gekomen in het kader van de opleiding Bouwkunde aan HZ University of Applied Sciences en in samenwerking met Spring Architecten. Spring Architecten is daarbij het bureau waar ik voor mijn afstuderen het gehele semester mijn afstudeerstage heb gedaan om hier dan fulltime aan mijn scriptie te kunnen werken.

Het onderwerp is voort gekomen uit eigen interesse alsmede een vraag binnen Spring om te onderzoeken hoe circulariteit geïmplementeerd kan worden in de ontwerpen voor onderwijsgebouwen. Spring heeft opgemerkt dat de vraag voor circulariteit steeds vaker bij opdrachtgevers naar voren komt en wil hierom de kennis in huis halen om zo een antwoord te kunnen geven op die vraag.

Tijdens mijn onderzoeksperiode ben ik in het bijzonder bijgestaan door mijn stagebegeleider Rensley Mattheeuw vanuit HZ University of Applied Sciences en Dirk Bots vanuit Spring Architecten. Daarbij heb ik zelf de hulp van andere professionals uit het beroepenveld bij mijn onderzoek betrokken om zo meer kennis tot me te kunnen nemen. Zo heeft Remko Wiltjer mij als constructeur advies gegeven over de constructieve kant van een nieuw vloerontwerp, Stef Bots en Ron van Wijk voor de afkadering van het onderzoek en informatie over circulariteit en tot slot Taco Tuinhof en Sjoerd de Nooijer voor informatie over alternatieve demontabele bouwmethodieken.

Buiten de bovenstaande mensen wil ik ook mijn andere collega's binnen Spring Architecten bedanken vanwege hun hulp wanneer ik deze dacht nodig te hebben.

Ik wens u veel leesplezier,

Timo van Dalen

Rotterdam, 24 mei 2019

SAMENVATTING

De economie zoals wij die tot voorheen, maar ook in de huidige situatie, nog veelal zien, is in de basis lineair van aard. Door de eindigheid van grondstoffen op onze planeet en de doorgaande opwarming van de aarde dienen wij onszelf de beweging richting een uiteindelijk 100% **circulaire economie**. Deze **circulaire** gedachtegang staat in de bouwwereld bekend als ‘**circulair bouwen**’ en kan worden verwezenlijkt door middel van onder andere demontabel bouwen.

Hoewel er al meerdere demontabele bouwmethodieken in de markt aanwezig zijn is het lastig een duidelijk beeld van het aanbod te krijgen. De markt vraagt hierom naar een document, of beter gezegd een handboek, waarin demontabele bouwmethodieken gebundeld staan beschreven zodat op die manier circulariteit in een ontwerp gemakkelijker geïmplementeerd kan worden.

De vraag naar dit handboek is voort gekomen uit een vraag binnen Spring Architecten. Voor hen dien ik te onderzoeken hoe demontabele bouwmethodieken geïmplementeerd kunnen worden binnen hen ontwerpen van onderwijsgebouwen. Hierin staat de volgende hoofdvraag centraal:

“ Op welke wijze kan er een document worden opgesteld waarin bouwmethodieken staan beschreven waarmee Spring Architecten circulariteit op het gebied van demontabel bouwen kan implementeren op hun ontwerpen van onderwijsgebouwen? ”

Door binnen Spring de toegepaste bouwmethodieken van recente projecten voor de eerste deelvraag te onderzoeken werd duidelijk dat er bij alle bestudeerde projecten is gekozen voor vloeren van beton. De keuze hiervoor komt voort uit het feit dat beton een hoge massa heeft waardoor het goed is tegen de wering van geluid alsmede de brandwerendheid. Echter, beton is, door de natte verbindingen, juist zeer lastig demontabel toe te passen, hieruit kon al opgemaakt worden dat er met het toegepaste type vloer binnen Spring iets zal moeten veranderen.

In de tweede deelvraag heb ik de huidige markt middels een **Tweetraps-Quickscan** onderzocht op bestaande demontabele bouwmethodieken. Vervolgens konden, door in stap twee te filteren op volledige **demontabiliteit**, de gegevens gestructureerd te gebundeld worden tot een handboek. Door de rapportstructuur in beginsel te baseren op **NL-SfB** zijn de bouwmethodieken logisch verdeeld aler deze bouwdelen onder te verdelen in de hoofdstukken “**Casco**”, “Afwerking **Casco** en binnenwanden” en “Installaties en overig” naar gelang de gewichtigheid in relatie tot het onderzoekskader.

Omdat in de huidige markt demontabele bouwmethodieken voor vloeren nog ontbreken en vloeren van beton, zoals ook bleek uit de uitkomst van deelvraag 1, vele voordelen hebben vanwege de massa voor akoestiek en brandwerendheid is een volledig nieuw demontabel vloersysteem van beton ontworpen. Vanwege zijn vorm krijgt het de naam “Tunnelvloer” en kunnen installaties in de lengterichting binnen het vloerveld en in de breedterichting binnen het plenum verplaatst worden. De onderlinge koppeling ten behoeve van **schijfwerking** vindt plaats door middel van stroken beton met een wigvorm die de platen op zijn plaats houden en met de oplegging verbinden.

Al met al is een consistent handboek gecreëerd waarmee demontabel bouwen voor onderwijsgebouwen een stuk gemakkelijker is geworden en als levend document kan het handboek naargelang nieuwe ontwikkelingen zich voordoen worden uitgebreid om up-to-date te blijven.

ABSTRACT

To an alarming degree, the economy as we know it these days is linear based, meaning products are being created for a single lifetime only as items are often thrown away after usage. However, this cannot continue for much longer. Not only are environmental conditions worsening on a global scale, there is also a finite amount of our world's resources. Hence we should move in the direction of a circular economy, which in terms of the built environment, is known as 'Building Circularly'. By implementing demountable building systems, a circular economy in the built environment can be achieved.

Even though there are numerous demountable building techniques available, it is, to some degree, hard to get a coherent overview of these techniques. For that reason, it is expected that a structured document in which an overview of demountable building techniques is provided will ease the implementation of circular building techniques for designs.

The handbook was asked for by 'Spring Architects', which is the architectural firm I am doing my graduation at, to imply circular principles in their design for educational buildings. In principle, the handbook's scope deals with the building structure, as this covers the vast amount of the building volume. To carry out this task, I, together with my graduation supervisor and Spring Architects, came up with the following main question:

“ How can one set up a document in which building techniques are described that enable Spring Architects to imply demountable building methods on their designs for educational buildings with the goal to help creating a circular economy for the built environment? ”

Studying the building methods for schools previously applied by Spring, provided insight in the fact that concrete, whether it was precasted or casted on site, is always used to construct the floors. The choice for this material comes from the fact it has many advantages for soundproofing but also an increase in fire resistance. However, when applying prefabricated concrete, an additional layer of concrete must be paired to ensure the elements work as a whole. Unfortunately, this limits the demountability of the building. In order to solve this, design changes were deemed necessary.

For the second sub-question, I performed a market research by doing a **two-step quick scan** which allowed me to later filter these methods based on the criteria 'demountability'. Afterwards I would subdivide the techniques per **NL-SfB** code making it a structured document. To make sure the subdivision correlated with what I had in mind for the focus of this research, I again subdivided the **NL-SfB** building element codes into the following 3 chapters, 'structural elements', 'structure finish and inner walls' and 'Installations and remaining elements'.

For the last sub-question I designed an entirely new floor type that was fully demountable. After all, concrete has many benefits as was described before. For that reason, if I were able to come up with a demountable concrete floor it would most certainly gain amply benefit. The floor gained the shape of tunnel which is why I call it the 'tunnel floor'. The open shape in the precast concrete enables installations e.g. ventilation pipes, to cover this area in the length of the element. The parts are kept on place by concrete ridges that hold together the segments with a rivet connection.

At the end, I have set up a thoughtfully organized handbook that enables Spring to apply demountable building techniques to their designs for schools. As the document is meant to be active, it should be constantly updated with current building methods to be aware of the newest building enhancements.

BEGRIPPENLIJST

Casco	Collectief begrip van alle constructieve bouwdelen
Circulair (circulaire economie)	De circulaire economie is een economisch systeem dat bedoeld is om herbruikbaarheid van producten en grondstoffen te maximaliseren en waardevernietiging te minimaliseren. (MVO Nederland)
Demontabiliteit	De mate van in hoeverre een bouwdeel te demontabel is
Gebouwflexibiliteit	De mate waarin de indeling van een gebouw aanpasbaar is zonder slopen
HDBO	Handboek Demontabel Bouwen voor Onderwijsgebouwen
NL-SfB	Veelgebruikte coderings-/ categoriseringsmethode voor bouwdelen
Schijfwerking	Constructieve samenwerking van losse vloerdelen voor stabiliteit
Tweetraps-Quickscan	Zoekmethodiek om snel de huidige markt in kaart te brengen en te filteren

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
1.1. Onderzoekskader	1
1.2. Hoofd- en Deelvragen	3
2. Methode en Materialen	4
2.1. Interviews	4
2.1.1 Interne interviews en overleggen	4
2.1.2 Externe interviews	4
2.2. Tweetraps-Quickscan	5
2.3. Keuze voor Handboek	5
2.4. Scope Handboek	6
2.5. Opbouw Handboek	6
3. Resultaten	7
3.1. Bestaande ontwerpmethodiek en bouwsystematiek Spring	7
3.1.1. Ontwerpmethodiek	7
3.1.2. Bouwsystematieken	8
3.2. Demontabele bouwmethodieken	9
3.2.1. Casco	9
3.2.2. Afwerking Casco en binnenwanden	9
3.2.3. Installaties en overig	10
3.3. Demontabele Tunnelvloer	11
4. Discussie	17
4.1. Onderzoeksvragen	17
4.2. Resultaat onderzoek	18
4.3. Reikwijdte observaties	18
4.4. Onderzoeksmethode	19
4.5. Verwachtingen	19
4.6. Aanbevelingen/ toepassing	20
Bronvermelding	21

Bijlage 1: Deelrapport deelvraag 1

Bijlage 2: HDBO 2019

Bijlage 3: Feedback Peer 2

1. Inleiding

Onze huidige economie is voor materialen, producten in de basis gebaseerd op een lineair principe. Dit betekent dat producten en diensten worden ontwikkeld vanuit een samenstelling van primaire grondstoffen om hier vervolgens een product mee te creëren. Deze producten en diensten zijn er zo op ingericht dat hetgeen in gebruik wordt genomen en aan het einde van de gebruiksduur wordt vernietigd aangezien de restwaarde op nul wordt gezet.

Om dit probleem te voorkomen dienen wij ons te bewegen richting een **circulaire economie**, een begrip waar al veel over gesproken wordt als zijnde een ‘hippe trend’ met tevens tientallen verschillende betekenissen. Het principe hoe ik deze zie is echter vrij simpel, je product en/ of dienst er zo op inrichten dat deze aan het eind van de gebruiksduur nog enige restwaarde biedt. Zo kan een product volledig en gelijkwaardig, al dan niet deels of voor andere doeleinden toepasbaar, hergebruikt worden. De beschikbare grondstoffen zijn namelijk veelal eindig en raken hierom op. Het is om die reden van belang grondstoffen zo lang mogelijk te behouden en producten te hergebruiken.

Voor de bebouwde omgeving richt circulariteit zich op **circulair** bouwen. Met andere woorden, een gebouw er zo op inrichten dat deze tevens dient als ‘grondstof’ voor een nieuw te bouwen gebouw of bouwdeel. Een methode om circulariteit te implementeren binnen dit principe is middels ‘demontabel bouwen’. Het begrip demontabel bouwen an sich is echter niet evenredig aan circulariteit, het is namelijk heel goed mogelijk dat bouwdelen op zichzelf staand demontabel zijn maar deze hun **circulaire** waarde verliezen door een bepaalde afwerking van deze bouwdelen. Bovendien, je kunt jezelf afvragen of een principe **circulair** te noemen is wanneer een gebouw is ingericht om deze te kunnen demonteren voor toepassing op andere projecten, maar er geen nieuwe bestemming is voor deze bouwdelen.

Hoewel het onmogelijk met zekerheid vast te stellen is wat de toekomstige vraag van producten en diensten zal zijn, je kunt gebouwen wel zo inrichten dat de bouwdelen niet identiek zijn maar juist repeterend, oftewel het betrekken van modulariteit binnen het onderzoekskader.

De vraag van dit handboek komt voort uit de vraag binnen Spring Architecten naar demontabele bouwmethodieken die aanzet geven voor **circulair** bouwen. De doelstelling voor dit onderzoek is dan ook het verwerven van kennis op het gebied van **demontabiliteit** alvorens dit samen te vatten in een toereikend en toegankelijk handboek. Door dit handboek toe te spitsen op de sector onderwijs geeft dit Spring de mogelijkheid hun ontwerpen voor onderwijsgebouwen zodanig in te richten dat kan worden voorzien in een **circulaire economie**.

1.1. Onderzoekskader

Hoewel er een aantal onderzoeken te vinden zijn met betrekking tot demontabel bouwen, zoals “Eco-villa te Nieuweveen” (Vermeulen, 2008) en “Demontabel bouwen in prefab Beton” (Boereboom, 2013) zijn deze onderzoeken niet alleen onvolledig en ontoereikend met betrekking tot scholenbouw, ze zijn daarbij ook nog eens niet actueel. Aangezien er geen duidelijk document te vinden is waar kennis op het gebied van demontabel bouwen op alle bouwtechnische bouwdelen samenkomt in een toereikend document is de keuze voor het opstellen van een handboek evident.

1.2. Scope

Bekend is al dat dit onderzoek zich toespitst op in het bijzonder het **casco** van onderwijsgebouwen. De vraag blijft echter nog, “Wat wil ik hiermee dan bereiken rondom circulariteit?”. Hiervoor is gekeken naar het vlindermodel van de ‘Ellen MacArthur Foundation’, zie Afbeelding 1. Deze diagram is een weergave van de volledige **circulaire economie**. Hoewel, zoals ook zichtbaar is, recycling ook onder circulariteit valt is het de minst duurzame methode van hergebruik. Het materiaal dient dan namelijk weer terug gebracht te worden naar de basisgrondstof en dit vergt een hoge mate van energie.

OUTLINE OF A CIRCULAR ECONOMY

PRINCIPLE

1

Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows
ReSOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange

PRINCIPLE

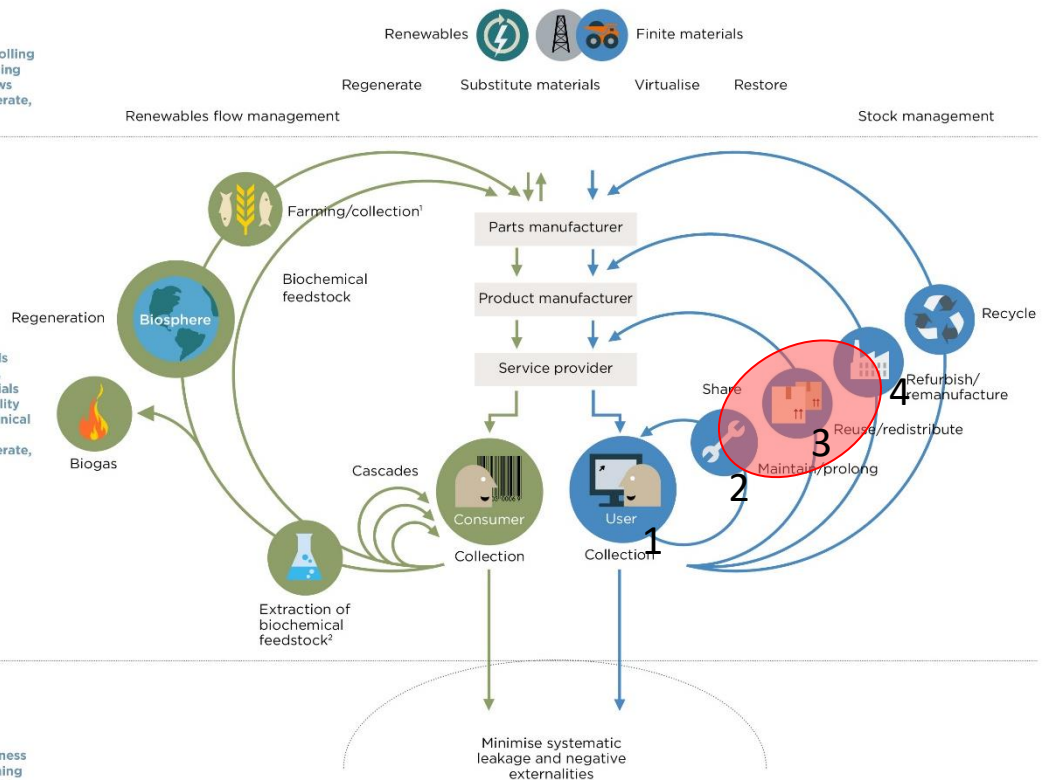
2

Optimise resource yields by circulating products, components and materials in use at the highest utility at all times in both technical and biological cycles
ReSOLVE levers: regenerate, share, optimise, loop

PRINCIPLE

3

Foster system effectiveness by revealing and designing out negative externalities
All ReSOLVE levers



1. Hunting and fishing
2. Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input
Source: Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment; Drawing from Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C).

Afbeelding 1: Diagram Circulaire Economie Ellen MacArthur Foundation

Voor het afbakenen van het onderzoek en bovenal voor een zo duurzaam mogelijke uitkomst, focus ik mij in beginsel op stap 3 van de diagram, oftewel hoogwaardig hergebruik. Dit houdt in het geval van de bouw in dat een bouwproduct één keer gemaakt wordt en vervolgens opnieuw toegepast kan en zou moeten worden in de huidige functie zonder dat er daarbij aan het product gezaagd wordt.

1.3. Hoofd- en Deelvragen

Voor een goede uitwerking van het vraagstuk omtrent het handboek is de volgende Hoofdvraag met bijbehorende deelvragen opgesteld.

Hoofdvraag

Op welke wijze kan er een document worden opgesteld waarin bouwmethodieken staan beschreven waarmee Spring Architecten circulariteit op het gebied van demontabel bouwen kan implementeren op hen ontwerpen van onderwijsgebouwen?

Deelvragen

1. Wat is de huidige ontwerpmethodiek bij Spring en welke bouwsystemen worden hierbij toegepast?

Onderzoek wat het ontwerpproces is bij Spring Architecten en welke type bouwmethododes veelal worden toegepast. Beschrijf eerst in algemene zin het ontwerpproces en kijk vervolgens per project welke type constructie, wanden, vloeren, gevels, aansluitingen en afwerkingen gebruikt worden om vervolgens hier de meest gebruikte opties te beschrijven.

2. Welke demontabele bouwmethodieken, m.b.t. de constructie, vloeren, wanden en schil van het gebouw, zijn op de bestaande markt te vinden en kunnen worden toegepast op projecten voor onderwijsgebouwen?

Zoek tijdens een quickscan, onderverdeeld per bouwdeel, uit welke bestaande bouwmethododes er zijn en beschrijf hoe hiermee demontage mogelijk is door aan zo min mogelijk, bij voorkeur aan geen, bouwdelen te hoeven zagen. Werk, na het filteren van deze bouwmethodiek op volledige demontabiliteit, vervolgens de bouwdelen van het **casco** tot in detail uit door deze te toetsen aan de opgestelde toetsingscriteria. Doe dit op zo'n wijze dat er een veelzijdige lijst met verschillende oplossingen ontstaat die Spring kan gebruiken voor het implementeren van demontabel bouwen. Deze oplossingen vormen samen het handboek dat bewezen goed toegankelijk dient te zijn voor een goede bruikbaarheid.

3. Valt er een nieuwe demontabele methodiek/ principe te bedenken die modulair kan worden toegepast en **gebouwflexibiliteit** voor onderwijsgebouwen verhoogt?

Om verdere diepgang te creëren en aanvullende kennis te creëren op het gebied van demontabel bouwen dient er een nieuwe systematiek ontworpen te worden die volledig demontabel is. Deze zal na uitwerking toegevoegd dienen te worden aan het handboek.

2. Methode en Materialen

2.1. Interviews

Om antwoord te krijgen op de hoofdvraag, zijn gedurende deze onderzoeksperiode een verscheidenheid aan interviews en overleggen gevoerd. Ondanks dat kennis omtrent demontabel bouwen nog in ontwikkeling is zit de meeste kennis toch bij professionals in het bedrijfsleven. Om die reden is er voor gekozen interviews te voeren in tegenstelling tot enkel online bronnen en documenten te onderzoeken die toch onvolledig blijken te zijn in kennis. Door telkens voorafgaand aan een interview een selectie aan vragen op te stellen kon ik goed voorbereid het interview ingaan en bovendien niet per ongeluk vergeten bepaalde vragen te stellen.

2.1.1 Interne interviews en overleggen

Zeker in de beginfase van het onderzoek diende er regelmatig overleg plaats te vinden voor het exact vastleggen van de scope met als doel de belangen van Spring zo goed mogelijk te behartigen. Door meermaals door te vragen was ik beter in staat de scope van het onderzoek af te kaderen. Daarnaast heb zijn er ook meerdere interne overleggen gepleegd met architecten binnen Spring met betrekking tot de deelvragen. In het begin had dit betrekking op de eerste deelvraag over de huidige ontwerpmethodiek en toegepaste bouwmethodieken voor de sectie onderwijs. Later in het stadium heb ik, met betrekking tot deelvraag 3, meermalig intern overleg gepleegd voor het maken van het ontwerp van een demontabele bouwmethodiek en met name welke randvoorwaarden er aan dit ontwerp gesteld dienen te worden.

2.1.2 Externe interviews

Naast de intern gevoerde interviews hebben er ook meerdere gesprekken plaats gevonden met individuen uit het bedrijfsleven en organisaties die zich richten op **circulair** bouwen en duurzaamheid. In beginsel was dit mede voor het opstellen en beter vaststellen van de scope alsmede het creëren van inzichten rondom **circulair** bouwen. In de vorderende fases ben ik in gesprek gegaan met een constructeur en externe architecten voor het eigen demontabele ontwerp.

In de eerste fase heb ik mijzelf in contact gebracht met Ron van Wijk van Stichting **Circulair** Bouwen met als doel te achterhalen waar op het gebied van hergebruik in de bestaande markt de grootste vraag is en of er verwachten zijn op dit gebied voor wat dit in de toekomst gaat doen. Door van dit moment gebruik te maken kon meer kennis worden opgedaan en eventueel contact worden gelegd met anderen uit zijn connecties.

Via mijn bedrijfsbegeleider ben ik in contact gebracht met Stef Bots die BREEAM-NL mede heeft opgezet toen het in Nederland werd geïntroduceerd. Aangezien hij zich breder heeft georiënteerd op het gebied van duurzaamheid en circulariteit kon hij in algemene zin meer kennis meegeven in dit vakgebied. Bovendien heeft hij als adviseur duurzaamheid in een ziekenhuis meerdere stagiaires begeleid waardoor hij in staat was het een en ander aan kennis te delen op het gebied van het afkaderen van de onderzoekscope en filtermethodieken voor het analyseren van de bestaande markt.

Tijdens de onderzoeksfase ben ik meermaals in gesprek gegaan met Remko Wiltjer van 'IMd raadgevende ingenieurs' om te kijken in hoeverre mijn ontwerp constructief mogelijk is als principe. Het grote voordeel is dat hij voor meerdere projecten met Spring samenwerkt waardoor deze connectie voor de hand lag.

Tot slot ben ik ook in overleg gegaan met Taco Tuinhof en Sjoerd de Nooijer van Rothuizen Architecten in Middelburg. Als architectenbureau houden zij zich niet alleen bezig met herbestemming maar hebben ook een aantal gebouwen in hun portfolio (nog lopend of al opgeleverd) waarin demontabel bouwen een belangrijk onderdeel is van het project. Door mij door hen te laten informeren over toegepaste bouwmethodieken kon meer kennis op dit gebied verwerft worden.

2.2. Tweetraps-Quickscan

Uit het interview met Stef Bots volgde de filtermethodiek, **twee-traps quick scan**. Dit houdt in dat eerst de markt op een selectie aan bouwdelen wordt onderzocht op toepassingen die tot op zekere hoogte of volledig demontabel zijn. Vervolgens konden in stap twee de gevonden bouwmethodieken gefilterd worden op volledige demonteerbaarheid alsmede relevantie van de toepassing. Aangezien het handboek zich louter richt op demontabel bouwen is het niet meer dan logisch dat alle voorgeschreven bouwmethodieken ook volledig demontabel zijn. De in een spreadsheet verwerkte eerste stap van de 'quick scan' geeft in dit geval een duidelijke beeldvorming over hoe de bestaande selectie aan methodieken tot stand is gekomen.

2.3. Keuze voor Handboek

Door te kijken naar de vraag vanuit Spring naar een informatief document met demontabele bouwmethodieken werd al snel duidelijk dat een handboek hiervoor de best optie is. Een andere optie was het verzamelen van de gegevens en deze gestructureerd bundelen op een website. In principe zou dat dezelfde opbouw krijgen als het huidige handboek, alleen waren de hoofdstukken in dat geval verdeeld over tabbladen. Door te werken met een 'slimme PDF' waarin hyperlinks zijn verwerkt, zodat je gemakkelijk door het document kunt navigeren, is een even gemakkelijk bestand te creëren.

Aangezien een website om bovenstaande redenen geen meerwaarde heeft in vergelijking met een 'slimme PDF' zou het zijn doel volledig voorbij gaan. Een handboek is in dit geval dan ook de meest gangbare methode om op een eenvoudige manier informatie naar voren te brengen. Handboeken staan er daarbij ook om bekend dat deze geschikt zijn voor het naar voren brengen van informatie. Het voordeel van een digitaal bestand is naast het feit dat je hiermee papiergebruik bespaart ook dat een online bestand gemakkelijk up te date is en daarnaast dat men in de cloud online inzage kan doen. Voor het implementeren van de **circulaire** gedachtegang is het dan ook zeker niet de bedoeling dit document te printen op papier.

2.4. Scope Handboek

Naar aanleiding van gesprekken met Spring, de afstudeerbegeleider en externe interviews is de focus van het handboek vastgesteld. Naast het feit dat de focus ligt op onderwijsgebouwen is besloten een vierdeling te maken in hoofdstukken. In het eerste hoofdstuk, 'Achtergronden', wordt toelichting gegeven op het handboek en overkoepelende zaken worden hier besproken, het tweede hoofdstuk gaat vervolgens in op het **casco**, waar de meeste Nadruk op zal worden gelegd.

Er is gekozen voor het **casco** omdat dit het onderdeel is dat het meest in de weg staat bij eventuele sloop, het een groot deel van het gebouwvolume omvat (met uitzondering van de gebruiksruimten) en flankerende bouwdelen de meest negatieve impact kunnen hebben op de resterende levensduur van het **casco**. Daarbij komt dat de gebruiksduur van een schoolgebouw moeilijk vast te stellen is en deze tevens gemakkelijk kan worden beïnvloed door onverwachte omstandigheden zoals vergrijzing, plotse krimp of onverwachte bevolkingsgroei. Voor een meer uitgebreidere toelichting op deze keuze, zie 'Hoofdstuk 1: Achtergronden' in het **HDBO 2019** (Handboek Demontabel Bouwen voor Onderwijsgebouwen 2019).

Het derde Hoofdstuk legt de nadruk op de afwerking van de bouwdelen van het **casco**, e.g. vloerafwerking, wandafwerking en plafondaafwerking. Tot slot worden in het laatste hoofdstuk de overige bouwdelen behandeld zoals trappen en helling en hoe Installaties ingepast kunnen worden. Demontabele installaties zelf worden echter niet behandeld in het handboek omdat, in het geval van Spring, deze keuze door derden wordt gemaakt, denk aan installatieadviseurs.

2.5. Opbouw Handboek

Voor het maken van de juiste lay-out voor het handboek zijn verschillende scenario's in kaart gebracht. In eerste instantie was het idee om de volledige opbouw en volgorde van **NL-SfB** aan te houden en op die manier de hoofdstukken van het handboek op te bouwen. Echter, de driedeling **casco**, afwerking, overig behoort niet met de hoofdstukverdeling van **NL-SfB**. Daarentegen is de principiële opdeling van de **NL-SfB** wel logisch.

Als oplossing is er gekozen de twee opties te bundelen. Door zowel de driedeling als **NL-SfB** codering aan te houden omvat het resultaat het beste van beide werelden. De bouwdelen volgens **NL-SfB** worden onderverdeeld onder **casco**, afwerking en overig. De nummering van **NL-SfB** wordt in dit geval niet meegenomen aangezien deze louter verwarring kan zorgen.

De resterende afweging die gemaakt diende te worden was of de zelf ontworpen demontabele bouwmethodiek een volledig los hoofdstuk zou krijgen of tevens onderverdeeld in de hoofdstukverdeling. Met het idee dat een los hoofdstuk te veel nadruk zou kunnen leggen op dit ontwerp alsmede verwarring kan veroorzaken voor een makkelijk gebruik is er voor gekozen dit niet te doen. In dit geval is er voor gekozen het ontwerp onder te verdelen in het hoofdstuk 2. **Casco** van **HDBO 2019** en vervolgens een uitgebreide toelichting als bijlage bij het handboek te voegen.

3. Resultaten

3.1. Bestaande ontwerpmethodiek en bouwsystematiek Spring

In dit hoofdstuk wordt ingegaan en antwoord gegeven op de eerste deelvraag; “Wat is de ontwerpmethodiek van Spring en welke bouwsystematieken worden hierbij toegepast?”.

Alvorens een advies te geven op een bouwsystematiek/ methodiek op het gebied van circulariteit voor de sector onderwijsgebouwen is het noodzakelijk eerst inzichtelijk te maken wat de huidige situatie is op dit gebied. Mogelijkerwijs heeft dit zelfs gevolgen voor de huidige ontwerpmethodiek. Om deze reden omvat fase 1 het beschrijven van zowel de huidige ontwerpmethodiek als de toegepaste bouwsystematieken op onderwijsgebouwen. De kennis zal ik verwerven door in gesprek te gaan met architecten binnen het bureau en bestaande projecten te analyseren. Het volledige deelonderzoek is te vinden in Bijlage 1.

3.1.1. Ontwerpmethodiek

Als multidisciplinair architectenbureau hanteert Spring verschillende methodieken voor de sectoren onderwijs, zorg en woningbouw. Er wordt met name onderscheidt aangebracht tussen de ambities woningbouw ten opzichte van zorg en onderwijs. Hoewel dit onderzoek zich enkel toespitst op de sector onderwijs is het voor de beeldvorming goed eerst ook visies op de andere sectoren aan te kaarten. Voor het verwerven van deze kennis ben ik in gesprek gegaan met directeur-architect Tjerk van de Wetering en architect Jurjen Vermeer.

Bij de woningbouwprojecten wordt vooral van grof naar fijn en van groot naar klein gewerkt. Om deze reden begint men met het stedenbouwkundig plan en het bepalen van de typologie voor de verkaveling. Tegelijkertijd worden voorzieningen zoals parkeren in het plan ingepast. Vervolgens kan door de minstens 100 jaar lange ervaring op het gebied van woningbouw een zo goed mogelijk ontwerp worden gemaakt voor de plattegrond en geleiding van de gevel. Hierdoor is Spring in staat zowel vrijstaande woningen, appartementsgebouwen e.a. te ontwerpen. Na het vaststellen van deze principes binnen het Voorlopig Ontwerp kan deze verder worden uitgewerkt richting een Definitief en Technisch Ontwerp.

Bij projecten voor zorg- en onderwijsgebouwen wordt anders te werk gegaan. Alsmede omdat hier in vrijwel alle gevallen een uitgebreid en soms ook complex Programma van Eisen ligt. Het ontwerpproces begint dan ook met het vertalen van het Programma van Eisen naar een vlekkenplan op schaal 1:500 en 1:200. Pas wanneer dit gedaan is wordt gekeken hoe dit goed passend gemaakt kan worden in het stedenbouwkundig plan, dit wordt dan ook gedaan op schaal 1:1000. Naar aanleiding van de voorgaande stappen wordt hierna pas invulling gegeven aan de gevel volgens het principe van ‘form follows function’. Na dit vastgesteld te hebben kan het Voorlopig Ontwerp worden uitgewerkt tot een Definitief en uiteindelijk Technisch Ontwerp.

3.1.2. Bouwsystematieken

In dit tweede deel van deelvraag 1 wordt ingegaan op de verschillende bouwsystemen die zijn toegepast op verschillende projecten van onderwijsgebouwen. Het doel om dit in kaart te brengen alvorens mij te richten op het uitzoeken van **circulaire** bouwsystemen heeft er mee te maken dat je eerst de huidige situatie dient te weten voordat je iets nieuws voorstelt. Daarbij geeft dit je een beeld naar de type bouwmethodieken zodat je op zoek kunt naar soortgelijke alternatieven die dan wel circulair zijn. Anderzijds geeft dit bij **circulaire** principes die hier van afwijken de mogelijkheid advies te geven om te kiezen voor de tegenstellende opties.

Door het analyseren van de vijf schoolprojecten, allen uitgewerkt door Spring, “VMBO Berkroden”, “IKC ‘t Berflo”, “De Populier”, “Revijs Lyceum” en “MFA Overtuinen”, wordt duidelijk dat er verschillende constructieprincipes worden toegepast, er is echter wel herhaling zichtbaar tussen een selectie aan constructieprincipes. In het algemeen wordt in de meeste gevallen gekozen voor kanaalplaten met druklaag, echter de toegepaste hoofddraagconstructie varieert.

Bij het project IKC ‘t Berflo is echter als enige van de geanalyseerde projecten gekozen voor een hoofddraagconstructie die volledig in het werk gestort is, zowel de kolommen als de vloeren. In dit specifieke geval werd afgeweken vanwege de velen ronde vormen in de vloeren waar een kanaalplaatvloer zich minder goed voor leent. Door voor dit project de vloeren in het werk te storten konden de ronde lijnen in de vloervelden gemakkelijk worden uitgevoerd. Als gevolg hiervan werd voor dit project ook gekozen voor in het werk gestorte ronde betonnen kolommen om het geheel goed op elkaar aan te laten sluiten en stijf uit te voeren.

Wat betreft de wanden en kolommen kun je drie types zien terugkomen die veelvuldig worden toegepast. Ten eerste wordt er veel gekozen voor stalen vierkante buisprofielen, vrij in het zicht veelal gevuld met beton voor de brandveiligheid. Door deze profielen in de gevel te verwerken kun je de brandveiligheid oplossen door afwerking van de wanddelen. Een andere optie die recent is toegepast, zoals bij het Revijs Lyceum, is het toepassen van prefab betonnen kolommen in het zicht op de middenstramien, vooral zodat deze dan esthetisch meer opvallen en niet hoeven worden omkleed met betimmering, in combinatie met stalen kolommen in de gevels. Een derde principe dat vaker wordt toegepast, met name wanneer er meer dichte delen in de gevel aanwezig zijn, is een gevel met een constructief dragend binnenblad van kalkzandsteen.

Verder wordt er voor de wanddelen veel gebruik gemaakt van geprefabriceerde HSB-elementen. Deze kunnen gemakkelijk worden gecombineerd met een stalen gevelconstructie zodat die kolommen worden opgenomen in de binnenste schil. Echter, waar er wordt gekozen voor een constructief binnenblad van kalkzandsteen zie je dat er als buitenblad hier de klassieke metselwerk gevelsteen wordt toegepast. In tegenstelling, bij het project IKC Heeswijk, dat nu in de DO-ontwerpfase zit zal in alle waarschijnlijkheid worden gekozen voor steenstrips om wel een klassieke uitstraling aan het gebouw te geven hoewel de gevelconstructie bestaat uit stalen vierkante kokers.

De reden dat er in al deze gevallen wordt gekozen voor betonnen vloeren is naast het financiële aspect tevens ook vanwege comfort en akoestiek. Door de grote massa van beton is het in staat veel geluid te absorberen. Dit in combinatie met ontkoppelde vloerafwerking voorkomt contactgeluid. Er kan hierom worden geconcludeerd dat het belangrijk is te zoeken naar een alternatief principe met beton.

3.2. Demontabele bouwmethodieken

In deze paragraaf wordt ingegaan op de uitkomsten van deelvraag 2: “Welke demontabele bouwmethodieken, m.b.t. de constructie, vloeren, wanden en schil van het gebouw, zijn op de bestaande markt te vinden en kunnen worden toegepast op projecten voor onderwijsgebouwen?”. Er wordt toegelicht hoe deze methodieken zijn verdeeld en daarbij hoe de systematieken zijn getoetst. In het handboek zelf, zie Bijlage 2, wordt de volledige uitwerking met toelichting van het handboek zichtbaar.

3.2.1. Casco

In Hoofdstuk 2 van het Handboek, “**Casco**”, wordt ingegaan op demontabele bouwmethodieken door onderscheidt te maken in de hoofdstukken ‘Buitenwanden Constructief’, ‘Vloeren van beton’ en ‘Vloeren van hout’. De verdeling vloeren vs. wanden lag voor dit hoofdstuk al vast. Echter om het gewicht in tekstuele omvang beter te verdelen is er voor de vloer een onderverdeling gemaakt tussen vloeren van hout en vloer van beton (hybride systemen met staal zitten hier ook bij in). Daarbij werd duidelijk dat dit in de basis de enige twee duidelijk verschillende soorten type vloer waren, het was om die reden een voor de hand liggende verdeling.

Om het **casco** de nodige diepgang te geven die het nodig heeft vanwege de scope van dit onderzoek zijn alle omschreven bouwmethodieken in dit hoofdstuk getoetst aan de vooraf vastgestelde toetsingscriteria.

Toetsingscriteria:

- Maatvoering;
- Aansluitmogelijkheden;
- Akoestiek;
- Esthetiek;
- Modulariteit;
- Demonteerbaarheid;
- Hergebruik;
- Flexibiliteit;
- Brandwerendheid.

3.2.2. Afwerking Casco en binnenwanden

Vervolgens worden in Hoofdstuk 3 van het Handboek, “Afwerking **Casco** en binnenwanden”, middels zeven paragrafen de bouwmethodieken met feiten en voor- en nadelen opgesomd die zijn voortgekomen uit stap 1 van de **Tweetraps-Quickscan**. Hoewel voor dit hoofdstuk geen vaste toetsingscriteria zijn aangehouden worden de bouwsystematieken met name beschreven en de eigenschappen worden toegelicht. Door het combineren van de beschrijving met de feiten, voor- en nadelen krijg je op twee wijze informatie toe aangezien het een duidelijk omschrijft en het ander beknopt de eigenschappen weergeeft.

Voor een eenduidige structuur worden de eigenschappen als volgt weergegeven:

- Beschrijft feitelijke informatie die niet direct voor- of nadelig is
- + Beschrijft een voordeel van de toepassing
- Beschrijft een nadeel van de toepassing ofwel een reden waarom je niet voor deze toepassing zou moeten kiezen

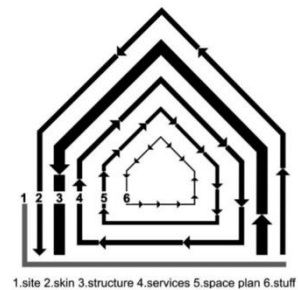
3.2.3. Installaties en overig

Tot slot worden in Hoofdstuk 4 van het handboek, “Installaties en overig”, resterende punten op gelijke wijze als in hoofdstuk 3 behandeld. Echter dit keer worden installaties niet specifiek benoemd maar algemeen beschouwd, louter voor toelichting om installaties te implementeren in het ontwerp in tegenstelling tot het maken van een keuze voor een type installatie.

Om volgens het principe van product gerelateerde levensduur te werk te gaan zullen de installaties ten alle tijde bereikbaar moeten blijven voor onderhoud, reparatie of eventuele vervanging van onderdelen. Hierom dienen installaties los te staan van de hoofddraagconstructie die over het algemeen een langere levensduur heeft. Hoewel dit wellicht betekent dat een wandopbouw in zijn totaliteit dikker wordt, met als gevolg dat het gebouw groter moet worden of het netto vloeroppervlak afneemt, heeft dit als groot voordeel dat een gebouw veel langer kan blijven staan dan men normaliter gewend is. Het is hierom aan te nemen dat voor dergelijke principes een grotere investering vereist is, maar tegelijkertijd resulteert in een gebouw dat een veel grotere restwaarde overhoudt aan het eind van de gebruiksduur en daarbij door de hoge flexibiliteit aanpassing mogelijk maakt.

Deze gedachte komt voort uit het model van S. Brand, zie afbeelding 2. (Celadyn, 2014) In dit model wordt met de dikte van de pijlen duidelijk welk gebouwdeel het langst in gebruik blijft en hierom het minst snel vervangen hoeft te worden. Dit model is vertaald naar een schema waarin de zes lagen zijn gekoppeld aan een gemiddelde levensduur, zie afbeelding 3.

In Afbeelding 3 wordt duidelijk dat de levensduur van de hoofddraagconstructie gemiddeld drie tot vier keer langer is dan die van installaties. Door installaties op te nemen in deze constructie wordt hierdoor de fout gemaakt de levensduur van de hoofddraagconstructie met een factor 4 te verkorten. Door zoals beschreven alle lagen los te houden kan de optimale levensduur van ieder product worden benut.



III. 1. Shearing layers of buildings
by S. Brand [1]

Afbeelding 2: Model S. Brand

Shearing layers of buildings and their longevity (based on S. Brand's diagram [1])

Layer	Components	Useful Life [years]
Site	Geographical setting, urban location	" eternal "
Structure	Foundation, load-bearing elements	30-300years, average 50-60years
Skin	Exterior surfaces	average 20years
Services	Technical installations	7 - 15years
Space plan	Interior walls, ceilings, floors, doors	commercial spaces 3years , homes 30years
Stuff	Furniture, appliances	weeks [10-20 years]

Afbeelding 3: Schema S. Brand uit Waclaw¹

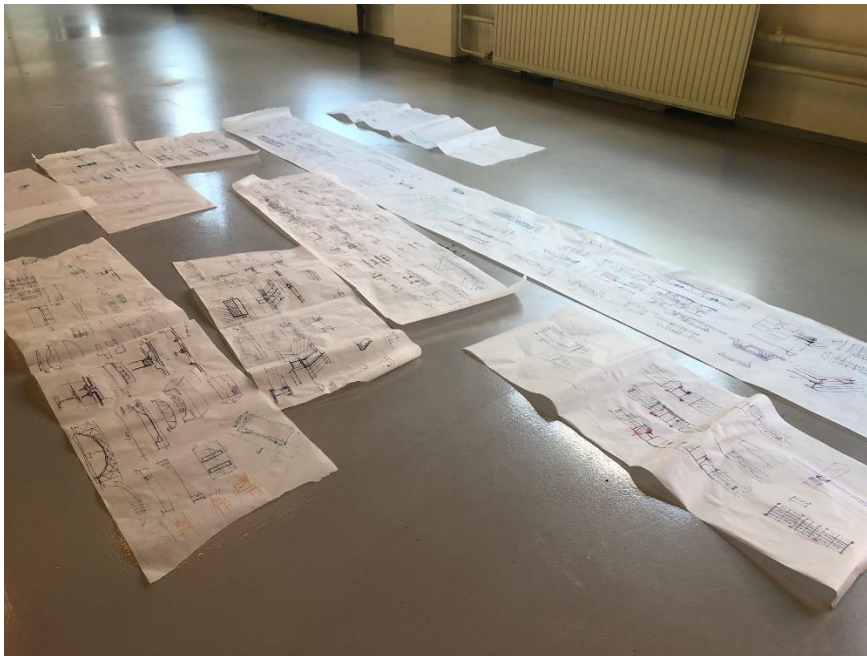
¹ Prof. D.Sc. Ph.D. Eng. Arch. Waclaw Celadyn

3.3. Demontabele Tunnelvloer

In deze paragraaf wordt ingegaan op de derde en laatste deelvraag van dit onderzoek en heeft betrekking op het maken van een demontabel ontwerp van een **casco** onderdeel. Na het deelonderzoek van deelvraag 1 werd duidelijk dat op vrijwel ieder scholenproject van Spring kanaalplaten worden toegepast. Niet alleen omdat deze goedkoop in aanschaf zijn maar tevens omdat beton vele voordelen voor akoestiek en brandwerendheid heeft. Echter, een kanaalplaatvloer is door de combinatie met een druklaag verre van demontabel.

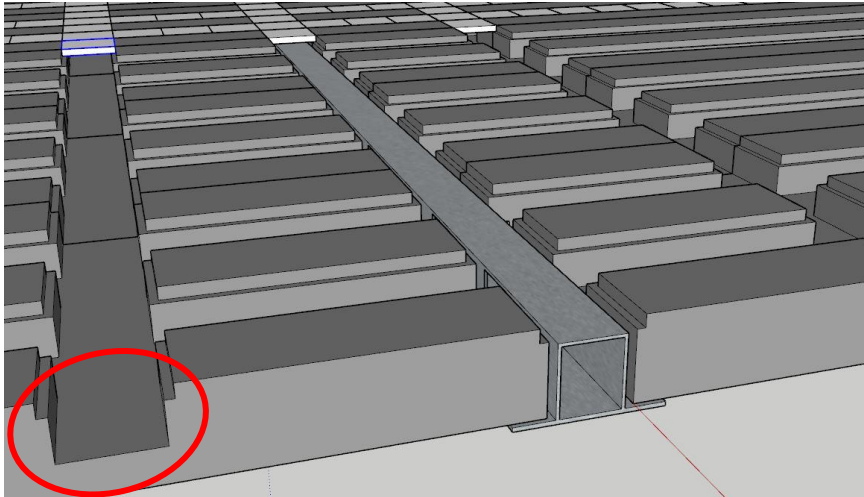
Dit heeft doen besluiten een alternatief vloertype te ontwerpen dat concurreert met de kanaalplaatvloer en toch in het geheel een demontabel principe is. Om zorgvuldig en consequent te werk te gaan is in beginsel een Programma van Eisen opgesteld voor de demontabele vloer waar vrijwel alle eisen van toepassing in zijn toegevoegd. Zo creëer je een document waar je ten alle tijden op kunt terugvallen, zie Bijlage 2 van Bijlage 2: **HDBO 2019**.

Na het opstellen van het PvE, begint dan het ontwerpproces, een proces waarin, zoals in Afbeelding 4 te zien is, een tiental meters schetsrol voor nodig is geweest.



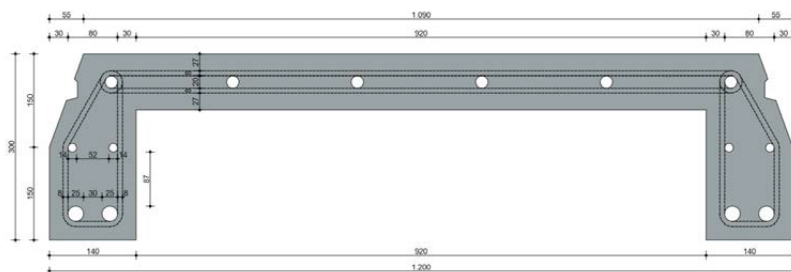
Afbeelding 4: Resultaat schetsproces

Zoals verwacht was het eerste ontwerp niet gelijk dé perfecte oplossing. Door de eis met betrekking tot vrije verplaatsing van installaties in zowel de x- als de y-richting alsmede de goede bereikbaarheid van deze installaties had ik mijzelf een wellicht onmogelijke opdracht gegeven. Het eerste ontwerp werd dan ook volledig constructief onmogelijk verklaard bij het gesprek met de Remko Wiltjer van IMD. Voor het vloerontwerp, zie afbeelding 5, was te weinig rekening gehouden met de dwarskrachten bij de oplegging, zie rode cirkel waardoor dit type vloer het in realiteit zou begeven.



Afbeelding 5: Eerst uitgewerkte idee

Dit was uiteraard geen reden om nu al op te geven. Wel is hier het besluit genomen, in overleg met Alfons Hams, architect-directeur binnen Spring Architecten, de eis om installaties in beide richtingen vrij in de vloer te kunnen opnemen te laten vallen. Dit resulteerde uiteindelijk in een vloerontwerp met de vorm van een tunnel, zie afbeelding 6.

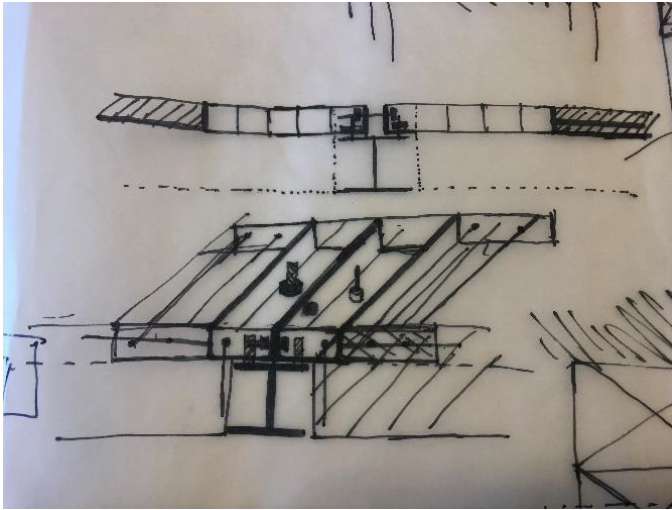


Afbeelding 6: doorsnede tunnelvloer

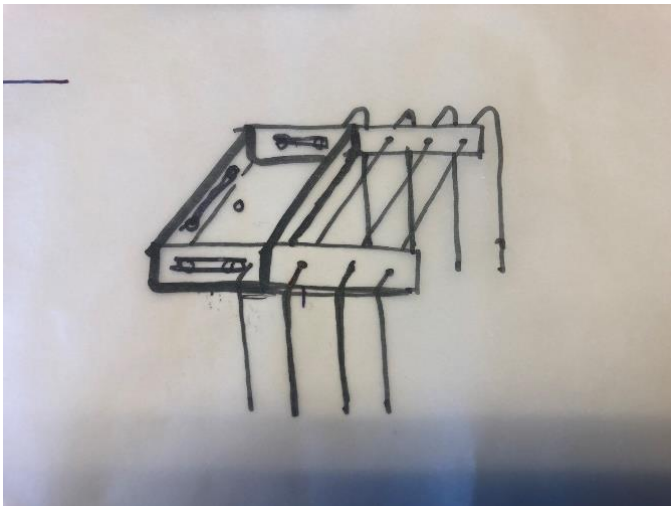
Door de ribben van de tunnel kunnen grote overspanningen gehaald worden en de ruimte tussen de ribben kan gemakkelijk gebruikt worden om installaties in de lengterichting van de vloer te kunnen verplaatsen. Bovendien kan met de tunnelvorm een hoop beton bespaard worden waarbij de open ruimte in de vloer in tegenstelling tot een kanaalplaatvloer ook een nuttige functie heeft behalve enkel gewichtsbesparing. Sterker nog, uit berekeningen is gebleken dat met dit tunnelvloersysteem 600L, oftewel 1500kg aan beton bespaard kan worden per vloerdeel met een overspanning van 8.5m, zie hiervoor de 'Verantwoording Programma van Eisen', Bijlage 2 van het HDBO 2019.

De volgende opgave is hoe je de vloerdelen onderling kunt koppelen. Eén van de eisen blijft namelijk wel dat er moet worden voorzien in **schijfwerking** voor de stabiliteit van het vloerveld. De doelstelling van die koppeling was dat er een oplossingen diende te komen die de simplistische vorm van de vloer niet compliceert. Simpel gezegd dient de vloer op zichzelf vrij "dom" te zijn waarbij het vernuft in de koppeling zit.

Het eerste ontwerp voor de oplegging met het tunnelvloer principe ging uit van het toepassen van een UNP met kopplaat waardoor wapeningstaven zijn gestoken voor de hechting met de tunnelvloer, zie afbeelding 7 en 8. Het bijkomende voordeel van dit principe zou zijn is dat het tevens de uiteindes van de vloerdelen omvat en er hierom geen extra schot geplaatst hoeft te worden bij het storten.



Afbeelding 7: 3D UNP met kopplaten en wapening



Afbeelding 8: Doorsnede en 3D inpassing

De reden voor de toepassing van de UNP komt voort uit de eis van volledige bereikbaarheid van de verbindingen. Met draadeinden op de stalen liggers kunnen er doorvoeren in de bodem van het gecreëerde 'bakje' komen. Vervolgens kunnen via de kopplaten ook zijwaartse verbindingen worden gemaakt met naastgelegen platen die bijdragen in de **schijfwerking**.

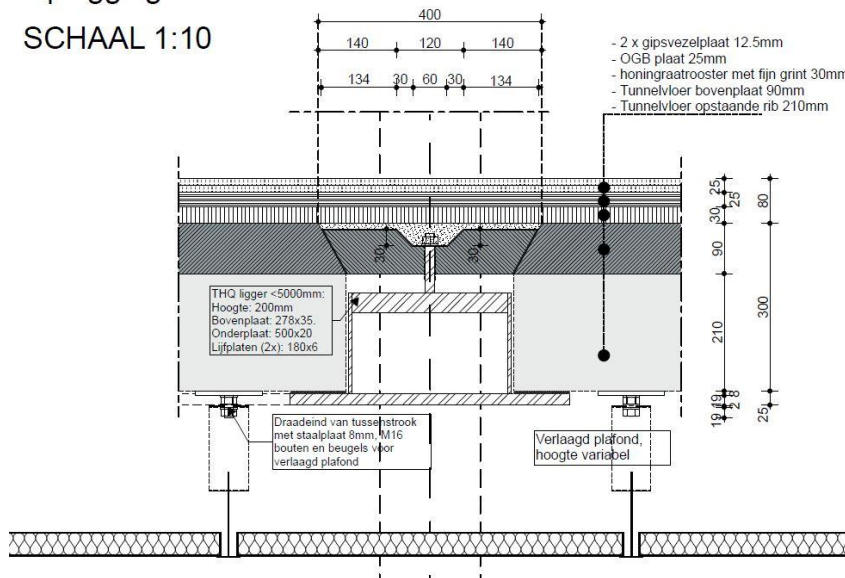
Hoewel dit ontwerp zeker mogelijk is heeft het als groot nadeel dat die volledig afhankelijk is van de UNP en diens eigenschappen. Doordat de UNP als enige uitsteekt voorbij de tunnelvloer dient dit "knap staaltje werk" alle krachten op te vangen van zowel het eigen gewicht alsmede de opgelegde belastingen. Hierdoor komen er door de dwarskracht immense krachten op de wapeningsstaven te staan. Om die reden zal er om te beginnen een hoop staal dienen worden toegevoegd. Daarbij wordt met deze methode **schijfwerking** enkel voorzien bij de oplegging en niet langs de gehele plaat. Door dit met constructeur Remko Wiltjer en architect Alfons Hams te bespreken is er besloten deze oplegging te laten varen en op zoek te gaan naar een betere oplossing.

Met de gedachte dat er een verbinding tussen de platen dient te zijn langs de volledige zijden kwam het idee van een betonnen strook naar voren die op een bepaalde manier de platen diende te koppelen. Hetzelfde geldt voor de oplegging waar de plaat op mijn plek gehouden dient te worden.

Toen kwam het idee naar voren van een wig met ingestorte draadeinden die je tussen de naad bij de flankerende vloerdelen laat zakken. Zo kan het uiteinde van het draadeind aan de onderzijde middels een moer en een stalen plaat worden vast gedraaid tegen de tunnelvloer. Zie afbeelding 9 en 10 voor het detail van de zijaansluiting en oplegging.

Detail 1: Oplegging

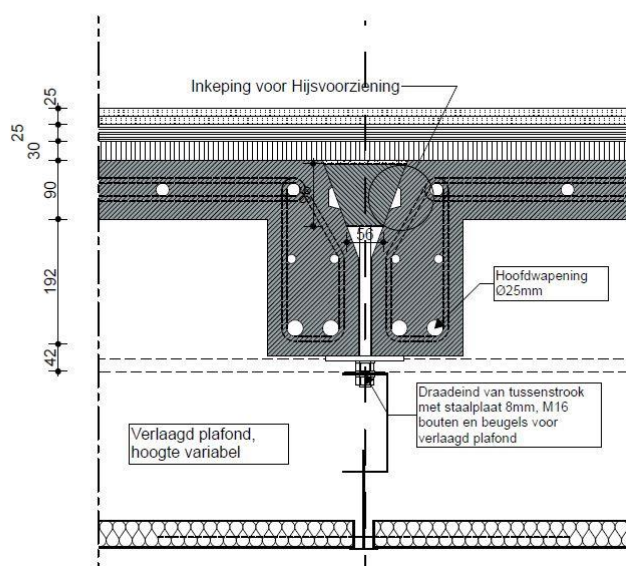
SCHAAL 1:10



Afbeelding 9: Detail oplegging Type 1

Detail 2: Aansluiting dwarsdoorsnede

SCHAAL 1:10



Afbeelding 10: Detail dwarsdoorsnede Type 1

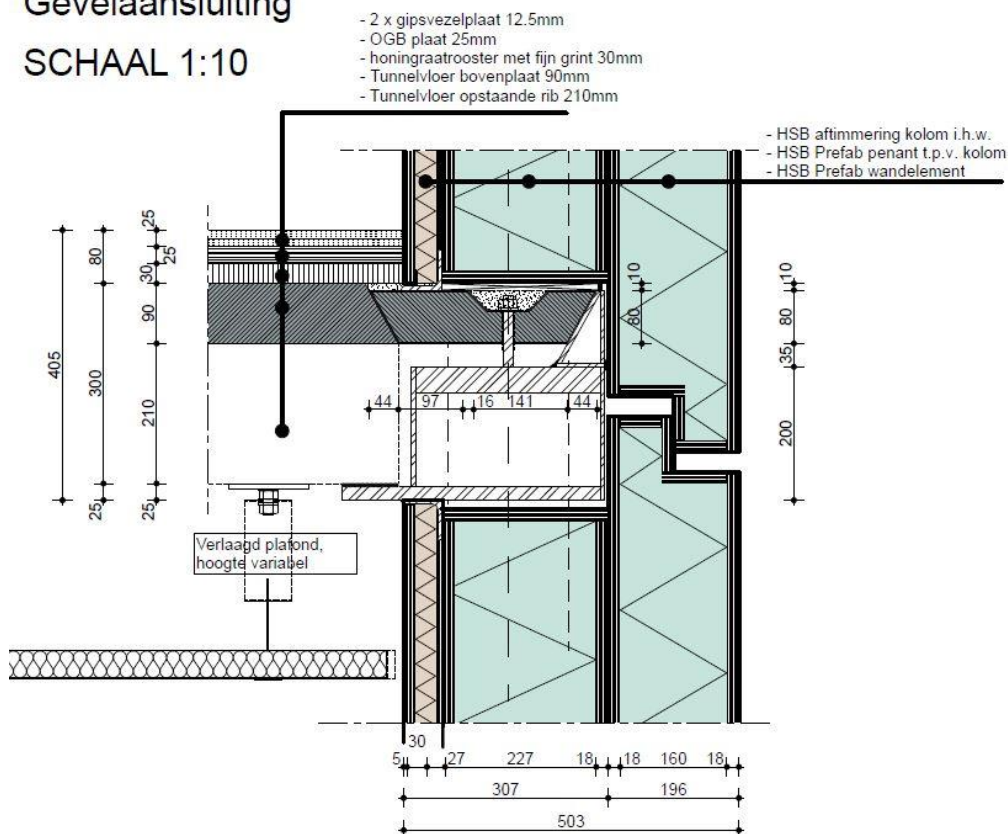
Bij de oplegging wordt tevens een prefab betonnen strook toegepast, dit maal voor het op zijn plek houden van de vloerdelen. In plaats van een uitstekend draadeind dat is mee gestort in de strook is dit maal een draadeind op de ligger gelast die door de strook heen steekt zodat de verbinding aan de bovenzijde met een moer kan worden vastgedraaid. Op die manier blijft ook hier de verbinding vrij toegankelijk voor demontage.

De hoogte en het type hoedligger maakt echter wel dat er maximale overspanningen zijn verbonden aan dit vloertype in relatie tot de hoogte. Hiervoor is er gekozen om naast een Type 1 met een hoogte van 300mm ook een Type 2 met een Hoogte van 400mm te ontwerpen. Het principe is in dit geval exact hetzelfde, enkel is de vloer 100mm hoger en dient er een hogere hoedligger te worden toegepast door de toename in eigengewicht. Voor de details van Type 2, zie Bijlage 2 van Bijlage 2: **HDBO 2019**.

Het gevolg van het aandraaien van de betonnen stroken is een bijkomende zijwaartse kracht die uiteindelijk toch dient te worden opgevangen. Dit wordt gedaan middels een trekband (stalen omlijsting van het vloerveld). In Afbeelding 11 is voor Type 1 te zien hoe de eindoplossing dit bij de oplegging verhelpt. Het principe is gelijk aan een tussenoplegging, echter is het probleem dat hier geen naastgelegen vloer aanwezig is waarop de betonnen tussenstrook kan rusten. Door als alternatief een driehoekige koker op de hoedligger te lassen, zie detail, wordt óók de schuine rand gecreëerd zodat de betonstrook kan worden aangedraaid op het draadeind. De HSB wand kan middels het hoekstaal worden opgevangen op de betonstrook.

Detail 3: Gevelaansluiting

SCHAAL 1:10



Afbeelding 11: Detail geveloplegging Type 1

Om een volledig demontabel ontwerp te creëren dient de afwerking, zowel de vloer- als plafondafwerking, ook demontabel en dus droog te zijn. Wel dient de afwerking niet af te doen aan een gestorte afwerking. Door het toepassen van fijn grint kunnen de betonnen vloerdelen worden geëgaliseerd bij de naden van de vloer en door het toepassen van een honingraatrooster kan de vloer in zijn geheel glad afwerkt worden. Alsmade door dit honingraatrooster dan weer af te werken met hout- en gipsvezelplaten.

Ook de plafondafwerking mag niet afdoen aan de gestelde eisen als demontabiliteit. Akoestiek is bijvoorbeeld een van die eisen die het beste in het plafond verwerkt kan worden. Aangezien leidingen niet alleen in de lengterichting van de vloer gelegd zullen worden maar ook in de breedterichting, dient de vloer ook daar flexibel te zijn wat betreft installaties. In plaats van doorvoeren te maken in de vloer kan het in dit geval beter onder de vloer door. Dit in combinatie met de eisen voor akoestiek maakt dat een verlaagd plafond voor de hand ligt. Hoewel een constructie in het zicht niet per se verkeerd hoeft te zijn heb je het hierdoor ook direct afwerkt. Daarbij draagt het ook bij aan het beschermen van de stalen liggers tegen brand van onder.

Om goed aan te sluiten op de vloerconstructie is een verlaagd plafond bedacht, afbeelding 9/10/11, waar de profielen voor het plafond bevestigd worden aan de uitstekende draadeinden van de betonstroken tussen de vloeren. Het grote voordeel is dat er geen extra bevestiging gemaakt hoeft te worden door bijvoorbeeld in de betonvloer te gaan boren om een verankering te maken.

Zoals in Afbeelding 11 te zien is bestaat de gevelopbouw uit Prefab HSB elementen. Deze keuze is gemaakt omdat dit demontabel uit te voeren is en daarnaast kunnen de stalen kolommen op die manier worden ingepakt, zoals op het detail ook te zien is. Dit voorkomt niet alleen contactgeluid maar zorgt er ook voor dat het staal tegen brand is beschermd. De afwerking van het HSB-element is echter niet opgenomen in het detail. Er is namelijk een verscheidenheid aan opties voor gevelafwerking, zie ook hoofdstuk 3.2: Gevelafwerking van Bijlage 2: **HDBO** 2019, die tevens demontabel zijn.

4. Discussie

In het laatste inhoudelijke hoofdstuk van dit rapport wordt opnieuw ingegaan op de hoofd- en deelvragen, dit keer echter ook met een antwoord. Daarbij zullen gemaakte keuzes specifiek worden onderbouwd door deze in context te plaatsen. Door vervolgens uit te zoomen en als een soort helikopter boven het werk te hangen wordt kritisch gereflecteerd aan wat dit onderzoek bereikt heeft en hoe breed je het moet zien, er wordt gekeken naar eventuele verbeterpunten ofwel nadelen van de onderzoeksmethodiek en tot slot wordt er gekeken waar er nog verbetering ofwel diepgang mogelijk is om circulariteit nog weer een stapje verder te brengen.

4.1. Onderzoeksvragen

1. Wat is de huidige ontwerpmethodiek bij Spring en welke bouwsystemen worden hierbij toegepast?

Door in gesprek te gaan met architecten binnen Spring en projecten uit het archief te onderzoeken kon inzichtelijk worden gemaakt dat de ontwerpmethodiek voor de projecten voor scholenbouw en zorg vrijwel altijd op dezelfde manier wordt uitgevoerd. Het onderzoeken van een verscheidenheid aan projecten bracht naar voren dat er een aantal bouwmethodieken zijn die vaak worden toegepast voor de sector onderwijs. Waar de hoofddraagconstructie vaak in staal en soms in beton werd uitgevoerd waren in alle gevallen de vloeren van beton, soms in het werk gestort, anders door middel van kanaalplaatvloeren, bij elkaar gehouden door een druklaag.

2. Welke demontabele bouwmethodieken, m.b.t. de constructie, vloeren, wanden en schil van het gebouw, zijn op de bestaande markt te vinden en kunnen worden toegepast op projecten voor onderwijsgebouwen?

Door te werk te gaan middels een **twee-traps quick scan** kon de bestaande markt worden onderzocht op demontabele bouwmethodieken. In de tweede stap werden deze methodieken gefilterd op volledige **demontabiliteit** en de relevantie van de toepassing (is een toepassing realistisch uitgewerkt of is het enkel een concept?). De eenduidigheid om de kennis te bundelen in een handboek wordt gerealiseerd door het opstellen van een doordachte documentstructuur waarin **NL-SfB** bouwdelen zijn onderverdeeld in de categorieën “**Casco**”, “Afwerking **Casco** en binnenwanden” en “Installaties en overig”. Kijkend naar de scope van het onderzoek, waarin de focus ligt op het **casco**, is dit een logische verdeling, geordend naar gelang de belangrijkheid van een hoofdstuk.

3. Valt er een nieuwe demontabele methodiek/ principe te bedenken die modulair kan worden toegepast en **gebouwflexibiliteit** voor onderwijsgebouwen verhoogt?

Na het beantwoorden van deelvraag 1 werd duidelijk dat met betrekking tot het **casco** een demontabel vloertype van beton de beste optie is. Een hoofddraagconstructie van staal kun je namelijk al gemakkelijk demontabel maken door de verbindingen te bouten. Van beton zijn er echter nog weinig oplossingen die volledig demontabel zijn en zeker niet in combinatie met een oplegging van stalen liggers. Na een uitgebreid ontwerpproces en verschillende overleggen met andere partijen en architecten binnen Spring is uiteindelijk het ontwerp van de tunnelvloer ontstaan. Dit ontwerp gaat in de basis uit van prefab tunnelelementen die zijn gemaakt in, theoretisch, een oneindig lange productielijn, bij het storten op te delen door tussenschotjes. Deze simpele vloerdelen kunnen vervolgens met elkaar worden verbonden door betonnen tussenstroken met daaraan draadeinden. Bij de oplegging zijn er draadeinden op de ligger gelast die door de strook heen steken, op die manier wordt de koppeling tot stand gebracht.

4.2. Resultaat onderzoeksvraag

Hoofdvraag: “Op welke wijze kan er een document worden opgesteld waarin bouwmethodieken staan beschreven waarmee Spring Architecten circulariteit op het gebied van demontabel bouwen kan implementeren op hun ontwerpen van onderwijsgebouwen?”

Door het samenvoegen van bestaande bouwmethodieken tot een eenduidig handboek is er nu een document waarin demontabele bouwmethodieken gebundeld zijn wat het maken van een keuze vele malen gemakkelijker maakt. Daarbij heeft de demontabele tunnelvloer die als bijproduct van dit onderzoek tot stand is gekomen er voor gezorgd dat demontabel bouwen met een betonnen vloer nu niet alleen beter mogelijk is maar bovendien gemakkelijker te realiseren.

4.3. Reikwijdte observaties

Aangezien de scope van dit onderzoek gericht is op demontabel bouwen binnen onderwijsgebouwen en specifiek op het **casco** zal het resultaat van dit onderzoek in ieder geval daar op toegepast kunnen worden. Echter, een hoop methodieken zijn ook goed toepasbaar op andere functies van gebouwen zoals de zorg en soms zelfs in woningbouw. Hierdoor kan er gesteld worden dat de uitkomsten breder toepasbaar zijn dan is voorgeschreven in de scope.

Mogelijke onvolledigheid handboek

Waar wel met zekerheid gezegd kan worden dat de toepassingen in het handboek volledig demontabel zijn kan en daarentegen niet met zekerheid gezegd worden dat de inhoud alomvattend en representatief is voor de markt. De markt op het gebied van circulariteit is volop in ontwikkeling en hierom is het logisch dat niet alle methodieken (al) zijn verwerkt in het handboek. Vandaar ook dat het handboek is bedoeld als een levend document dat zich constant dient uit te breiden naar gelang er zich nieuwe ontwikkelingen voor doen. Tevens dient de actualiteit van de toepassingen binnen enkele jaren tegen het licht gehouden te worden om te kijken of voorgeschreven methodieken niet achterhaald zijn en hierom uit het handboek verwijderd moeten worden.

Niet meegenomen criteria

Wat betreft de toetsingscriteria valt wellicht op dat sommige criteria niet zijn meegenomen. Ten eerst zijn de kosten voor de aanschaf bewust niet meegenomen in de vergelijking. Hoewel in een traditioneel, niet **circulair**, project die vaak doorslaggevend zijn en we juist om die reden de neiging hebben dat hier ook te doen dient dit niet als meest bepalend gezien te worden. In een **circulair** proces kun je niet zwart-wit het woord ‘duur’ gebruiken om een principe of toepassing toe te lichten. Doordat bij demontabel bouwen de maximale levensduur behaald kan worden is een aanschafprijs volledig arbitrair. In plaats van te kijken wat het voor de gebruiker kost doen we er op de lange termijn veel beter aan te kijken naar wat de planeet figuurlijk gezien aan een toepassing moet betalen. Daarbij, om een voorbeeld uit de praktijk te benoemen, nog steeds kopen heel veel mensen ‘Apple’-producten, ondanks het feit dat deze in aanschaf veelal meer geld kosten. Dit doet men naar mijn mening niet alleen omdat mensen deze producten zo fijn vinden werken maar omdat ze ten eerste hun waarde minder snel verliezen en daarbij veel langer mee gaan dan concurrerende ‘Android’ telefoons of ‘Windows’ laptops/ pc’s. Met een **circulair** gebouw is exact hetzelfde aan de hand, hoewel dit niet eens per definitie duurder hoeft te zijn. Door de maximale levensduur te benutten is de prijs per tijd-verhouding gunstiger dan bij bestaande methodieken en daarbij is de prijs die de planeet betaald vele malen lager.

4.4. Onderzoeksmethode

Het voordeel van ten eerste de volgorde van de deelvragen en daarbij inhoudelijk de deelvragen zelf maakte het juist meer dan mogelijk om uit eindelijk in deelvraag 3 een nieuw vloertype te ontwerpen. Door het antwoord op deelvraag 1 kon worden bepaald wat voor type demontabele vloer nodig was en met de kennis van deelvraag 2 weet ik wat er op de markt is en hierom ook wat er nog ontbreekt. Daarbij is het zo dat de methodiek van de **Tweetraps-Quickscan** heeft geholpen om binnen een korte tijd een markt de onderzoeken en na de selectie in stap twee dieper op de kennis van deze bouwmethodieken in te gaan.

Het nadeel van deze onderzoeksmethode voor met name deelvraag 2 is dat je niet met absolute zekerheid kunt zeggen of je nu alle bouwmethodieken verzamelt hebt voor het handboek. Ten eerste zijn er uiteraard nieuwe ontwikkelingen die minder bekend zijn en hierom niet direct naar boven komen maar daarnaast zijn er oudere methodieken die op een of andere manier gewoon niet bij zoekresultaten naar boven komen. Ik ben hier achter gekomen door spontane gesprekken met professionals uit het vakgebied waarbij sommige methodieken werden aangestipt omdat hun daar ervaring mee hadden. Ik ben ook van mening dat je de kennis van mensen uit het vakgebied nog meer moet benutten dan dat ik nu al gedaan heb. Met dat in gedachte zou ik, terugkijkend op deze onderzoeksperiode, mij meer op dat aspect gefocust hebben.

4.5. Verwachtingen

Aangezien de intentie was om als laatste deelvraag het handboek op een schoolproject toe te passen in plaat van een nieuw vloerontwerp was de verwachting dan ook dat dit zou leiden tot een handboek dat zich na toepassing wel of niet heeft bewezen als een werkend document. Door dit nu niet gedaan te hebben zal het zichzelf nog moeten bewijzen. Doordat in de praktijk de ambitie voor dit project op gebied van **demontabiliteit** lager lag is overgestapt naar het ontwerpen van een nieuw vloerontwerp. Achteraf ben ik van mening dat dit een goede keuze was omdat er nu een vloersysteem naar voren is gekomen dat niet in de buurt komt van bestaande demontabele principes en in die zin echt een verademing is wanneer wordt gesproken over **circulair** bouwen.

4.6. Aanbevelingen/ toepassing

Ondanks het feit dat **circulair** bouwen steeds populairder lijkt te worden, wordt er naar mijn mening in de praktijk toch nog te weinig mee gedaan. Dit onderwerp heeft dan ook zeker heel veel potentie om meer onderzoek naar te doen met als doel uiteindelijk een volledig **circulaire economie** te realiseren waarbij alle neuzen dezelfde kant op staan. In gesprekken met bedrijfsvertegenwoordigers is mij opgevallen dat hun oplossingen, als die er al zijn, vaak niet verder reiken dan hun eigen product.

Implementeren circulair business model

Als het gaat om 100% **circulair** bouwen zullen de business modellen van bedrijven volledig omgegooid moeten worden waarbij het bezit van producten en diensten niet bij de consument terecht komt maar juist bij de producent blijft die zijn dienst middels een leen-/ lease principe “verkoopt”. Hoe dit in de praktijk echter uitpakt en wat er nodig is om zoiets op gang te zetten is het onderzoeken meer dan waard.

Onderzoeken andere demontabele bouwmethodieken

Op het gebied van demontabel bouwen ligt er nog heel veel potentie in volledige demontabele bouwmethodieken waar ieder product 100% in zijn waarde wordt gelaten en waarbij zelfs geen boorgaten in balken toegestaan zijn. Door er van uit te gaan dat constructieonderdelen geleend worden i.p.v. gekocht ben je verplicht een bouwproduct “schoon” terug te geven. Dit gaat namelijk alleen door deze producten volledig in hun waarde te laten. Wat in dit geval heel interessant is om te onderzoeken is welke andere methodieken er zijn om dit voor elkaar te krijgen en wat hier de gevolgen van zijn op bijvoorbeeld esthetiek maar ook op regelgeving. Daarbij heb ik uit de praktijk vernomen dat het bij nieuwe ontwikkelingen lastig is om te voldoen aan bijvoorbeeld de eisen voor brandveiligheid, daar zit ook een vraagstuk dat het onderzoeken waard is.

Uitbreiden scope

Tot slot zou de scope van dit handboek ook kunnen worden uitgebreid richting bijvoorbeeld de woningbouw. Daar heeft men te maken met strengere eisen en andere omstandigheden die om andere toepassingen vragen.

Over toepassing gesproken, er zijn meerdere methodieken in **HDBO** 2019 die ook prima voor woningbouw toepasbaar zijn. Dit geldt niet zo zeer voor de hoofddraagconstructie aangezien in de bijvoorbeeld de woningbouw veelal andere bouwsystemen worden toegepast, echter de afwerking die voor scholenbouw gebruik wordt kan ook net zo goed dienen als afwerking voor woningen of appartementencomplexen.

Conclusie

Al met al biedt **circulair** bouwen legio aan mogelijkheden en vraagt bovenal naar constante ontwikkeling van de bouwwereld. Wel ben ik van mening dat er vanuit overheidsinstanties stappen ondernomen dienen te worden voor het opstellen van regelgeving die ontwerpers verplicht een zekere, dan wel volledige, mate van circulariteit in een ontwerp mee te nemen. Het is dan ook een onderwerp dat alleen nog maar belangrijker zal gaan worden en de komende jaren flink wat meer gewicht zal krijgen. Door vroeg op de boot te springen zal je in ieder geval niet voor onverwachte verrassingen komen te staan, bijvoorbeeld bij plotse inpassing van regelgeving.

Bronvermelding

Boereboom, D. (2013). *Demontabel bouwen in prefab beton*. Rotterdam.

Celadyn, W. (2014). *Durability of Buildings and Sustainable Architecture*. Cracow.

Vermeulen, K. (2008). *Demontabel Bouwen - Eco-Villa te Nieuweveen*. Amsterdam.

Voor alle overige bronnen gebruikt voor dit onderzoek, zie HDBO 2019

BIJLAGE 1: DEELRAPPORT DEELVRAAG 1

Deelvraag 1: Ontwerp- en Bouwsystematiek Spring

In dit hoofdstuk wordt ingegaan en antwoord gegeven op de eerste deelvraag; “Wat is de ontwerpmethodiek van Spring en welke bouwsystematieken worden hierbij toegepast?”.

Alvorens een advies te geven op een bouwsystematiek/ methodiek op het gebied van circulariteit voor de sector onderwijsgebouwen is het noodzakelijk eerst inzichtelijk te brengen wat de huidige situatie is op dit gebied. Mogelijkerwijs heeft dit zelfs gevolgen voor de huidige ontwerpmethodiek. Om deze reden omvat fase 1 het beschrijven van zowel de huidige ontwerpmethodiek als de toegepaste bouwsystematieken op onderwijsgebouwen. De kennis zal ik verwerven door in gesprek te gaan met architecten binnen het bureau en bestaande projecten te analyseren.

Ontwerpmethodiek

Als multidisciplinair architectenbureau hanteert Spring verschillende methodieken voor de sectoren onderwijs, zorg en woningbouw. Er wordt met name onderscheidt aangebracht tussen de ambities woningbouw ten opzichte van zorg en onderwijs. Hoewel dit onderzoek zich enkel toespitst op de sector onderwijs is het voor de beeldvorming goed eerst ook visies op de andere sectoren aan te kaarten. Voor het verwerven van deze kennis ben ik in gesprek gegaan met directeur-architect Tjerk van de Wetering en architect Jurjen Vermeer.

Bij de woningbouwprojecten wordt vooral van grof naar fijn en van groot naar klein gewerkt. Om deze reden begint men met het stedenbouwkundig plan en het bepalen van de typologie voor de verkaveling. Tegelijkertijd worden voorzieningen zoals parkeren in het plan ingepast. Vervolgens kan door de minstens 100 jaar lange ervaring op het gebied van woningbouw een zo goed mogelijk ontwerp worden gemaakt voor de plattegrond en geleding van de gevel. Hierdoor is Spring in staat zowel vrijstaande woningen, appartementsgebouwen e.a. te ontwerpen. Na het vaststellen van deze principes binnen het Voorlopig Ontwerp kan deze verder worden uitgewerkt richting een Definitief en Technisch Ontwerp.

Bij projecten voor zorg- en onderwijsgebouwen wordt anders te werk gegaan. Alsmede omdat hier in vrijwel alle gevallen een uitgebreid en soms ook complex Programma van Eisen ligt. Het ontwerpproces begint dan ook met het vertalen van het Programma van Eisen op een vlekkenplan op schaal 1:500 en 1:200. Pas wanneer dit gedaan is wordt gekeken hoe dit goed passend gemaakt kan worden in het stedenbouwkundig plan, dit wordt dan ook gedaan op schaal 1:1000. Naar aanleiding van de voorgaande stappen wordt hierna pas invulling gegeven aan de gevel volgens het principe van ‘form follows function’. Na dit vastgesteld te hebben kan het Voorlopig Ontwerp worden uitgewerkt tot een Definitief of Technisch Ontwerp.

Bouwsystematieken

In dit tweede deel van deelvraag 1 wordt ingegaan op de verschillende bouwsystemen die zijn toegepast op verschillende projecten van onderwijsgebouwen. Het doel om dit in kaart te brengen alvorens mij te richten op het uitzoeken van circulaire systemen is vanwege het feit dat er dan gekeken kan worden of er met deze principes gebouwd kan blijven worden door hier een circulair alternatief voor te bedenken. Anderzijds geeft dit bij circulaire principes die hier van afwijken de mogelijkheid advies te geven om te kiezen voor de tegenstellende opties.

VMBO Berkroden, Berkel en Rodenrijs

BVO BG: 2774.16m²

BVO 1V: 2197.88m²

BVO 2V: 1980.41m²

BVO 3V: 84.88m²

GO totaal: 6572.21m²

Fundering:

Constructie: prefab betonskelet met kanaalplaatvloeren

- Geïsoleerde kanaalplaatvloeren 200 met 70mm afwerkvloer
- Prefab betonnen kolommen 400 (vierkant) Onderlinge kolomafstand: 7200mm
- Overspanning vloerplaten: 14100mm, 7200mm, 16200mm, 5000mm
- Trap: beton, prefab

Schil gebouw

- Prefab geïsoleerde boeiboorden van beton
- Binnenblad prefab betonnen wandelementen
- Buitenblad gevel: metselwerk met betonnen kaders
- Dak: kanaalplaatvloeren met harde persing afschotisolatie en ballast

Dekvloer: zwevend, 20mm isolatie met 80mm zandcement en vloerverwarming

Revis Lyceum, Doorn

BVO BG: 2523.6m²

BVO 1V: 2274.8m²

BVO 2V: 2311.4m²

BVO 3V: 44.7m²

BVO totaal: 7154.5m²

Fundering: poeren met palen prefab funderingsbalk 400x400 met voetplaat, gekoppeld aan constructie door koker te vullen met beton

Constructie: combinatie betonnen kolommen in het zicht met staal in gevel en kanaalplaatvloeren

- Stalen kolommen (kokerprofielen 200x200) weggewerkt in binnenblad
- Prefab betonnen kolommen in het zicht
- HEA stalen liggers

Schil gebouw

- Prefab hsb-gevelelementen
- Potdeksels
- Weggewerkte zonwering achter prefab element
- Aluminium kozijnen
- Zonwerende beglazing en plissé doeken

Wandafwerking: gipsvezelplaat

Plafondafwerking: systeemplafond

IKC 't Berflo, Hengelo

Ondergebrachte functies:

- Bijeenkomstfunctie
- Bijeenkomstfunctie- kinderopvang
- Kantoorfunctie
- Onderwijsfunctie
- Overige Gebruiksfunctie
- Sportfunctie

BVO BG: 3339m²

BVO 1V: 2718m²

BVO 2V: 452m²

GO totaal 6002m²

Constructie: Fundering: Funderingsbalk i.h.w. gestort beton, PS-isolatiebekisting

- Begane grond: geïsoleerde kanaalplaatvloer met druklaag 50mm
- Verdiepingen: i.h.w. gestorte betonvloeren 280mm
- i.h.w. gestorte Betonkolommen ø350mm
- Onderlinge kolomafstand: 8000mm
- Zwevende anhydrietgebonden dekvloer

Schil gebouw:

- Alvema gevelelement
- Norwin C-SIPS gevelelement
- Sandwichpaneel
- Kozijn alu. / hout
- Dak: kingspan Thermarroof TR26 LPC/FM met EPDM dakbedekking ($R_c \Rightarrow 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)
- Dakrandprofiel: gezet alu. Gevelbekleding bij dakrand: alu. Golfplaat

Wandafwerking: 12.5mm gipsvezelplaat met film

Plafondafwerking: akoestisch spuitwerking 32mm

MFA Overtuinen, Zaanstad

Ondergebrachte functies:

- Bijeenkomst algemeen: 93m²
- Bijeenkomst BSO: 139m²
- Bijeenkomst overig: 262m²
- Bijeenkomst PSZ: 83m²
- Kantoor: 186m²
- Onderwijs: 2782m²
- Overig: 204m²
- Sport: 424m²

Oppervlakten

GO totaal 4173m²

Fundering:

Constructie: stalen vierkante buisprofielen als kolommen, gevuld met beton

Vloer: prefab vloerelementen (kanaalplaatvloeren 200mm) met druklaag

- Onderlinge kolomafstand h.o.h.: 7200mm
- Vrije overspanning vloerdelen: 8700mm, 2150mm, 6300mm

De Populier, Den Haag

BVO Populier: 2887m²

BVO MFA: 290m²

BVO gymzaal: 507m²

BVO gezamenlijk-fietsen: 109m²

BVO gezamenlijk: 236m²

BVO dak: 439m²

BVO Boldingh: 1649m²

Constructie

- Principe: dragend binnenblad gevel met tussenkolommen van staal en kanaalplaatvloeren
- Kalkzandsteen binnenblad 214mm
- Stalen kolommen, kort op elkaar
- Geïsoleerde kanaalplaatvloeren 200mm met druklaag 50mm
- Prefab betonnen lateien
- Zwevende dekvloer
- Stalen petliggers

Schil gebouw

- Baksteen buitenblad
- Kunststof kozijnen
- Prefab betonnen raamkaders
- Dak: harde persing afschotisolatie
- Prefab hsb elementen met isolatie

Plafondafwerking: systeemplafond

Wandafwerking: gipsvezelplaten met film afgewerkt

Conclusie Bouwsystematieken

Door het analyseren van de vijf schoolprojecten, allen uitgewerkt door Spring, “VMBO Berkroden”, “IKC ‘t Berflo”, “De Populier”, “Revijs Lyceum” en “MFA Overtuinen”, wordt duidelijk dat er verschillende constructieprincipes worden toegepast, er is echter wel herhaling zichtbaar tussen een selectie aan constructieprincipes. In het algemeen wordt in de meeste gevallen gekozen voor kanaalplaten met druklaag, echter de toegepaste hoofddraagconstructie varieert.

Bij het project IKC ‘t Berflo is echter als enige van de geanalyseerde projecten gekozen voor een hoofddraagconstructie die volledig in het werk gestort is, zowel de kolommen als de vloeren. In dit specifieke geval werd afgeweken vanwege de velen ronde vormen in de vloeren waar een kanaalplaatvloer zich minder goed voor leent. Door voor dit project de vloeren in het werk te storten konden de ronde lijnen in de vloervelden gemakkelijk worden uitgevoerd. Als gevolg hiervan werd voor dit project ook gekozen voor in het werk gestorte ronde betonnen kolommen om het geheel goed op elkaar aan te laten sluiten en stijf uit te voeren.

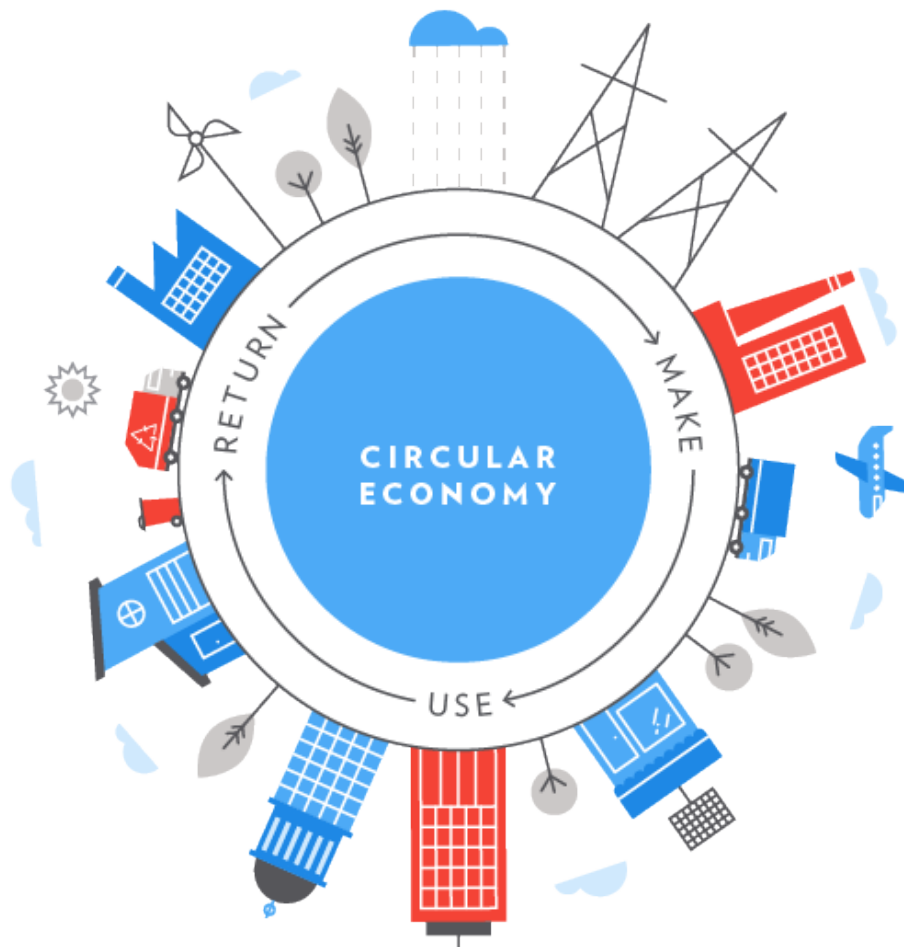
Wat betreft de wanden en kolommen kun je drie types zien terugkomen die veelvuldig worden toegepast. Ten eerste wordt er veel gekozen voor stalen vierkante buisprofielen, vrij in het zicht veelal gevuld met beton voor de brandveiligheid. Door deze profielen in de gevel te verwerken kun je de brandveiligheid oplossen door afwerking van de wanddelen. Een andere optie die recent is toegepast, zoals bij het Revijs Lyceum, is het toepassen van prefab betonnen kolommen in het zicht op de middenstramien, vooral zodat deze dan esthetisch meer opvallen en niet hoeven worden omkleed met betimmering, in combinatie met stalen kolommen in de gevels. Een derde principe dat vaker wordt toegepast, met name wanneer er meer dichte delen in de gevel aanwezig zijn, is een gevel met een constructief dragend binnenblad van kalkzandsteen.

Verder wordt er voor de wanddelen veel gebruik gemaakt van geprefabriceerde HSB-elementen. Deze kunnen gemakkelijk worden gecombineerd met een stalen gevelconstructie zodat die kolommen worden opgenomen in de binnenste schil. Echter, waar er wordt gekozen voor een constructief binnenblad van kalkzandsteen zie je dat er als buitenblad hier de klassieke metselwerk gevelsteen wordt toegepast. In tegenstelling, bij het project IKC Heeswijk, dat nu in de DO-ontwerpfase zit zal in alle waarschijnlijkheid worden gekozen voor steenstrips om wel een klassieke uitstraling aan het gebouw te geven hoewel de gevelconstructie bestaat uit stalen vierkante kokers.

De reden dat er in al deze gevallen wordt gekozen voor betonnen vloeren is naast het financiële aspect tevens ook vanwege comfort en akoestiek. Door de grote massa van beton is het in staat veel geluid te absorberen. Dit in combinatie met ontkoppelde vloerafwerking voorkomt contactgeluid. Er kan hierom worden geconcludeerd dat het belangrijk is te zoeken naar een alternatief principe met beton.

BIJLAGE 2: HANDBOEK DEMONTABEL BOUWEN VOOR ONDERWIJSGEBOUWEN

HANDBOEK
DEMONTABEL
BOUWEN
VOOR
ONDERWIJSGEBOUWEN



HDBO 2019

Handboek Demontabel Bouwen voor Onderwijsgebouwen

Dé handleiding voor het implementeren van demontabele toepassingen die een circulaire economie mogelijk maken.

Colofon

Handboek Demontabel Bouwen voor Onderwijsgebouwen is tot stand gekomen uit het afstudeeronderzoek omtrent demontabel bouwen van de auteur van dit handboek, Timo van Dalen, alsmede de vraag van Spring Architecten voor het inpassen van circulariteit in het ontwerpproces.

Begeleiding

Dit handboek is opgesteld onder begeleiding van HZ University of Applied Sciences te Middelburg in samenwerking met Spring Architecten te Rotterdam.



SPRING

Advies

Timo van Dalen heeft ter advies met betrekking tot zowel het aan dit handboek gerelateerde onderzoek als het HDBO verschillende interviews/ overleggen gevoerd met een verscheidenheid aan professionals uit het vakgebied alsmede HZ University of Applied Sciences en Spring Architecten. Het betreft in het bijzonder de volgende personen:

- Rensley Mattheeuw (Afstudeerbegeleider HZ)
- Dirk Bots (bedrijfsbegeleider vanuit Spring Architecten)
- Remko Wiltjer (IMd Raadgevende Ingenieurs)
- Ron van Wijk (Stichting Circulair Bouwen)
- Stef Bots (Meander Medisch Centrum)
- Taco Tuinhof & Sjoerd de Nooijer (Rothuizen Architecten)

Editie

Eerste editie, mei 2019

Auteur

Timo van Dalen

Plaats van Uitgave

Rotterdam

Disclaimer

Dit onderzoeksrapport en diens inhoud is vertrouwelijk en berust op auteursrecht, in handen van de auteur. Het overnemen van deze kennis of verstrekken van informatie aan derden is niet toegestaan zonder toestemming van de auteur, Timo van Dalen.

Confidentiality rule

The information in this thesis is confidential and all rights are reserved for the author of this piece. Any review, retransmission, dissemination or other use of, or taking of any action in reliance upon, this information by persons or entities other than the intended recipient is prohibited without approval of this piece's author, Timo van Dalen.

Inhoudsopgave

1. Achtergronden.....	1
1.1 Inleiding.....	1
1.2 Totstandkoming	2
1.3 Focus en opbouw HDBO	3
1.4 Ontwerpstrategie	4
1.5 Demontabel bouwen, hoe het niet moet	5
Druklaag.....	5
Natte dekvloer	5
Filmlaag of stucwerk	6
PUR.....	6
Kit.....	6
1.6 De Leefregels van demontabel bouwen	7
2. Casco	8
2.1 Buitenwanden constructief.....	8
Starframe wandelementen.....	8
(Prefab) HSB wandelementen constructief	12
2.2 Vloeren van Beton.....	14
Demontabele kanaalplaat IMd	14
Quantum Deck Vloer.....	17
Holcon Vloer	20
Bestcon 60	22
Tunnelvloer	23
VBI Balkonoplossing.....	27
Vebo BALQOON balkonoplossing	28
2.3 Vloeren van Hout	30
Houten balklaag (met stalen liggers)	30
Houten kanaalplaatvloer	32
CLT Bouwsysteem	35
3. Afwerking Casco en binnenwanden	37
3.1 Buitenwanden NC	37
Vliesgevel	37
HSB prefab wandelementen.....	37

3.2 Buitenwandafwerking	38
Groene Gevel	38
Houten lambrisering met latten	38
Blauwe steen Henegauwen	38
Aluminium Gevelbeplating	39
Stalen gevelbeplating.....	39
Trespa gevelbeplating.....	39
Rockpanel.....	39
3.3 Binnenwanden	40
Systeemwanden.....	40
Paneelwanden	40
HSB (prefab) wandelementen/ voorzetwanden.....	40
Metal stud.....	40
3.4 Binnenwandafwerking	41
Verticale/ horizontale houten latten	41
Systeemwanden.....	41
Hout plaatmateriaal.....	41
Biobased plaatmateriaal	41
3.5 Vloerafwerking	42
Computervloer	42
Fermacell egaliseerkorrels	42
Fermacell vloerelementen	42
Droge zwevende dekvloer	43
Fermacell Honingraatsysteem	43
Honingraat met grint en houtvezelisolatie	43
3.6 Plafondafwerking	44
Houten latten/ regels.....	44
Houten lambrisering	44
Systeemplafond	44
Roosterplafonds- tegels	44
Plafondeilanden	45
Planfond zonder afwerking.....	45
3.7 Dakafwerking	46
Groen dak	46

4. Installaties en overig.....	47
4.1 Inpassing van Installaties	47
4.2 Trappen en hellingen constructief	47
Prefab trap	47
Traditionele, i.h.w. gemonteerde trap	48
4.3 Trap- en hellingafwerking	48
Geen afwerking.....	48
Persrooster met houten/ kunststof latten	48
 Bronvermelding	 49

Bijlage 1: Quicksan
Bijlage 2: Tunnelvloer

1. Achtergronden

1.1 Inleiding

De economie zoals wij die tot voorheen maar ook in de huidige situatie nog veelal zien is lineair van aard. Dit betekent dat producten en diensten worden ontwikkeld vanuit een samenstelling van primaire grondstoffen om hier vervolgens een product mee te creëren. Deze producten en diensten zijn er zo op ingericht dat hetgeen in gebruik wordt genomen en aan het einde van de gebruiksduur wordt vernietigd aangezien de restwaarde op nul wordt gezet.

Waar we naartoe gaan is een circulaire economie, een begrip waar al veel over gesproken wordt als zijnde een 'hippe trend' met tevens tientallen verschillende betekenissen. Het principe hoe ik deze zie is echter vrij simpel, je product en/ of dienst er zo op inrichten dat deze aan het eind van de gebruiksduur nog enige restwaarde biedt die leidt tot het volledig en gelijkwaardig hergebruiken al dan niet dat deze deels kan worden hergebruikt ofwel voor andere doeleinden toepasbaar is. De op deze aarde aanwezige grondstoffen zijn namelijk veelal eindig en raken hierom op. Het is om die reden van belang grondstoffen zo lang mogelijk te behouden en producten te hergebruiken.

Voor de bebouwde omgeving richt circulariteit zich op circulair bouwen. Met andere woorden, een gebouw er zo op inrichten dat deze tevens dient als 'grondstof' voor een nieuw te bouwen gebouw of bouwdeel. Een methode om circulariteit te implementeren binnen dit principe is met demontabel bouwen. Het begrip demontabel bouwen an sich is echter niet evenredig aan circulariteit, het is namelijk heel goed mogelijk dat bouwdelen op zichzelf staand demontabel zijn maar deze hun circulaire waarde verliezen door een bepaalde afwerking van deze bouwdelen. Bovendien, je kunt je afvragen of een principe circulair te noemen is wanneer een gebouw is ingericht om deze te kunnen demonteren voor toepassing op andere projecten maar er geen vraag is naar deze bouwdelen.

Hoewel het onmogelijk met zekerheid is vast te stellen wat de toekomstige vraag van producten en diensten zal zijn kun je gebouwen wel zo inrichten dat de bouwdelen niet identiek zijn maar juist repeterend, oftewel het betrekken van modulariteit binnen het onderzoekskader.

De vraag van dit handboek komt voort uit de vraag binnen Spring Architecten naar demontabele bouwmethodieken die aanzet geven voor circulair bouwen. De doelstelling voor dit onderzoek is dan ook het verwerven van kennis op het gebied van demontabiliteit alvorens dit samen te vatten in een toereikend en toegankelijk handboek. Door dit handboek toe te spitsen op de sector onderwijs geeft dit Spring de mogelijkheid het ontwerpen voor onderwijsgebouwen zodanig in te richten dat kan worden voorzien in een circulaire economie.

1.2 Totstandkoming

Naast het feit dat je bouwdelen zo veel mogelijk wilt hergebruiken bij de sloop van een gebouw heeft daarnaast ook ieder bouwdeel een andere levensduur. Door bouwdelen van verschillende levensduren met elkaar te verlijmen degradeert ieder verlijmd onderdeel naar de respectievelijke levensduur van het onderdeel met de laagste waarde. Het gevolg is dat je volledige delen van gebouwen moet vervangen terwijl specifieke onderdelen in principe nog een langere levensduur hadden. Met behulp van demontabel bouwen kun je dit probleem oplossen. Doordat bouwdelen niet met elkaar verlijmd zijn verliest geen van de onderdelen zijn waarde als gevolg hiervan. Daarbij is het voordeel niet alleen het benutten van de maximale levensduur maar tevens de mogelijkheid tot hergebruik van bouwmaterialen. Het gevolg is dat je voorziet in een circulair proces en hierom circulariteit implementeert door de grondstoffen aanwezig op deze aardbol minder te belasten.

Wat betekent echter 'demontabel bouwen'? Zoals het woord 'demontabel' op zichzelf aangeeft moeten bouwdelen weer uit elkaar gehaald kunnen worden zonder dat de bouwdelen hierdoor worden aangetast. Dit betekent in essentie dan ook dat er enkel droge verbindingen toegepast mogen worden. Niet alleen moeten de bouwdelen van de hoofddraagconstructie met droge verbindingen zijn verbonden, ze moeten bovendien makkelijk bereikbaar zijn en hierom eenvoudig te demonteren. Vooral dat laatste is belangrijk, oplossingen dienen simpel te zijn in principe en toch goed doordacht, zodanig dat er een methodiek ontstaan die repeterend is, als een geheel in veel oplossingen voorziet en tegelijkertijd zo kan worden toegepast dat het de ontwerpvruchtheid niet te veel belemmert.

De vraag is echter, hoe krijg je dit voor elkaar en bovenal, waar haal ik deze kennis vandaan. Duidelijk wordt dat er door dit probleem een vraag ontstaat naar een handboek waarin een verscheidenheid aan methodieken staan beschreven waarmee kan worden voorzien in de vraag naar demontabel bouwen. Doordat de oorsprong van dit handboek voorkomt uit de vraag binnen Spring Architecten naar demontabel bouwen op het gebied van onderwijsgebouwen krijgt dit handboek de naam HDBO (Handboek Demontabel Bouwen voor Onderwijsgebouwen) en zal dus dienen in het voorleggen van bouwmethodieken die demontabiliteit kunnen waarborgen.

Dit handboek is tot stand gekomen vanuit een twee-traps quickscan. In de beginfase is middels een quickscan de huidige markt geïnventariseerd per NL-SfB toepasselijk bouwdeel. Deze quickscan, zie Bijlage 1, beschrijft heel beknopt de gevonden demontabele bouwmethodieken in een spreadsheet. Na het opstellen van deze spreadsheet werd duidelijk waar op het dit moment het meeste gewicht ligt en waarvan al veel is uitgewerkt. Zo kon dus ook de focus van handboek beter worden vastgesteld.

Door middels de bovengenoemde quickscan de bestaande markt te hebben onderzocht is gebleken dat er nog kennis mist op het gebied van demontabel bouwen. Secundair zal er dan ook een nieuwe methodiek worden ontworpen die zal worden toegevoegd aan het handboek. Doordat de markt zich constant ontwikkelt maakt het dit handboek een levend document dat up-to-date dient te zijn door inpassing van de huidige ontwikkelingen. Dit kan door periodiek nieuwe online edities uit te brengen.

1.3 Focus en opbouw HDBO

Buiten het feit dat de scope van het onderzoek zich richt op onderwijsgebouwen wordt er daarbij gefocust op het casco van het gebouw. Hoewel volgens (Tuinhof, 2019) het casco het minst vaak vervangen hoeft te worden vanwege de lange levensduur is het casco in het algemeen het meest evident aanwezig. Het casco staat dan ook in het geval van sloop/ ontmanteling van het gebouw het meest 'in de weg' en in die zin is het demontabiliseren van dit onderdeel van groots belang. Tevens is het casco vaak het meest volumineuze deel van het gebouw met hierom potentieel veel materiaal om her te gebruiken. In het eerste hoofdstuk van dit handboek zal het casco, i.e. de hoofddraagconstructie, vloeren, wanden en dak worden uitgewerkt omtrent demontabiliteit en zullen bestaande en nieuwe bouwmethodieken tegen het licht worden gehouden aan de hand van een serie opgestelde toetsingscriteria.

Het binnenwerk van dit handboek is verdeeld in drie hoofdstukken, 'Casco', 'Afwerking Casco en binnenwanden' en tot slot 'Installaties en overig'. Deze onderdelen zijn evenredig onderverdeeld in de bouwdeelbenamingen zoals deze worden gehanteerd volgens de NL-SfB. In tegenstelling is echter niet de nummering aangehouden die NL-SfB toepast omdat de huidige rapportopbouw van constructieve elementen direct gevolgd door het bijpassende hoofdstuk dat betrekking heeft tot de afwerking in context logischer is.

De volgorde 'Casco', 'Afwerking Casco en binnenwanden' en 'Installaties en overig' is bedacht naar gelang de focus van dit handboek die zich in beginsel richt op het casco, vandaar dat dit het eerste hoofdstuk is. Daarnaast is het zo dat de afwerking van een constructiedeel de demontabiliteit te niet kan doen. Hierom is dit onderdeel bijna net zo belangrijk en volgt deze dus als tweede. De installaties zijn tot slot zeker ook bepalend voor het ontwerp van het casco, echter met de gedachte dat de installaties altijd los worden ontworpen van de hoofddraagconstructie hoeft je er vervolgens in de constructie elementen relatief weinig aandacht meer aan te besteden.

In de toetsing van bouwdelen wordt binnen dit handboek minder tot geen aandacht geschonken aan de aanschafwaarde van bouwdelen. In veel gevallen zijn demontabele principes namelijk duurder in aanschaf. Het feit dat de restwaarde aanzienlijk omhoog gaat bij hergebruik en droge verbindingen maakt deze aanschafwaarde principieel arbitrair.

Naast een alomvattende tekstuele beschrijving van toepassingen binnen dit handboek is ten behoeve van de leesbaarheid en bruikbaarheid gekozen een punctuele en tevens samenvattende opsomming te weergeven. Er worden hiervoor drie verschillende opsommingstekens gebruikt, ieder met een andere betekenis. De onderstaande opsommingstekens omschrijven het bijstaande:

- Beschrijft feitelijke informatie die niet direct voor- of nadelig is
- + Beschrijft een voordeel van de toepassing
- Beschrijft een nadeel van de toepassing ofwel een reden waarom je niet voor deze toepassing zou moeten kiezen

1.4 Ontwerpstrategie

De vraag naar een demontabel gebouw is afhankelijk van de ontwerpstrategie. Hiermee wordt bedoelt wat voor plan er gerealiseerd dient te worden. Het is namelijk zeer bepalend voor welke duur een gebouw in gebruik wordt genomen. In het geval dat een gebouw slechts voor een vijf- of tiental jaren gebruik dient worden is het demontabiliseren van bouwdelen uitermate zinvol.

Het bepalen van de ontwerpstrategie kan vereenvoudigd worden door het toepassen van het 'Brand-schema' voor durability van bouwdelen. Hierin, zie afbeelding 1, wordt in algemene zin per bouwonderdeel aangegeven wat de levensduur is van de genoemde gebouwdelen. Uit deze tabel kan worden geconcludeerd dat tijdens de gemiddelde levensduur van een hoofddraagconstructie de installaties van ditzelfde gebouw minimaal drie keer vervangen dienen te worden. Dit betekent wat betreft dit handboek dat de hoofddraagconstructie zo zal worden ingericht dat de installaties relatief gemakkelijk bereikbaar zijn alsmede vervangen kunnen worden zonder dat de constructie hierbij wordt aangetast.

Shearing layers of buildings and their longevity (based on S. Brand's diagram [1])

Layer	Components	Useful Life [years]
Site	Geographical setting,urban location	" eternal "
Structure	Foundation,load-bearing elements	30-300years,average 50-60years
Skin	Exterior surfaces	average 20years
Services	Technical installations	7 - 15years
Space plan	Interior walls,ceilings,floors,doors	commercial spaces 3years , homes 30years
Stuff	Furniture,appliances	weeks [10-20 years]

Afbeelding 1: Brand Schema Durability

De ontwerpstrategie die wordt aangehouden voor dit handboek richt zich op het volledig kunnen demonteren van de gebouwdelen zonder dat deze hierdoor worden aangetast. Scholen zijn namelijk zeer gevoelig voor de continue veranderingen rondom vergrijzing en tevens ook weer groei. In veel gevallen betekent dit dat schoolgebouwen binnen een korte periode drastisch in leerlingen- / studentenaantal kunnen dalen of groeien. Dit betekent niet alleen dat scholen bij een reductie in studenten delen van een schoolgebouw ofwel het volledige schoolbouw moeten kunnen demonteren maar tevens dat een gebouw voldoende flexibel moet kunnen zijn dat er ook gemakkelijk kan worden bijgebouwd, ofwel in de hoogte of de breedte.

Ongeacht dit handboek wordt toegepast op een schoolgebouw of een gebouw met een andere functie blijft het verstandig in beginsel na te gaan in hoeverre demontabel bouwen van toepassing is om te voorkomen dat er onnodig grote financiële overschrijdingen zullen plaatsvinden. Er kan bijvoorbeeld ook voor gekozen worden de hoofddraagconstructie niet demontabel te maken maar hierbij dan weer wel de mogelijkheid creëren een demontabele afwerking toe te passen. Bij gebouwen die voor meer dan 60 jaar blijven staan kan dit wellicht interessant zijn. Je zult er dan echter wel voor moeten zorgen dat de installaties vrij toegankelijk zijn en de gebouwschil en afwerking tussentijds kan worden vervangen.

1.5 Demontabel bouwen, hoe het niet moet

Zoals al eerder is aangegeven is onze huidige bouwindustrie niet gericht op het kunnen demonteren van bouwdelen. Waar dit principe in bijvoorbeeld de auto-industrie de gewoonste zaak van de wereld is, storten, kitten en purren wij in de bouw al jaren alles aan elkaar vast. Er zijn een aantal van dit soort niet-demontabele principes zo enorm ingebakken in de cultuur dat het belangrijk is deze punten nog eens apart te beschrijven en toe te lichten. Verwacht de volgende onderdelen dan ook niet terug in het vervolg van dit handboek.

Druklaag

Ten behoeve van veiligheids-, praktische redenen en comfort zijn wij gewend prefab vloerdelen middels een druklaag aan elkaar te storten. Het is enigszins logisch dat wij dit al die jaren zo gedaan hebben, want het heeft vele voordelen en is goedkoop. Zo zorgt het direct voor een gladde afwerking ten behoeve van de dekvloer, zijn er geen naden meer die de brandveiligheid en akoestische werking belemmeren en voorzie je met een druklaag in de schijfwerking die vereist is om de vloer als één geheel te laten fungeren. Daarbij worden druklagen ook vaak gebruikt om installaties weg te werken.

Het grote nadeel is echter, het is onomkeerbaar. Alle prefab elementen waar zoveel aandacht aan is besteed in de fabriek voor het behalen van de hoge kwaliteit zijn plots samengesmolten met de druklaag en al de andere elementen. Enkel nog met zwaar geschud kan een vloer gesloopt worden en er is daarbij geen enkele mogelijkheid dat de eerst zo netjes ontworpen prefab elementen nogmaals toegepast kunnen worden, bijvoorbeeld op een ander project.

Hoewel alternatieven in aanschaf in sommige gevallen duurder uitpakken kan de druklaag gemakkelijk weggelaten worden. In hoofdstuk [1.2 Vloeren van Beton](#) zal blijken dat er meerdere mogelijkheden zijn om vloeren van beton te ontwerpen zonder druklaag die wél demontabel zijn.

- + Gladde ondergrond t.b.v. dekvloer
- + Voorziet in brandveilige en akoestische wering
- + Voorziet in schijfwerking
- + Kan gebruikt worden om installaties weg te werken
- Onomkeerbaar proces
- Prefab vloerdelen alsmede de druklaag zijn niet demontabel
- Er zijn tal alternatieven te bedenken waarmee hetzelfde resultaat gehaald kan worden

Natte dekvloer

Een natte dekvloer zoals een zandcementdekvloer of een monolietvloer wordt veel toegepast voor vloerafwerking. Naast het creëren van een gladde ondergrond voor bijvoorbeeld het laminaat, vloerbedekking e.d. wordt deze vaak ook toegepast om vloerverwarming in te verwerken. In sommige gevallen wordt er ook gekozen voor een zwevende dekvloer zodat, door de dekvloer van de constructieve vloer te scheiden, contactgeluid voorkomen kan worden.

Het nadeel is echter ook ditmaal, dat het alles behalve demontabel is. Zelfs wanneer er voor een zwevende dekvloer gekozen wordt zal de dekvloer zelf altijd nog gesloopt dienen te worden waardoor deze niet meer opnieuw bruikbaar is. Hoewel de massa in het geval van geïmplementeerde vloerverwarming de warmte lang vasthoudt heeft het tevens als nadeel dat een vloer langzaam opwarmt en zich niet snel aanpast wanneer een gebruiker een lagere temperatuur wenst.

Waar het bij een druklaag nog complex is om een demontabel alternatief te bedenken zijn er voor een dekvloer tal van mogelijkheden voor een droge oplossing. Zie hoofdstuk [2.5 Vloerafwerking](#).

- + Gladde afwerking voor topafwerking
- + Kan toegepast worden om vloerverwarming in te verwerken
- Niet demontabel
- Houdt warmte lang vast waardoor de warmteregeling minder adaptief is.

Filmlaag of stucwerk

Om een wand te stuken of gipsplaten af te werken met een dunne film wordt voorzien in de vraag naar een gladde en egale afwerking die vervolgens op verschillende manieren kan worden afgewerkt, zoals met verf of behang, deze methodiek is dan ook puur en alleen esthetisch.

Beide gevallen zijn in het kader van demontabel bouwen echter niet demontabel. Door een wand te stuken of gipsplaten af te werken met een film wordt een natte verbinding gecreëerd die niet te demonteren valt. Stucwerk is zowat de meeste gebruikelijke doch niet-circulaire toepassing. Het is een methodiek die zo ingeprent zit in de bouwwereld dat het eigenlijk meer een gewoonte is geworden. Maar; “Waarom doen we dat eigenlijk?”

Gelukkig zijn er wel alternatieven, deze zijn te vinden in hoofdstuk [2.4 Binnenwandafwerking](#).

- + Gladde afwerking als ondergrond voor verf of behang.
- Het plaatmateriaal dan dient als ondergrond wordt een geheel en is daardoor niet demontabel of herbruikbaar

PUR

Werkzaamheden zoals eerder beschreven worden in het werk uitgevoerd. Dit betekent dat er meer tolerantie dient te worden opgenomen dan bijvoorbeeld met prefab elementen. Als nadelig gevolg worden naden en kieren ten behoeve van kierdichting en/of vochtwering vaak afgepurd. Ook gebeurt dit bijvoorbeeld veel bij het plaatsen van kozijnen waar de kier rondom het kozijn volledig wordt afgedicht met PUR.

Hoewel algemeen bekend is dat PUR vele nadelen heeft wordt het toch nog te vaak toegepast. Door het feit dat PUR overal aan vast kleeft is ook deze methodiek onomkeerbaar, het is zelfs zo hardnekkig dat het bij aanbrengen niet zomaar van je handen of kleren afgaat wanneer een dergelijk voorval zich plots voordoet.

Gelukkig zijn er alternatieven. Ten eerste is van belang dat toleranties zo veel mogelijk verkleind worden waardoor de naden en kieren afnemen. Een optie om vervolgens de naad of kier af te dichten is met behulp van bijvoorbeeld rubbers, droog bevestigd in een profiel en daarnaast zijn er ook meerdere mogelijkheden met verschillende afdichtbanden.

- + Dicht naden en kieren exact af, tegen vocht en winddichting
- + Toleranties kunnen makkelijk opgevangen worden
- Onomkeerbaar, blijft overal aan vast zitten
- Bij demontage blijven de bouwdeelen vervuild

Kit

Tot slot, een andere manier om naden af te werken, met name in natte ruimtes of tevens tegen vocht in de glazen kaders van kozijnen aan de buitenzijdes is met behulp van kit. Het voordeel van kit in tegenstelling tot PUR is dat het door de esthetische aantrekkelijkheid goed in het zicht kan blijven. Daarbij is kit in verschillende kleuren te verkrijgen.

Het nadeel echter van kit is dat dit evenals PUR vast blijft kleven aan de bouwdeelen en bij het wegsnijden van kit, wat overigens weer arbeid kost makkelijk rest op de bouwdeelen achterblijven ofwel de bouwdeelen hierdoor beschadigd raken.

Ook voor kit zijn er alternatieven. Deze andere toepassingen zijn in principe hetzelfde als bij PUR. Door gebruik van geprofileerde rubbers kunnen glaslatten bijvoorbeeld even goed afgewerkt worden en daarnaast zijn er ook andere inklemmingstoepassingen die hetzelfde resultaat kunnen geven.

- + Dicht naden en kieren exact af, tegen vocht en winddichting
- + Toleranties kunnen makkelijk opgevangen worden
- Bij demontage blijven de bouwdeelen vervuild of raken beschadigd

1.6 De Leefregels van demontabel bouwen

Ter afsluiting van dit hoofdstuk 'Achtergronden' is het goed de leefregels van demontabel bouwen kort te benoemen. Dit zijn in principe de randvoorwaarden die normaliter gebruikelijk zijn op een gebouw en hierom ook hier niet vergeten mogen worden.

Zeker in schoolgebouwen is een groot aantal installaties en voorzieningen aanwezig. Denk hierbij aan een grote hoeveelheid toegangspunten voor stroom, digitale schoolborden en een verscheidenheid aan armaturen voor licht alsmede brandmeldinstallaties, rookmelders, ed.

In plaats van dergelijke toepassingen allemaal in de wanden te verwerken is het verstandiger deze los te zien van wanden waardoor niet alleen wanddelen minder worden bewerkt maar de flexibiliteit van de ruimte tevens verhoogd. Zo kun je een smartboard beter op een stelling op wielen voorin het lokaal plaatsen i.p.v. deze aan de muur te monteren en verplaatsbare palen met stopcontacten in de ruimtes te plaatsen.

In het algemeen kan gesteld worden dat installaties maar ook inrichting los dient te staan van draagconstructie en afwerking. Niet alleen verhoogd dit de flexibiliteit maar tevens houdt het bouwdelen beter in tact.

2. Casco

Het onderdeel waar de meeste vooruitgang geboekt kan worden op demontabel bouwen is het casco. Om dit hoofdstuk meer body te geven zullen bestaande bouwmethodieken hier tegen het licht worden gehouden aan de hand van de onderstaande toetsingscriteria.

Toetsingscriteria:

- Maatvoering;
- Aansluitmogelijkheden;
- Akoestiek;
- Esthetiek;
- Modulariteit;
- Demonteerbaarheid;
- Hergebruik;
- Flexibiliteit;
- Brandwerendheid.

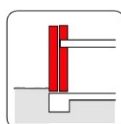
2.1 Buitenwanden constructief

Starframe wandelementen

Starframe is een principe van staalframes van slanke C- en U-profielen en is hierom licht van gewicht. Door de ronde sparingen in de profielen kunnen leidingen in horizontale en verticale richting door de elementen worden gemonteerd. Het nadeel is echter dat het constructief niet heel sterk is waardoor toepassing met een zware betonvloer onmogelijk is. De wandelementen zijn tevens onderdeel van het Starframe bouwsysteem en zijn er eigenlijk op ontworpen om enkel toe te passen in combinatie met de starframe vloerelementen die dezelfde opbouw hebben. (Nieuwenhuijzen, Jentink, & de Zeeuw, 2011)

Maatvoering

- Hoogte verdeelbaar in stappen van 200mm met een maximale hoogte van 3600mm
- Lengte verdeelbaar in stappen van 600mm met een maximale lengte van 9600mm
- Streelengte 6-7 meter (6000, 6600, 7200mm)



Modulariteit

Door het maatsysteem van nx200 in de hoogte en nx600 voor de lengte is dit principe zeker modulair. Tevens kunnen de elementen goed aansluiten op de vloeren die ook van dezelfde breedtes worden voorzien. Zeker de lengteverdeling van nx600 maakt dat dit systeem gemakkelijk kan aansluiten op andere modulaire systemen omdat deze ook vaak uitgaan van een veelvoud van 600mm.

- + Modulaire maten in de zowel de lengte als de hoogte
- + Veelvoud van 600mm sluit goed aan op andere modulaire bouwsystemen, vaak dezelfde maat.

Demonteerbaarheid

Dit bouwsysteem gaat uit van schroefverbindingen. Om deze reden zijn de bouwdelen relatief makkelijk weer te demonteren. Het is echter wel zo dat de staalprofielen aan de binnenzijde met elkaar zijn verbonden waarna vervolgens het plaatmateriaal op de profielen is geschroefd. Dit betekent dat de wandelementen niet in het geheel gedemonteerd kunnen worden maar dat eerste het plaatmateriaal losgeschroefd dient te worden alvorens de staalprofielen verwijderd kunnen worden.

- + Schroefverbindingen, dus demonteerbaar
- Staalprofielen zitten aan de binnenzijde onderling met schroeven verbonden, hierdoor minder goed bereikbaar

Hergebruik

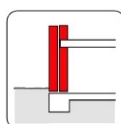
Staal is op zichzelf een materiaal dat zeer lang mee kan gaan. Zolang het materiaal onaangetast blijft en er geen corrosie optreedt kan het staal, mits goed geconserveerd, in principe oneindig mee gaan. Dit betekent dan ook dat het na demontage makkelijk opnieuw kan worden toegepast. Daarnaast kan de verzinkte toepassing aan het einde van de levensduur worden gescheiden om vervolgens na omsmelten zowel het staal als het zink een nieuwe functie te geven. Dit moet echter zo lang mogelijk voorkomen worden aangezien direct hergebruik met dezelfde functie altijd prefereert boven recycling of refurbishment.

- Staal gaat lang mee, mits goed geconserveerd
- Verzinkt staal kan gescheiden worden na zo'n 40-50 jaar levensduur

Flexibiliteit

Door de lengte verdeling van nx600 geldt voor wandopeningen dezelfde regel. Dit betekent dat je niet echt flexibel bent als het gaat om sparingen in de wanddelen. Daarbij komt dat er rondom de openingen voldoende lijvigheid moet zijn voor de versteviging in de betreffende penanten. Daarnaast is het zo dat deze openingen vast zullen staan nadat deze voor de eerste maal ontworpen zijn. Doordat de wanddelen namelijk de constructie als de wandvulling omvatten kunnen de wanden niet zomaar worden aangepast als het gaat om de invulling, in tegenstelling tot bijvoorbeeld een vliesgevel die niet bepalend is voor de hoofdconstructie van het gebouw.

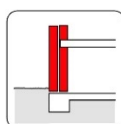
- Matig flexibele verdeling voor sparingen
- Sparing vraagt om voldoende lijvigheid
- Sparingen zijn definitief en onomkeerbaar



Brandwerendheid

Het staal an sich kan slecht tegen hitte omdat het dan haar sterkte verliest. De brandwerendheid moet hierom uit de beplating van de wanden worden gehaald. Er zijn verschillende soort plaatmateriaal op de markt die kunnen voorzien in de eisen naar brandveiligheid. Er kan bijvoorbeeld gekozen worden voor biobased plaatmateriaal van Resysta. (Fiberplast, 2019)

- Brandwerend enkel door afwerking met plaatmateriaal



(Prefab) HSB wandelementen constructief

Prefab HSB wandelementen kunnen worden toegepast bij een houten hoofddraagconstructie. In dit geval vormen deze wanddelen zowel de schil van het gebouw als de hoofddraagconstructie. Dit principe bestaat uit de opbouw van houten stijlen met daartussen isolatiemateriaal en bekleed met plaatmateriaal.

Maatvoering

De maatvoering is niet afhankelijk van een bepaalde modulaire maat en hierom is in theorie dus bijna alles mogelijk. De maximale lengte wordt in dit geval bepaald door wat er maximaal getransporteerd kan worden op een vrachtwagen.

- + Geen constructieve belemmeringen in maatvoering
- + Alleen de transport bepaald de afmetingen van HSB elementen

Aansluitmogelijkheden

Wanneer HSB constructief wordt toegepast kan het gemakkelijk aansluiten met een houten balkvloer of massief houtenvloer. Het is echter niet mogelijk dit wandprincipe toe te passen met een betonnen vloer of met stalen balken die op de HSB worden opgelegd. De HSB aansluitingen kunnen op verschillende manieren worden gemaakt, zolang deze maar droog zijn. Bijvoorbeeld door toepassing van stalen verbindingstukken.

- + Goed aansluitbaar op houten, of andere lichte vloerconstructie
- + Op verschillende manieren droog te verbinden met hout
- Niet te combineren met een betonnen vloer of als oplegging voor stalen liggers

Akoestiek

Evenals bij staalframe wanden is HSB licht van gewicht en hierom kan de akoestiek niet zo zeer worden gehaald uit de massa van de HSB wanden. Ook hier zorgt dus de absorberende werking van de akoestische isolatie voor de akoestiek en daarnaast tevens ook de opbouw van het plaatmateriaal. Het massa-veermassa principe zorgt voor de ontkoppeling van de elementen met betrekking tot contactgeluid. Daarbij komt dat de opbouw uit hout er voor zorgt dat er weinig tot geen contactgeluidoverdracht plaats vindt. Hoeveelheid akoestische weerstand hangt met name af van de dikte van het element en het type akoestische isolatie.

- Niet te halen uit massa
- Ontkoppelen flankerende delen en aansluitingen vereist
- Toepassen van massa-veermassa principe

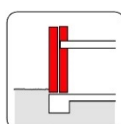
Esthetiek

Houtskeletbouw kan met vrijwel ieder materiaal worden afgewerkt en heeft dan ook weinig beperkingen voor de esthetiek. Evenals bij het staalframe element kan HSB worden afgewerkt met [#Biobased plaatmateriaal](#).

- Afwerken met plaatmateriaal en schroeven direct in het zicht.

Modulariteit

Het nadeel van geen vast modulair maatsysteem is dat HSB elementen veelal project gerelateerd van maatvoering worden voorzien met als nadeel dat de kans deze wanddelen op andere projecten toegepast kunnen worden kleiner wordt. Tevens is het zo dat de hele lange wanddelen vaak ook lastig toe te passen zijn op andere projecten, zeker wanneer er veel sparingen in deze wanddelen zitten.



Anderzijds maakt het toepassen van kleine delen het principe weer duur en daarnaast maakt dit het bij te smalle delen onmogelijk raamsparingen in deze wanddelen te maken zonder dat hier dan weer een extra latei voor nodig is.

- Niet gebaseerd op modulaire maatvoering
- Vaak projectspecifiek

Demonteerbaarheid

Door het toepassen van droge verbindingen zijn de HSB bouwdelen in zijn geheel makkelijk te demonteren, ook zolang er voor gezorgd wordt dat de verbindingstukken vanaf de buitenzijde gedemonteerd kunnen worden.

- + Gemakkelijk te demonteren door droge verbindingen
- Verbindingen dienen vanaf buiten bereikbaar gemaakt worden

Hergebruik

Hout is van zichzelf een duurzaam materiaal met een lange levensduur. Er moet echter wel voorkomen worden dat de HSB elementen niet in aanraking komen met vocht door weersinvloeden tijdens de bouw of door toepassing in natte ruimtes zonder een geschikte afwerking. Tevens moet zo veel mogelijk voorkomen worden dat er grote gaten in hout worden geboord die bij hergebruik tot last kunne zijn.

- + Afhankelijk van vocht gaat hout lang mee en is het een duurzaam materiaal
- Zoveel mogelijk grote boorgaten in hout voorkomen

Flexibiliteit

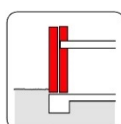
Een HSB element is in die zin flexibel dat het niet afhankelijk is van een bepaalde gridverdeling als het gaat om sparingen. Dit betekent dat er in principe op elk punt in de wand een sparing opgenomen kan worden. Het nadeel is echter dat het maken van een dergelijke sparing onomkeerbaar is. Bij veranderingen van de gevelverdeling dient het gehele wanddeel vervangen te worden. Echter, aangezien we hier spreken van een constructieve wand zouden in dit geval de vloeren dienen te worden onderstempeld om het gebouw overeind te houden.

- + Hout is an sich flexibel omdat het goed te bewerken is.
- + Sparingen in de wanden zijn overal mogelijk
- Doordat de maatvoering niet modulair is sluiten sparingen minder goed aan op andere elementen

Brandwerendheid

Een HSB-wand is uitermate geschikt voor het aanbrengen van een brandveilige schil rondom het gebouw. Door de afwerking van het regelwerk met plaatmateriaal kan op verschillende manieren in de vraag naar een hoge mate van brandwerendheid worden voorzien. Daarnaast kun je ook met isolatiemateriaal zoals steenwol voorzien in de brandveiligheid.

- + Goed brandwerend door afwerking plaatmateriaal

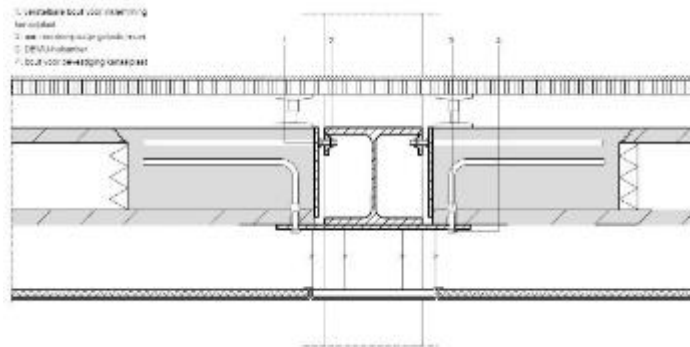


2.2 Vloeren van Beton

Het voornaamste voordeel van vloeren van beton is dat de hoge massa van dergelijke vloertypes niet alleen goed is voor warmteaccumulatie van het gebouw maar tevens ook voor het weren van geluid. Vooral dit laatste is handig in schoolgebouwen omdat er vrij hoge eisen aan geluidwering worden gesteld voor dergelijke gebouwen.

Demontabele kanaalplaat IMd

Ingenieursbureau IMd heeft een toepassing ontworpen voor kanaalplaten die de vloer demontabel maakt. Deze vloer is in beginsel bedacht voor toepassing op de Tijdelijke Rechtbank Amsterdam. Op het detail, zie afbeelding 3, is te zien hoe de vloer bij de oplegging aansluit. Op de bouwplaats worden DEMU-ankers bevestigd die in het werk ook worden aangestort. (Bouwen met Staal, 2017)



Afbeelding 3: Detail oplegging demontabele oplossingen IMd

Maatvoering

Aangezien standaard kanaalplaatvloeren worden gebruikt voor dit bouwsysteem wordt uitgegaan van platen met een breedte van 1200mm. Door de koppelstukken aan de uiteindes van de platen te bevestigen bepaald de lengte van de plaat de maatvoering, dit staat dus los van het bouwsysteem.

- Breedte: 1200mm
- Lengte: variërend

Aansluitmogelijkheden

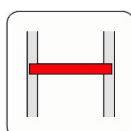
Dit vloertype is ontworpen voor aansluiting met stalen liggers. Aan deze liggers zijn tevens randvoorwaarden gekoppeld. Aan de onderzijde moet namelijk een plaat aan de HE worden gelast voor de oplegging aan daarnaast een lip aan de bovenste flens voor de koppeling aan de bovenzijde van de plaat.

- Oplegging op onderflens HE door aangelaste plaat
- Bovenflens koppeling met aan gelaste lip

Akoestiek

Aan de plaat zelf zitten geen extra toepassingen die de akoestiek verhogen ten opzichte van een standaard kanaalplaatvloer. Sterker nog, door de naden tussen de platen kan het geluid zich moeiteloos van de ene naar de andere zijde van de platen verplaatsen. Dit probleem dient te worden opgelost door de akoestische wering te verzorgen in de vloerafwerking aan de bovenzijde of de plafondafwerking. Zelf gaat het bouwsysteem uit van een computervloer als een dekvloer en aan de onderzijde een verlaagd plafond waarachter of waar onder akoestische maatregelen kunnen worden getroffen.

- Massa beton neemt geluid op
- Naden bij flankerende vloerdelen en oplegging zorgen voor problemen
- Geluidsslekken enkel te voorkomen door afwerking vloer



Esthetiek

De esthetiek aan de bovenzijde zal worden gecreëerd door de vloerafwerking. Aan de onderzijde hangt de esthetiek echter af van de keuze voor wel of geen plafondafwerking. Bij het laatste geval wordt een industriële look geconstrueerd waarbij het aantal installaties in het zicht de uitstraling van het plafond zullen bepalen. Bij het kiezen voor een verlaagd plafond kunnen alle installaties wel netjes worden weggewerkt, bijvoorbeeld met een systeemplafond, en tegelijkertijd is deze demontabel toe te passen. Een verlaagd plafond is echter minder circulair omdat er meer materiaal nodig is ten opzichte van deze weg te laten.

- Type vloerafwerking is beeldbepalend
- Plafondafwerking kan worden weggelaten, industriële look, vloer in het zicht.

Modulariteit

Door de breedte van 1200mm zijn de kanaalplaten in ieder geval modulair, deze maat is namelijk een veelvoud van 300 waardoor veel bouwproducten die een gelijke maatvoering hanteren hier goed op aan kunnen sluiten. De mate van modulariteit is echter afhankelijk van de lengte. Hoe gangbaarder de lengte is des te groter de kans is dat de vloeren seriematig kunnen worden hergebruikt en dus modulair zijn. Het is daarnaast ook zeker bepalend of er veel platen met dezelfde lengte zijn toegepast, dit vergroot namelijk de modulariteit.

- Breedtemaat van 1200mm is een veelvoud van 300 en hierom modulair
- Lengte bepaald de modulariteit, repetitie in maatvoering ook

Demonteerbaarheid

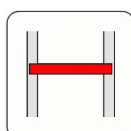
Hoewel de verbinding met de bovenste flens niet demontabel lijkt duwt deze enkel tegen de vloerplaat aan. De bout die in de vastgelaste moer is gedraaid is verstelbaar en kan hierom gemakkelijk tegen de vloerplaat worden gedraaid vanaf de bovenzijde. De verbinding aan de onderzijde, die is gemaakt met een DEMU ankers zijn ook gemakkelijk te demonteren. Er is voor gekozen de verbindingstukken in het werk aan te storten, dit had echter ook net zo goed prefab gekunt, het maakt weinig verschil behalve dat je door het in het werk te doen iets beter toleranties kan opvangen.

- Tot op zekere hoogte demontabel
- DEMU-ankers worden in het werk aangestort
- + Volledig demontabel

Hergebruik

Wanneer de kanaalplaten zijn gedemonteerd kunnen deze nogmaals worden toegepast op een ander project. Aangezien de koppeling van boven echter wordt losgeslepen is het mij tot op heden een raadsel hoe deze koppeling weer teruggebracht kan worden.

- Vloeren kunnen na demontage nogmaals worden toegepast.



Flexibiliteit

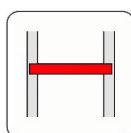
Doordat grote vrije overspanning bereikt kunnen worden met de kanaalplaten levert dit ook een vrij indeelbare plattegrond op, dat opzicht is dit type zeer flexibel. Er kunnen echter geen leidingen verwerkt worden in de vloer zelf, dit zal bovenop of onder de vloer moeten verwerkt. Daarbij komt dat door de voorspanwapening in de onderzijde van de van de vloer doorvoeren heel beperkt zijn en er zonder hulpconstructies geen grote sparingen kunnen worden aangebracht.

- Grote vrije overspanningen mogelijk, vrij indeelbare plattegrond
- Leidingen kunnen enkel boven of onder de vloer, dit binnen de hoogte van het vloerkader
- Mogelijkheden voor verticale doorvoeren zijn beperkt door voorspanwapening

Brandwerendheid

Door het beton is de vloer an sich zeer brandwerend. Echter door de naden tussen de vloerdelen ontstaan er naast geluidlekken ook lekken in de brandwering als je niet voldoende aandacht besteed aan de afwerking van de vloer.

- Beton maakt vloer brandwerend
- Naden flankerende vloerdelen en oplegging niet brandwerend
- Vloerafwerking dient per se brandwerend te zijn



Quantum Deck Vloer

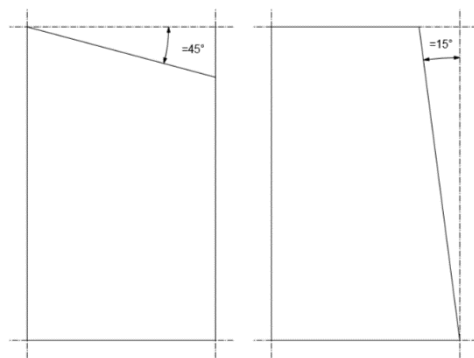
Een van de vloertypes, ontwikkelt door Starframe, is de Quantum Deck Vloer. Dit vloertype gaat uit van een staalframe, tevens ook weer met sparingen voor leidingdoorvoeren, met een toplaag van beton. Niet alleen zorgt deze laag van beton er voor dat het de geluidswerendheid verhoogd, maar hierdoor is er ook een grotere overspanning mogelijk dan bij de standaard starframe vloer waar geen beton als afwerking is gebruikt. (Nieuwenhuijzen, Jentink, & de Zeeuw, 2011)

Maatvoering

Voor de quantum deck vloer wordt uitgegaan van zo groot mogelijke elementen. Door de laag beton kunnen de vloeren overspannen tot een lengte van 11 meter. Echter, de optimale lengte ligt tussen de 5 en 8 meter. Daarbij is het zo dat de lengte wordt bepaald middels de modulaire maat van Nx300mm. Voor de breedte geldt dat deze maximaal 3600mm mag zijn hoewel de optimale breedte ligt tussen de 1800 en 3000mm. Ook hier wordt van een modulaire maatverdeling uitgegaan, dit maal in stappen van Nx600mm. Zie afbeelding 4.



Afbeelding 4: Maatvoering vloer



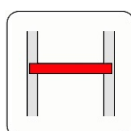
- Lengte Nx300mm, maximaal 11000mm, ideaal tussen 5000-8000mm
- Breedte Nx600mm, maximaal 3600mm, ideaal tussen 1800-3000mm.

Het is mogelijk de vloeren te voorzien van een schuine, of zelfs ronde, zijden. De regels hierbij is dat de hoek van de schuine zijde maximaal 45 graden bij de oplegging en 15 graden over de lange zijde mogen bedragen, zie afbeelding 5.

Afbeelding 5: Mogelijkheden schuine zijden

Voor trapgaten geldt het volgende wanneer wordt uitgegaan van een verdiepingshoogte van 3000mm.

- 3000x1200mm bij een trap met boven- of onderkwart
- 3000x1100mm bij een trap met boven- en onderkwart
- 2100x1500mm bij een trap met dubbelkwart
- 3300x1100mm bij een rechte steektrap



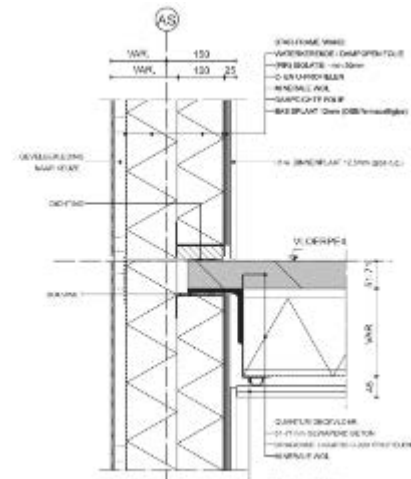
Aansluitmogelijkheden

De vloerelementen worden met behulp van een hoekstaal op de kopse kanten van de vloeren met de uitkragende schil van beton opgelegd. Deze oplegging gaat uit van oplegging met de Starframe wanden. Het is echter ook goed mogelijk ieder andere type oplegging te combineren met dit vloertype. Middels het verticale detail, zie afbeelding 6, wordt duidelijk aangeduid hoe er wordt opgelegd.

- Oplegging met Hoeklijn
- Ontworpen voor oplegging op Starframe wand
- Kan ook gecombineerd worden met andere oplegging

Akoestiek

Bij de Quantum Deck vloer wordt op gelijke manier te werk gegaan als bij de starframe wandelementen wanneer het gaat om akoestiek. Zo wordt er ook hier gebruik gemaakt van verende opleggingen en worden profielen met dichting strips toegepast. Wanneer het plafond dient als akoestische buffer dient er gekozen te worden voor een geperforeerde plafondplaat waarachter isolatie met een hoog geluidsabsorberend vermogen geplaatst kan worden. Zie het hoofdstuk [#Akoestiek](#) bij de Starframe wandelementen voor verdere toelichting.



Afbeelding 6: Oplegging Quantum Deck

- Massa-veermassa principe
- Door licht vloertype dienen alle verbindingen ontkoppelt te worden
- Er kan geluidsabsorberende isolatie in de vloer worden verwerkt en afgewerkt met geperforeerde onderplaat

Esthetiek

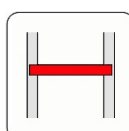
Opnieuw wordt de esthetiek van de vloer bepaald door de afwerking. Door de kiezen voor een type plaatmateriaal die niet alleen weerstand biedt tegen brand maar ook nog eens biobased is maak je het vloersysteem in het geheel meer circulair. Zie ook hier het hoofdstuk van de wanden, [#Esthetiek](#).

- De afwerking is bepalend voor de esthetiek
- Kies bij voorkeur voor een biobased materiaal als afwerking

Modulariteit

Door de lengte en breedte verdeling van 300 en 600mm zal in alle gevallen de vloer goed aansluiten op andere elementen die ook van deze maatverdeling uitgaan. Het meest doeltreffend is om ten aanzien van hergebruik een zekere mate van repetitie aan te brengen in de vloerdelen.

- + Modulaire maatvoering van 300 en 600
- Repetitie is doeltreffend ten aanzien van hergebruik



Demonteerbaarheid

Doordat de vloer enkel wordt opgelegd en nog niet eens wordt verbonden met de wand kan deze relatief makkelijk verwijderd worden. Het is wel zo dat in alle gevallen de wand die op de vloer staat verwijderd dient te worden alvorens de vloer als element kan worden opgehesen.

- + Door weinig verbindingen zeer demontabel
- Op de vloer geplaatste wand dient eerst verwijderd te worden alvorens de vloer te demonteren

Hergebruik

De vloer is her te gebruiken zolang alle materialen nog in goede staat zijn. Het nadeel echter dat de staalframe profielen gedeeltelijk in de vloer zijn gestort betekent dat deze niet los van elkaar te demonteren zijn. Het gevolg hiervan is dat de gehele vloer vervangen dient te worden wanneer de staalframe profielen het begeven. Door de gangbare maatvoering is de kans dat er vraag is naar dit type vloer en deze bij demontage van het gebouw ergens anders toegepast kan worden wel zeer aannemelijk.

- + Kan onbeperkt vaak gedemonteerd worden
- + Gangbare maatvoering maakt de vloer aantrekkelijk voor hergebruik
- Staalframes zijn gedeeltelijk mee gestort met de vloer waardoor deze niet los van elkaar te demonteren zijn en de een de ander zijn levensduur naar beneden haalt.

Flexibiliteit

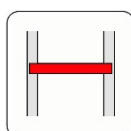
Door de vele mogelijkheden voor sparingen, doorvoeren en schuine zijden is de vloer zeer flexibel. Daarnaast kan met een grote overspanning de plattegrond vrij indeelbaar worden uitgewerkt door toepassing van niet-dragende wanden.

- + Zeer flexibel door vele mogelijkheden voor sparingen, schuine zijden en doorvoeren
- + Vrij indeelbare plattegrond, grote overspanningen

Brandwerendheid

De brandwerendheid van dit vloertype wordt verzorgd door ten eerste de betonnen afwerking en daarnaast de afdichting van de naden tussen de elementen. Daarbij dient ook de afwerking van de vloer voldoende brandwerend te zijn zodat de brandscheiding niet enkel afhankelijk is van de afdichting van de naden.

- + Betonnen schil is brandwerend
- Naden flankerende delen vereisen andere afwerking



Holcon Vloer

Het volledig demontabele vloersysteem is zo gemaakt dat grote overspanning kan overbruggen en fungeert als een soort sandwichpaneel vanwege de holle ruimte tussen de boven en onderlaag van het beton.

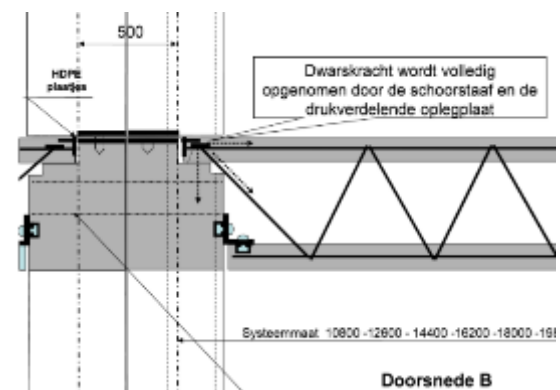
Maatvoering

De lengte varieert in stappen van 1800mm, wat overeenkomt met de breedte van de plaat, en is minimaal 7200mm en maximaal 21600mm. De breedte van de vloer heeft een systeemmaat 1800mm. De dikte van de vloer is 700mm, echter is voor dit vloertype geen dekvloer en ook geen plafond vereist. Er is daarnaast ook een Holcon mini vloer voor overspanningen tot 12600mm. Deze vloer is dan ook minder dik met een hoogte van slechts 350mm.

- Lengte variërend in stappen van 1800. Min. 7200mm, max. 21600
- Breedte is maatvast 1800mm
- Hoogte 700mm, hoogte Holcon mini is 350mm met maximale lengte van 12600mm

Aansluitmogelijkheden

Bij de oplegging, die wordt gedaan met de bovenschil, wordt middels een schoorstaaf en een drukverdelende oplegplaat bij de oplegging op de eindbalk voorzien in de dwarskracht. De onderschil wordt aan de binnenzijde met de eindbalk gekoppeld middels een hoekstaal, droog verbonden met een bout en moer. Deze verbinding is bereikbaar door de tegels die tussen de platen zijn opgelegd. Ten behoeve van schijfwerking worden de platen ook onderling met elkaar verbonden. Deze middenverankering bestaat uit een stalen platen waarvan de uiteinden respectievelijk aan beiden platen vastgebouwd worden. Zie Afbeelding 7 en Afbeelding 8.



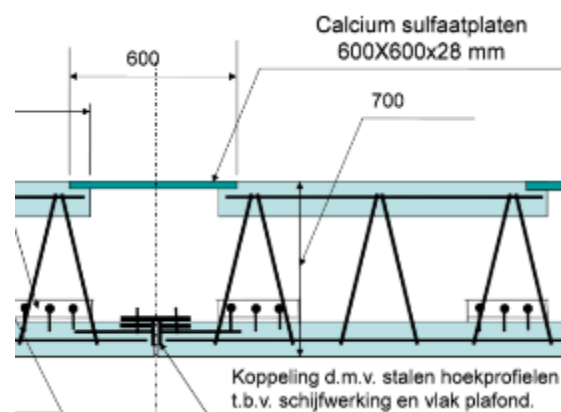
Afbeelding 7: Oplegging Holcon vloer

- Verbinding bovenschil met schoorstaaf en drukverdelende oplegplaat
- Verbinding onderschil met hoeklijn en bouten
- Middenverankering vloerplaat t.b.v. schijfwerking met vastgeboutte hoekprofielen.

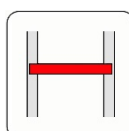
Akoestiek

De akoestiek wordt verzorgd door de massa van het beton. Door de calciumsulfaat (gips) platen die tussen de vloerplaten liggen wordt zowel de kierdichting als de geluidswering verholpen.

- + Massa beton is geluidsabsorberend
- + Gipsplaten t.b.v. kierdichting geluid



Afbeelding 8: Onderlinge koppeling elementen



Esthetiek

De platen hoeven niet nogmaals met plaatmateriaal te worden afgewerkt maar kunnen direct worden voorzien van de visuele afwerking. Aan de onderzijde van de vloer is helemaal geen afwerking vereist. De vloer zelf is hierom zichtbepalend, aangevuld met eventuele installaties die aan de onderzijde van de vloer worden gemonteerd.

- Vloerafwerking is zichtbepalend
- Plafond zijn de vloerplaten in het zicht

Modulariteit

Door toepassing van het modulaire maatsysteem en het feit dat er wordt uitgegaan van repetitie is dit vloersysteem zeer modulair. Het is echter wel zo dat het systeem alleen werkt wanneer ook de oplegging een Holcon ligger is en bijvoorbeeld gebruik wordt gemaakt van een Holcon middenbalk. Het nadeel van die elementen is dat je ze na sloop nergens anders voor kunt toepassen.

- + Modulair maatsysteem, veelvoud van 1800mm
- Alleen in combinatie met Holcon opleggingsmethodiek

Demonteerbaarheid

Deze vloer is bij uitstek gemakkelijk te demonteren. Het zijn allemaal droge verbindingen die enkel maar onkoppeld hoeven te worden door bijvoorbeeld de moer los te draaien van draadeinden. Daarbij zijn de verbindingen goed bereikbaar door de calciumsulfaat platen die gemakkelijk te verwijderen zijn.

- + Zeer demonteerbare constructie met enkel droge, goed bereikbare verbindingen
- + Eenvoudig demonteerbare gipsplaten

Hergebruik

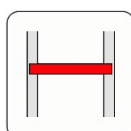
Door de hoge kwaliteit beton en voorspanwapening in de vloeren zullen de vloerelementen een lange levensduur hebben. Het nadeel is echter dat er vloerverwarming is ingestort in de bovenste schil en koeling in de onderste schil volgens het principe van betonkernactivering dat de levensduur mogelijkwerwijs belemmert. In het geval dat de vloerverwarming het eerder begeeft dient de vloer in zijn geheel vervangen te worden. Het was hierom beter geweest als de installaties los zouden staan van de constructie.

- + Lange levensduur door hoge kwaliteit beton
- Ingestorte vloerverwarming (betonkernactivering) limiteert de levensduur, kan niet tussentijds vervangen worden.

Flexibiliteit

Door de vrije ruimte tussen de boven- en onderschil kunnen installaties gemakkelijk in zowel de x- als de y-richting gelegd worden. De calciumsulfaatplaten maken het mogelijk dat deze ruimte te allen tijde bereikbaar is, bijvoorbeeld voor onderhoud of voor vervanging van de installaties.

- + Zeer flexibel bouwsysteem
- + Opgenomen vrije ruimte tussen betonschillen voorziet in brede mogelijkheid in installaties
- + Gipsplaten maken installaties ten alle tijen bereikbaar.



Brandwerendheid

Ten eerste zorgt het beton voor de het grootste deel van de brandwering. De multifunctionele gipsplaten tussen de vloerdelen verzorgen ook de afdichting ten behoeve van de brandwering.

- + Beton maakt vloer voor het grootste deel brandwerend
- + Gipsplaten zorgen voor afwerking naden t.b.v. brandwering

Bestcon 60

Bij het toepassen van een hoofddraagconstructie die volledig bestaat uit een betonskelet kun je met behulp van Peikko verankeringsystemen een demontabele opbouw creëren. De vloerdelen bestaan uit massieve vloerplaten waarin de verankeringsystematiek wordt verwerkt.

Maatvoering

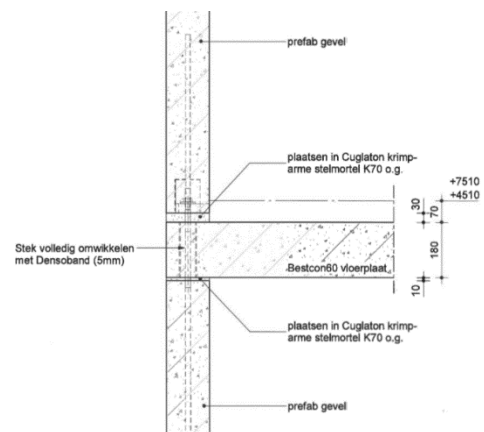
Aangezien er speciale bekistingen worden gemaakt voor de massieve vloeren kan de vloer in principe elke mogelijke afmeting hebben. Bij een project in Amsterdam dat met dit bouwsysteem is uitgevoerd werden vloerplaten met een dikte van 180mm toegepast.

- + Vrij te bepalen maatvoering

Aansluitmogelijkheden

De vloerplaten worden opgelegd op betonnen wanden of liggers en voor de demontabele toepassing aan elkaar verbonden met ankerbouten van Peikko. Voor afdichting worden de stekken volledig omwikkelt met Densoband tegen roestvorming. Wel wordt bij de oplegging de bestcon60 vloerplaat ondersabelt met krimparme stelmortel, hetzelfde gebeurt met de oplegging van de prefab betonwanden op de vloeren. Zie afbeelding 9.

- + Oplegging met demontabele ankerbouten
- + Bescherming tegen corrosie met Densoband
- De krimparme mortel is minder goed demontabel omdat het niet droog is



Afbeelding 9: Detail oplegging vloer

Akoestiek

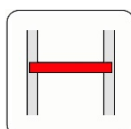
Door het aaneengesloten contact met het beton is er nog geen voorziening getroffen ten aanzien van het contactgeluid. Een vereiste is hierom dat de vloer zodanig wordt afgewerkt dat dit contactgeluid wordt voorkomen, bijvoorbeeld met een zwevende dekvloer. Door de hoogte van de vloer en gedeeltelijke geluidsonderbreking bij de oplegging speelt flankerend contactgeluid nagenoeg geen rol.

- + Flankerend contactgeluid speelt geen rol
- Zwevende dekvloer nodig ten aanzien van contactgeluid

Esthetiek

De esthetiek van dit vloertype wordt bepaald door de afwerking van de vloer. Echter aan de onderzijde zal het zicht bepalend zijn met de ruwe betonvloer in het zicht wanneer wordt gekozen voor geen plafondafwerking behalve dan eventuele armaturen e.d.

- Afhankelijk van afwerking
- Vloerplaat met naden in het zicht bij geen plafondafwerking



Modulariteit

De modulariteit is in dit geval heel afhankelijk van de gekozen afmetingen van de vloer en de mate van repetitie. Des te gangbaarder de maatvoering alsmede de mate van repetitie, hoe modulaarder dit principe kan worden toegepast en hergebruikt voor toepassing op andere projecten. Door te kiezen voor maatvoering van een veelvoud van 300 is de kans goede aansluiting op andere modulaire bouwdelen groot.

- + Hoge mate van modulariteit mogelijk met gangbare maatvoering en repetitie.
- + Uitgaan van maatvoering met een veelvoud van 300mm

Demonteerbaarheid

Door de Peikko verbindingssankers is de vloer volledig demontabel. Van boven tot beneden kan de volledige constructie, indien nodig, ontmanteld worden. Dit kan, na het weghalen van de mortel, gemakkelijk door de verbindingstukken los te draaien.

- + Volledig demontabele constructie
- Mortel maakt demontage moeizamer

Hergebruik

De vloerdelen kunnen gemakkelijk als elementen worden hergebruikt. De mortel kan na demontage echter niet opnieuw worden toegepast. Dit laatste betekent dat er enig materiaalverlies ontstaat, hierdoor is deze toepassing niet voor 100% circulair.

- + Elementen kunnen in het geheel worden hergebruikt
- De mortel kan niet worden hergebruikt

Flexibiliteit

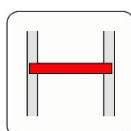
Doordat de vloer massief is zonder installaties kunnen deze installaties vrij in iedere richting worden gelegd, daarnaast kunnen de installaties tussentijds worden vervangen, er van uitgaand dat een constructieve vloer veel langer mee gaat dan een installaties. Het nadeel is wel dat hierdoor het vloerpakket groter wordt.

- + Installaties zijn vrij indeelbaar en aanpasbaar
- Groter vloerpakket

Brandwerendheid

Door de dikte, massiefheid en forse oplegging van de vloeren zijn deze uitstekend brandwerend. Het is dan ook niet noodzakelijk bij dit type vloer te voorzien in extra brandveilige afwerking.

- + Uitstekend brandwerend



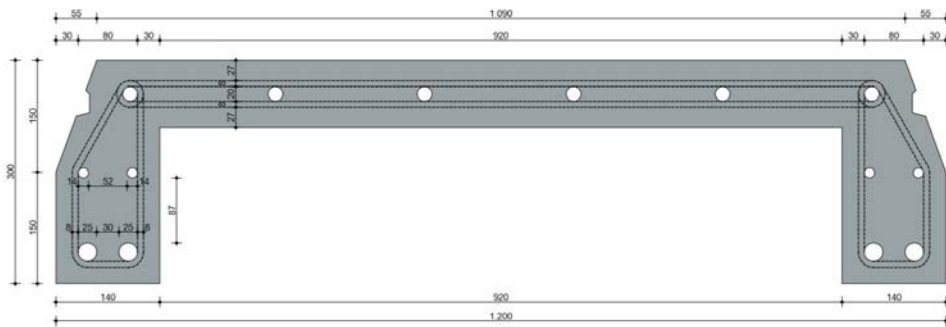
Tunnelvloer

Zoals al kort in het hoofdstuk Achtergronden werd aangeduid mist er op het gebied van demontabel bouwen nog het een en ander. Aangezien huidige demontabele toepassingen zoals de Holconvloer of kanaalplaatvloer van IMD nog enigszins complex zijn heeft dit doen besluiten een volledig demontabel vloertype te ontwerpen dat eenvoudig te maken, volledig demontabel en concurrerend is met de veelal toegepast kanaalplaatvloer. Voor het ontwerpen van het vloertype is eerst een Programma van eisen gemaakt, deze is te vinden in Bijlage 2 tezamen met de volledige uitwerking van de Tunnelvloer.

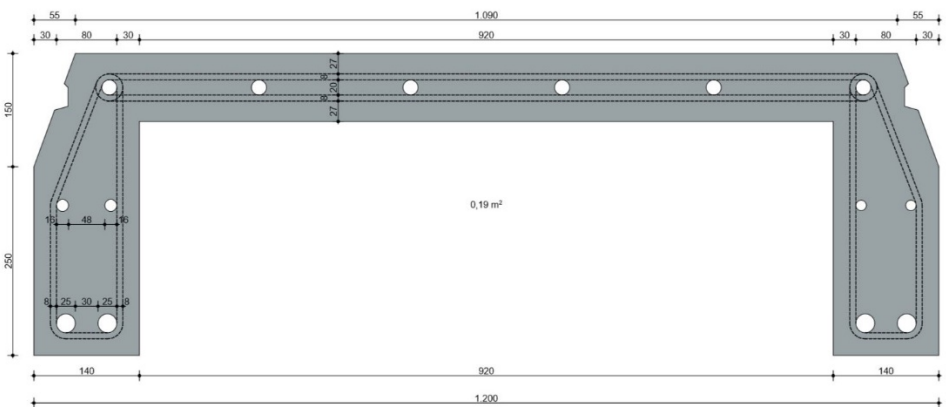
Maatvoering

Voor de vloer is een standaard breedte van 1200mm aangehouden, uitgewerkt in twee Types. Type 1 (zie Afbeelding 10) heeft een hoogte van 300mm en kan overspanningen halen tot 8.8m (stramienafstand) met een plaatlengte van 8.5 meter. Type 2 (Zie afbeelding 11) heeft een hoogte van 400mm en kan hierom overspanningen halen tot 11.7m (stramienafstand) met een plaatlengte van maximaal 11.4m.

Voor de maatvoering van de liggers voor de oplegging, de vloerdikte/ hoogte, en de wapening zijn constructieberekeningen gemaakt, deze zijn terug te vinden in Bijlage 2.

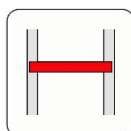


Afbeelding 10: Detaildoorsnede Type 1



Afbeelding 11: Detaildoorsnede Type 2

- Breedte: 1200mm
- Type 1: Hoogte 300mm, lengte tot 8.8m
- Type 2: Hoogte 400mm, lengte tot 11.7m

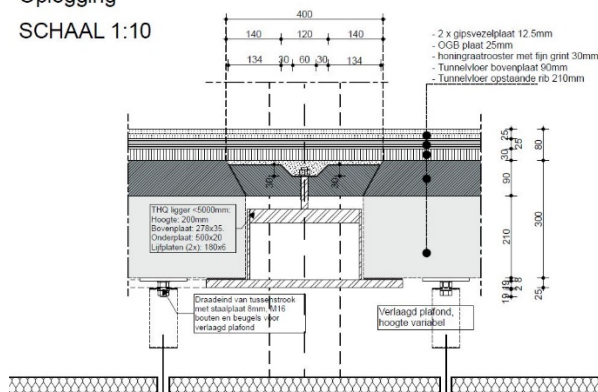


Aansluitmogelijkheden

Bij de oplegging wordt gebruik gemaakt van hoedliggers met daar bovenop stalen pinnen met draadeind gelast. Door gebruik van betonnen stroken, afgeschuinde randen van de vloer en moeren kunnen de vloeren tussen de betonstroken worden ingeklemd. Dit verzorgt niet alleen de schijfwerking van de vloer maar zorgt er ook voor dat de naden tussen de prefab vloerdelen worden afgedicht zodat de constructie ook kan voorzien in eisen voor brandveiligheid en geluid. De strook alsmede de vloer is afgeschuind zodat marge in de plaatafstand op deze manier kan worden opgenomen binnen deze inklemmingsmethodiek. De zijaansluiting van de plaatdelen wordt op een soortgelijke wijze verzorgt. Dit keer is de betonstrook tussen de vloerdelen echter voorzien van draadeinden die door de naad tussen de platen steekt. Door het draadeind middels een stalen plaat met een moerverbinding aan te draaien worden de vloerdelen aan elkaar bevestigd en voorziet de vloer in schijfwerking, een bijkomend voordeel is dat het verlaagd plafond ook aan dit draadeind kan worden bevestigd. Voor het leggen van de vloeren is een ingelaten rand opgenomen ten behoeven van hijsvoorziening. Zie detail 12 en 13 voor de uitwerking van de aansluitingen van type 1.

Detail 1:
Oplegging

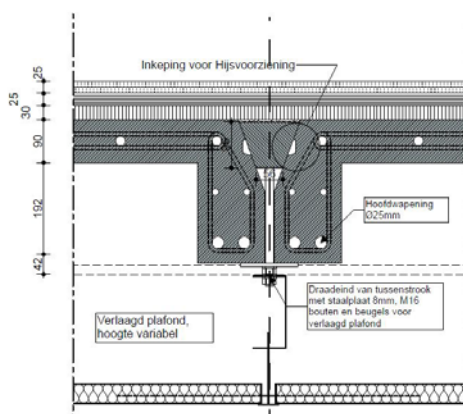
SCHAAL 1:10



Afbeelding 12: oplegging Type 1

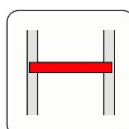
Detail 2:
Aansluiting dwarsdoorsnede

SCHAAL 1:10



Afbeelding 13: Detail zijaansluiting Type 1

- + Oplegging op hoedliggers
- + Inklemming die voorziet in schijfwerking en marge plaatafstand kan opnemen.
- + Draadeind voor bevestiging plafond



Akoestiek

Door de betonstroken tussen de platen wordt een doorlopende laag met massa gecreëerd, zie detail 12 en 13. Daarnaast wordt de vloer aan de bovenzijde afgewerkt met een honingraatrooster gevuld met fijn grint, dit zorgt niet alleen voor een gladde afwerking maar voegt ook extra massa toe die bijdraagt aan betere geluidsabsorptie. De verdere afwerking met zowel een hout- als gipsvezelplaat neemt ook geluid op. Vervolgens is onder de vloer een verlaagd plafond bevestigd met daarin plafondplaten die geluid kunnen opnemen. Bij een plafond met geperforeerde platen kan achter deze platen ook geluidisolatie worden geplaatst.

- + Betonstrook dicht vloernaad af tegen geluidstekken
- + Vloer en plafondafwerking kan geluid absorberen

Esthetiek

Door het toepassen van een honingraatrooster wordt een gladde vloerafwerking gerealiseerd. Er zijn overigens meerdere mogelijkheden voor een droge gladde dekvloer, zie [#3.5 Vloerafwerking](#). Daarbij zijn door de plafondplaten de constructiedelen met bijbehorende bevestigingsmiddelen en oplegging volledig uit het zicht. Aangezien een verlaagd plafond voor een school al zeer gebruikelijk is doet het niet af aan de esthetiek van een niet demontabel vloertype.

- + Gladde afwerking vloer door toepassing honingraatrooster
- + Door verlaagd plafond is vloerconstructie volledig weggewerkt.

Modulariteit

Door toepassingen van een breedtemaat van 1200mm past dit vloertype goed in een modulair bouwsysteem. 1200mm is een uitermate modulaire maat als veelvoud van 300 en kan hierom ook goed gecombineerd worden met ander materialen. Daarnaast zijn de draadeinden op de liggers ook op een vaste hartafstand van 610mm geplaatst waardoor het volledige vloersysteem repeterend kan worden toegepast. De maat 610 komt voort uit de breedte van 1200mm vloerplaat + 20mm naad maakt een repetitieafstand van 1220mm. Het voordeel van dit vloertype in productie is dat er geen project-specifieke mallen gemaakt hoeven worden.

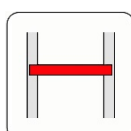
Door de prismavorm kan er in principe een oneindig lange productielijn worden gemaakt met eventueel zelfs voorspanwapening die vervolgens na het uitharden van het beton in de juiste lengte gezaagd kan worden. Wanneer er geen voorspanwapening wordt toegepast is een tussenschotje al voldoende.

- + Modulaire maatvoering, breedte 1200mm
- + Bij productie kan er een oneindig lange productielijn worden gemaakt door de prismavorm

Demonteerbaarheid

Alle onderdelen van de vloerconstructie alsmede de afwerking zijn droog gemonteerd en doen hiermee niet af in kwaliteit van gebruikelijke alternatieven. Om deze reden is dit vloertype met afwerking volledig demontabel en kan demontage naast plaatsen door de repetitie snel plaatvinden.

- + Volledig droog gemonteerde toepassing
- + Snelle demontage mogelijk door repetitie vloerdelen



Hergebruik

Door het toepassen van beton voor dit vloertype kunnen de elementen voor een zeer lange tijd meegaan. Dit in combinatie met het simpel en eenvoudig ontwerp maakt dat deze vloer op veel projecten kan worden toegepast. Door de staalconstructie uit te voeren met boutverbindingen is deze evengoed weer op te delen in elementen bij demontage en hierom goed her te gebruiken.

- + Lange levensduur beton en eenvoudige demontage maakt hergebruik makkelijk
- + Staalconstructie even gemakkelijk te demonteren door boutverbindingen.

Flexibiliteit

Een belangrijke eis in het Programma van Eisen was een hoge flexibiliteit voor het inpassen van installaties. Door de grote vrije ruimte binnen de vorm van de tunnel kunnen installaties gemakkelijk in de lengterichting van de vloer worden gelegd. Daarbij zorgt het verlaagd plafond ervoor dat tevens in de breedterichting leidingen van installaties kunnen worden verplaatst.

- + Grote vrije ruimte voor installaties in tunnelvorm in lengterichting
- + Verlaagd plafond voor breedte verplaatsing leidingen.

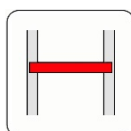
Brandwerendheid

De betonnen stroken tussen de vloerdelen zorgen naast geluidswering en schijfwerking ook voor wering tegen brand. Beton is uitermate geschikt voor brandwering en voor bescherming van de wapening is rekening gehouden met een dekking van 30mm. Er kan worden voorzien in additionele brandwerendheid door deze op te nemen in de vloer op plafondafwerking afhankelijk van de eis.

- + Betonstroken voor afdichting naden t.b.v. brandveiligheid
- + Additionele brandwering mogelijk met afwerking

VBI Balkonoplossing

In samenwerking met Schöck werkt VBI op dit moment aan een oplossing voor een demontabele toepassing voor prefab balkons en galerijplaten. De verwachting is dat dit product nog dit jaar in productie zal gaan wat betekent dat we het tot die tijd moeten doen met de beperkte technische informatie die beschreven staat in een leaflet. Dit product is met name gericht op toepassing met kanaalplaatvloeren maar sluit tegelijkertijd niet uit dat Schöck hetzelfde principe ook op de markt gaat brengen voor andere vloertypes. Zodra er meer informatie over bekend is zal de in een volgende versie aan dit handboek worden toegevoegd. (Wittebol, 2019)



Vebo BALQOON balkonoplossing

BALQOON is een systeem voor uitkragende balkons- en/of galerijplaten. Doordat de platen hol worden uitgevoerd zijn ze gemiddeld 45% lichter dan traditionele balkonplaten. Aan de bovenzijde wordt de holte uitgevoerd met betonnen tegels waardoor de holtes in het balkon te allen tijde bereikbaar zijn. (Balqoon, 2019)

Maatvoering

Het prefab balkonelement is leverbaar in een dikte van 240, 300 en 360mm. Daarbij is zowel de breedte als de lengte van de platen variabel toe te passen volgens tekening. De holle elementen worden geleverd met enkel een onderschil van beton. De bovenschil bestaat uit betonnen tegels van 45mm dik die op het balkon of de galerijplaat worden gelegd. Tot slot wordt de verankering voorzien met een thermische onderbreking van Schöck isokorf.

- Dikte 240, 300, 360
- Afdektegels 45mm dik
- Verankering met thermische ont koppeling

Aansluitmogelijkheden

Er zijn vier soorten toepassingen van balqoon, de 'BALQOON BASE', 'BALQOON FIXED', 'BALQOON CONNECT' en 'BALQOON RENO'. De balqoon fixed is hiervan de vrij uitkragende variant van de vier. Hoewel het balkon is ontworpen op een aansluitingsvoorziening in de vloer die in het werk zijn gestort kan deze inpassing ook prefab worden gedaan. Hoewel de maatvoering van het koppelingselement in de vloer vast staat is er in de koppeling met het balkon enige stelruimte opgenomen die aansluiting beter mogelijk maakt. Het is wel zo dat voor het monteren van het balkon een hulpconstructie geplaatst moet worden.

- Ingestorte oplegging in vloerrand
- Koppingsstuk met isokorf ingestort in balkon

Akoestiek

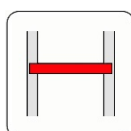
De thermische ont koppeling door middel van de isokorf verzorgt ook direct de akoestische ont koppeling op het gebied van flankerend contactgeluid van buiten naar binnen.

- Isokorf zorgt ook voor thermische ont koppeling

Esthetiek

Wanneer het beton in het zicht wordt gelaten zijn er drie mogelijkheden met betrekking tot de kleur: lichtgrijs, wit en antraciet zijn mogelijk. Dezelfde uitstraling is mogelijk voor de betonnen afdektegels die in het prefab kader worden gelegd. Als extra optie kunnen de afdektegels ook worden gemaakt van kunststof composiet of hout.

- Balkon en afdektegels in de kleuren lichtgrijs, wit en antraciet.



Modulariteit

De mate van modulariteit is grotendeels afhankelijk van de maatvoering en opnieuw de repetitie van de elementen. Door te kiezen voor systeemmaten van een veelvoud van 300mm wordt de kans op toepasbaarheid op andere projecten na demontage aanzienlijk vergroot.

- Maatvoering en repetitie bepaald de modulariteit
- Uitgaan van een maat met een veelvoud van 300mm.

Demonteerbaarheid

Evenals de relatief eenvoudige montage is de een balqoon ook weer gemakkelijk te demonteren. De verankering is door de demontabele verankering weer net zo gemakkelijk te demonteren.

- + Gemakkelijk demonteerbaar met kraan

Hergebruik

Door de hoge kwaliteit van het beton kunnen de balkons hergebruikt worden zolang de levensduur van de balkons strekt. Doordat zowel de balkons als de vloerelementen prefab zijn gefabriceerd kunnen beide elementen worden hergebruikt. Voor de vloerdelen geldt dan echter wel dat deze na demontage enkel bij balkons kunnen worden toegepast en niet als een standaard vloerdeel waar geen balkon aan is bevestigd.

- + Hergebruik mogelijk zolang de levensduur rijkt
- De vloerdelen met ingestorte balkon aansluiting zijn bij hergebruik enkel toepasbaar voor balkons

Flexibiliteit

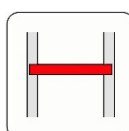
Door de holtes in het prefab balkonelement en de afdichting met de afdektegels kan de hemelwaterafvoer inwendig worden verwerkt en op een vrije plek in het element worden afgevoerd. Daarnaast is het voordeel van de tegels dat de hwa te allen tijde goed bereikbaar blijft, bijvoorbeeld voor onderhoud.

- + Flexibele HWA in holtes balkonelement
- + Vrij uitneembare afdektegels

Brandwerendheid

Het balkon kan brandwerend worden uitgevoerd tot een brandklasse REI 120 volgens EN 13501-2.

- Brandklasse REI 120



2.3 Vloeren van Hout

Houten balklaag (met stalen liggers)

Maatvoering

Als vuistregel geldt dat de hoogte van de balk gelijk staat aan $1/20^{\text{ste}}$ deel van de overspanning. In de praktijk is het om deze reden niet interessant enkel hout te gebruiken bij overspanning boven de 6 meter omdat dan de balkhoogte te groot begint te worden. In dit geval wordt je vloerpakket dan vele malen dikker dan bij bijvoorbeeld een betonnen vloer. Een oplossing hiervoor is door gelamineerd hout toe te passen of de houten balken te combineren met stalen liggers waartussen het hout opligt. Je kunt namelijk met gelamineerd hout en zeker met staal wel gemakkelijk grotere overspanning halen terwijl de liggerhoogte dan niet zo groot is als bij hout.

- Dikkere balkhoogte dan bij betonnen vloeren
- Slechts overspanning tot 6 meter mogelijk

Aansluitmogelijkheden

Doordat hout zeer bewerkelijk is zijn er vele verbindingsmogelijkheden, zoals bijvoorbeeld stalen schoenen, pen-gat verbindingen, deuvolverbindingen e.a. Hoewel sommige verbindingen uitgaan van verlijming zijn er ook vele droge verbindingen mogelijk. Wanneer houten balken met staal worden op de onderste flens van de HE ligger worden gelegd.

- + Vele droge verbindingsmogelijkheden mogelijk
- + i.c.m. stalen ligger hout opleggen in/op HE-ligger

Akoestiek

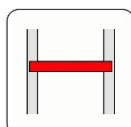
Het is zaak tussen de houten balken geluidswerende isolatie op te nemen tegen geluid. Doordat hout een relatief licht materiaal is heb je minder last van contactgeluid dan bijvoorbeeld met beton. Het probleem van geluid bij houten balklagen hierom relatief makkelijk op te lossen

- + Geluidswering luchtgeluid tussen de balken is makkelijk op te lossen
- + Door lage dichtheid hout tevens weinig contactgeluid

Esthetiek

Aan de bovenzijde is de esthetiek afhankelijk van de afwerking, aan de onderzijde zal het plaatmateriaal in het zicht zijn. Dit betekent ook dat de schroeven waarmee het plaatmateriaal aan de balken wordt bevestigd in het zicht zal zijn. Het is ook mogelijk de vloer aan de onderzijde open te laten waardoor de houten balken in het zicht komen. Dit heeft echter wel tot gevolg dat de akoestische isolatie op een of ander manier aan de balken over de bovenafwerkingsplaat dient te worden verankerd.

- Afwerking bepaald de esthetiek
- Aan onderzijde balken evt. in het zicht.



Modulariteit

Door de balken allemaal dezelfde afmetingen te geven is het in beginsel een zeer modulair systeem. Het is wel zo dat door de vele balken en meerdere lagen aan afwerking de arbeid verhoogt wordt. Zeker voor een school die grote oppervlakken telt wordt het plaatsen van de vloer dan zeer arbeidsintensief evenals demontage. Om de hoge mate van modulariteit te behouden dienen de balken zo veel mogelijk in tact te worden gehouden zonder dat er al te grote sparingen in de balken worden aangebracht.

- + Modulair doordat de bouwonderdelen los van elkaar gemonteerd worden
- Het plaatsen en demonteren is arbeidsintensief
- Er mogen geen grote sparingen in de balken worden aangebracht.

Demonteerbaarheid

De balklaag is opgebouwd uit losse onderdelen die door de droge verbindingen gemakkelijk te demonteren zijn. Zoals onder het hoofdstuk Modulariteit echter al aangegeven was kost demontage door de hoge arbeidsintensiteit wel veel tijd. Er worden waarschijnlijk veel schroefverbindingen aangebracht bij de verbindingen met de balken die allemaal stuk voor stuk dienen te worden losgeschroefd of eventueel losgebout bij toepassing van boutverbindingen met een ingelaten stalen plaat of T-profiel.

- + Demonteerbaarheid is hoog
- Demontage kost echter wel veel tijd

Hergebruik

Alle onderdelen kunnen worden hergebruikt en daarbij is hout uiteraard een zeer duurzaam materiaal dat niet alleen lang mee gaat maar ook een oneindige grondstof kan zijn zolang er bomen voor worden terug geplant. Daarbij kunnen ook de schroeven, bouten en/of deuvels na demontage worden gebruikt. Het voordeel van hout is de hoge bewerkelijkheid als voordeel geeft dat het hout voor heel veel toepassingen gebruikt kan worden en er een hoge vraag naar is.

- + Hoge mate van hergebruik van alle individuele onderdelen
- + Door toegankelijkheid materiaal is er een hoge vraag naar hout

Flexibiliteit

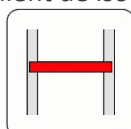
De open ruimte tussen de balken kan effectief gebruikt worden door hier in de lengterichting installaties doorheen te monteren. Echter dient wel voorkomen te worden dat dit in de breedterichting gebeurt, sparingen in de balken moeten namelijk voorkomen worden. Daarbij kan hout door de hoge bewerkbaarheid flexibel worden toegepast.

- + Hoge mate flexibiliteit voor installaties
- + Hout heeft in algemene zin een flexibele functionaliteit

Brandwerendheid

Door de houten balken, in ieder geval, aan de bovenzijde af te werken met plaatmateriaal kan worden voorzien in de vraag naar brandwerendheid. In tegenstelling tot stalen liggers duurt het bij hout veel langer alvorens de balken bezwijken bij brand. Bij een open balklaag aan de onderzijde is wel van belang dat de geluidsisolatie tussen de balken voldoende bestand is tegen brand, kies bijvoorbeeld voor steenwol.

- + Goed brandwerend door afwerking houten balken aan bovenzijde met plaatmateriaal
- Bij open constructie aan onderzijde dient de isolatie voldoende brandwerend te zijn.



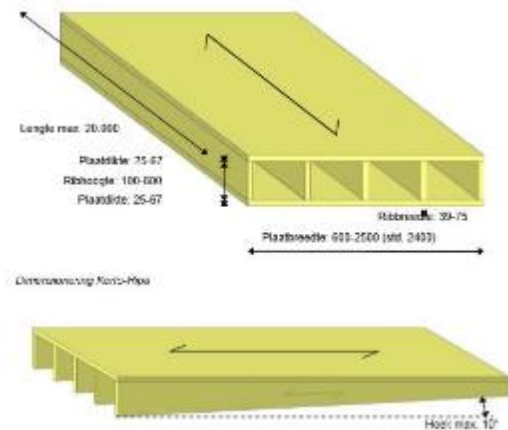
Houten kanaalplaatvloer

Dit type kanaalplaatvloer is in principe een houten geprefabriceerde vloer van houten ribben met één of twee dekplaten (enkel boven of boven en onder). Door de verlijming kunnen grote overspanningen gehaald worden. (Metsä Wood, 2016)

Maatvoering

Afhankelijk van de hoogte van de vloer, variërend van 245mm tot 645mm kunnen er overspanningen worden gehaald van respectievelijk 5.20m tot 15.60m. Door het aanpassen van de opbouw zijn zelfs vrije overspanningen mogelijk tot 20 meter. De standaard breedte van de elementen is 2400mm, echter deze kan afwijken tussen de 600 en 2500mm. De plaatdikte varieert van 25-67mm, de ribhoogte van 100-600mm. Het is ook mogelijk de plaat aan de onderzijde af te schuiven met een maximale hoek van 10 graden, zie afbeelding 14 voor meer duidelijkheid betreft de maatvoering.

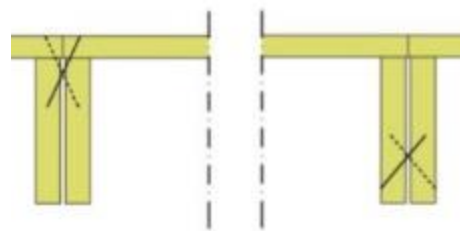
- Hoogte vloer: 245-645mm
- Overspanning (lengte): 5.2-20 meter
- Breedte: 600-2500mm, standaard 2400mm



Afbeelding 14: Maatvoering Kerto-Ripa

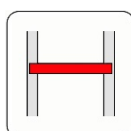
Aansluitmogelijkheden

Metsäwood schrijft vier verschillende oplegvarianten voor. Ten eerste zijn er twee soorten ribopleggingen waarvan de eerste variant ten aanzien van de stabiliteit wordt verstevigd met een kopschot, de tweede riboplegging wordt voorzien van een rij kleinere schotten tussen de ribben, alsmede voor de stabiliteit. Het derde type oplegging is de kopschotoplegging waar het element opligt op het kopschot waar de ribben middels een ophang-verbinding aan het kopschot verbonden zijn. Tot slot is er de plaatoplegging waarbij de vloerdelen op de bovenste plaat van het element opligt. Het voordeel hiervan is dat er kan worden voorzien in een dun vloerpakket. Vervolgens zijn er twee mogelijkheden om de platen onderling te koppelen ten behoeve van de schijfwerking van de vloer in zijn geheel. De delen kunnen zowel aan de bovenzijde als de onderzijde worden gekoppeld met schroeven of nagels die diagonaal in de ribben worden geschroefd/ geslagen, zie Afbeelding 15.



Afbeelding 15: Onderlinge koppeling

- 4 verschillende oplegvarianten op ribben, kopschot of bovenste plaat
- Verbinding elementen t.b.v. schijfwerking middels schroeven of nagels.



Akoestiek

De vloerelementen zijn van zichzelf licht van gewicht en moeten het geluidwerend vermogen niet halen uit de massa. Het is echter wel mogelijk massa toe te voegen aan de vloerelementen d.m.v. bijvoorbeeld een honingraatrooster gevuld met grint in de vloerafwerking. Door toepassing van zachte oplegging kan het flankerende geluid worden beperkt en daarnaast kan het luchtgeluid worden geabsorbeerd met behulp van akoestische isolatie in de plaat en aan de onderzijde een geperforeerde plaat zodat het geluid in de kanalen kan worden opgenomen. Met toepassing van de Kerto-Ripa Sonans geperforeerde houten platen kan een geluidsabsorptiecoëfficiënt behaald worden van 0.75 (klasse C).

- + Met verende/ zachte oplegging wordt flankerend geluid beperkt
- + Middels honingraatrooster met grint kan extra massa worden gecreëerd
- + Geperforeerde onderplaat met daarachter akoestische isolatie ten aanzien van geluidsabsorptie
- Van zichzelf heeft de plaat weinig massa om geluid op te nemen, deze dient extra toegevoegd te worden

Esthetiek

De platen, gemaakt van vuren hout, geven een natuurlijke uitstraling in de kleur wit tot geelbruin met een vlampatroon en donkere noesten. De verbinding van nagels of schroeven tussen de flankerende delen wordt verzonken uitgevoerd en is hierom niet te zien. Zie Afbeelding 16 voor het uiterlijk.



Afbeelding 16: Uiterlijk Kerto-Ripa

- + Natuurlijke uitstraling van vurenhout
- + Nagels en schroeven zijn verzonken en hierom uit het zicht

Modulariteit

Door het toepassen van de standaard en tevens modulaire breedtemaat van 2400mm (een veelvoud van 600), is dit vloertype goed modulair toepasbaar. Echter, er zal wel moeten worden gekozen voor een hoge mate van repetitie.

- + Modulair door maatvoering en repetitie

Demonteerbaarheid

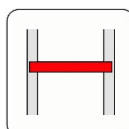
Door te kiezen voor schroefverbindingen voor koppeling van de platen kunnen de verbindingen bij demontage weer gemakkelijk worden teruggedraaid. Doordat de elementen standaard vrij groot in omvang zijn en de schroefverbindingen slechts plaatselijk zijn zal demontage om diezelfde reden ook relatief weinig arbeid kosten en snel realiseerbaar.

- + Door schroefverbindingen demontabel
- + Grote omvang van elementen zorgen voor een gemakkelijke demontage

Hergebruik

Volgens Metsäwood kunnen de vloerelementen door hergebruik een tweede of derde leven krijgen. Het element past hierom goed binnen het principe van IFD (Industrieel, Flexibel en Demontabel) bouwen. In principe kan het element oneindig veel hergebruikt worden zolang de levensduur van het element rijkt.

- + Vloerelementen kunnen meerdere malen gedemonteerd en gebruikt worden



Flexibiliteit

Door de open kanalen in de houten kanaalplaat kunnen in de lengterichting zonder sparingen in de ribben aan te brengen moeiteloos leidingen worden gemonteerd. Indien nodig zijn leidingen in de breedterichting ook mogelijk, dan wel door sparingen in die richting aan te brengen. Door de mogelijkheid voor de grote overspanning is de plattegrond tevens zeer flexibel in te delen. Wat betreft de vloerafwerking zijn er verschillende mogelijkheden, waaronder ook een droge optie met behulp van een honingraatrooster gevuld met grint, houtvezelplaten voor de isolatie en als afwerking gipsvezelplaten. In deze laag van afwerking is het zelfs mogelijk een droge optie van vloerverwarming toe te voegen in het pakket.

- + Kanalen zorgen voor flexibiliteit van installaties in de lengterichting
- + Door het aanbrengen van sparingen ook installaties in de breedterichting verplaatst worden
- + Droge afwerking mogelijk met optioneel extra massa en vloerverwarming

Brandwerendheid

Afhankelijk van het type vloer (Kerto-Ripa T of Kerto-Ripa Box) is het element op verschillende manieren brandwerend. Bij de eerste optie kan de brandwerendheid worden verzorgd met een additionele onderplaat van 2x 12,5mm gipsvezelplaat+ minerale wol in plenum voor REI30 en bijvoorbeeld een onderplaat van 2x 18mm voor een brandwerendheid van REI60. Ook bij de Kerto-Ripa Box kan de brandwerendheid gehaald worden. Zie Afbeelding 17 voor de uitgebreide optiemogelijkheden.

- + Brandwerendheidsklassen REI30 en REI60 gemakkelijk haalbaar
- + In overleg kan REI90 en REI120 ook bereikt worden

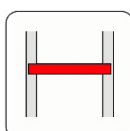
KERTO-RIPA T

REI30	Onderplaat 2x12,5mm gipsvezelplaat + minerale wol in plenum of Onderplaat 12,5mm Fermacell + minerale wol in plenum (specifiek type)
REI60	Onderplaat 2x18,0mm gipsvezelplaat + minerale wol in plenum of Onderplaat 2x12,5mm Fermacell + minerale wol in plenum (specifiek type)
REI90 / 120	Opbouw in overleg met leverancier

KERTO-RIPA BOX

REI30	Dikte onderplaat ≥ 22 mm H.o.h. ribben ≤ 600 mm (5 ribben/plaat) Bij een ribhoogte ≥ 300 mm is steenwol in het plenum vereist
REI60	Dikte onderplaat ≥ 37 mm H.o.h. ribben ≤ 600 mm (5 ribben/plaat) Bij een ribhoogte ≥ 300 mm is steenwol in het plenum vereist
REI90 / 120	Opbouw in overleg met leverancier

Afbeelding 17: Brandwerendheidsklassen Kerto-Ripa



CLT Bouwsysteem

Het houtbouwproduct CLT, wat staat voor 'Cross Laminated Timber', is een wand en vloersysteem opgebouwd uit kruislings verlijmde eenlaagsplaten. De opbouw bestaat uit meerdere lagen plaatmateriaal die samen zorgen voor de stevigheid van het product. (De Groot Vroomshoop)

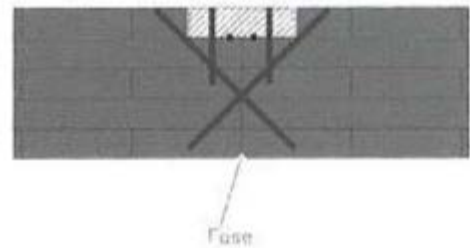
Maatvoering

De platen die worden toegepast in de opbouw zijn maximaal 2.95 x 16 meter. Om dezelfde reden is dit tevens de maximale afmeting van het element. De dikte is afhankelijk van het aantal lagen waaruit de elementen zijn opgebouwd en dat varieert van 3, 5, 7 of 8 lagen die kruislings zijn verlijmd wat resulteert in een maximale dikte van 320mm.

- Afmetingen tot maximaal 2.95x16m
- Aantal lagen 3, 5, 7, 8
- Max. dikte 320mm

Aansluitmogelijkheden

De randen van de platen kunnen vertrappt worden bewerkt zodat de elementen goed op elkaar aansluiten. Dit is echter niet per se nodig, er kan bij een rechte afwerking ook middels diagonale schroeven een verbinding gemaakt worden tussen twee elementen zodat kan worden voorzien in de vraag naar schijfwerking, zie afbeelding 18. Door de hoge bewerkbaarheid van het hout kunnen er ook gemakkelijk complexere groefverbindingen worden



Afbeelding 18: Koppeling vloerelementen

aangebracht.

- Onderlinge aansluiting met diagonale schroeven
- Groefverbindingen en vertrapte aansluitingen voor de aansluiting

Akoestiek

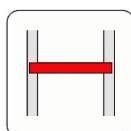
Door zowel de massiefheid als de lichtgewichtheid is CLT van zichzelf niet voldoende geluidwerend. Dit betekent dat je de CLT constructie aan de binnenzijde moet afwerken met geluidswerende isolatie door het maken van een box in box systeem. Hierdoor wordt flankerend geluid voorkomen en kan tevens worden voorzien in voldoende geluidswering voor luchtgeluid. (Stora Enso, Division Wood Products, 2017)

- Massief en lichtgewicht, niet geluidswerend
- Box in box systeem vereist

Esthetiek

Afhankelijk van de afwerking van het CLT wordt de esthetiek bepaald. CLT in het zich zal door het vurenhouten zorgen voor een natuurlijke uitstraling met plaatselijke donker noesten.

- Natuurlijke uitstraling door vurenhout
- Andere afwerking veranderd esthetiek



Modulariteit

Door de grote elementen die worden toegepast voor CLT en het feit dat de volledige hoofddraagconstructie, inclusief vloeren en wanden, van hetzelfde materiaal zijn gemaakt maakt dit systeem niet alleen simplistisch maar ook repetitief. Om de kans op hergebruik te vergroten is dan ook wel van belang dat de elementen in gelijke maatvoering worden uitgevoerd.

- Volledige hoofddraagconstructie van hetzelfde materiaal
- Grote repetitieve elementen

Demonteerbaarheid

Door de droge verbindingen tussen de elementen en het gebruik van schroeven zijn de onderdelen gemakkelijk te demonteren. Het feit dat de elementen relatief licht van gewicht zijn maakt ook dat deze gemakkelijk wendbaar zijn.

- + Goed demonteerbaar door droge verbindingen
- + Licht van gewicht maakt de elementen makkelijk wendbaar

Hergebruik

Door de duurzaamheid van hout heeft het een lange levensduur en kan het vaak hergebruikt worden. Het feit dat het hout met een milieuvriendelijke lijm is gelamineerd maakt dat aan het absolute einde van de levensduur het hout ook verbrand kan worden waardoor de opgeslagen CO₂ weer terug gegeven kan worden aan de natuur. Het voordeel van hout is dat je er weer een boom voor terug kan planten. De hoge mate van bewerkelijkheid van hout maakt dat het na de levensduur als constructiehout ook gemakkelijk voor andere doeleinden toegepast kan worden.

- + Duurzaamheid van hout maakt dat het goed hergebruikt kan worden
- + Hoge mate van bewerkelijkheid voor andere doeleinden toepasbaar

Flexibiliteit

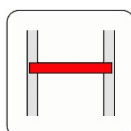
Ook hier heeft de bewerkelijkheid grote voordelen op de flexibiliteit van het CLT zelf. Daarnaast maakt het feit dat de constructie en afwerking, alsmede de installaties los staan van elkaar dat de constructie kan blijven staan en afwerking en installaties meerdere malen vervangen en/of van positie veranderd kunnen worden.

- + Hoge mate van bewerkelijkheid maakt dat men flexibel wijzigingen kan aanbrengen
- + Constructie en installaties staan los van elkaar waardoor deze tussentijds gewijzigd kunnen worden

Brandwerendheid

Het massieve hout is vrij goed bestand tegen brand. Door het houtvochtpercentage van 12% zal eerst het vocht moeten verdampen alvorens het hout ontbrandt. Daarbij zorgt het feit dat CLT gelamineerd ervoor dat de buitenste lagen van het hout zullen verkolen waardoor de binnenste lagen beschermd worden.

- + Houtvochtpercentage zorgt voor uitstel ontbranding
- + Houtlaagverdeling beschermd bij brand de binnenste lagen wanneer de buitenste verkolen.



3. Afwerking Casco en binnenwanden

3.1 Buitenwanden NC

Vliesgevel

Bij het toepassen van een vliesgevel is het niet nodig de gevel constructief uit te voeren aangezien een vliesgevel zelfdragend is van vloer tot vloer. Omdat de vliesgevel bestaat uit een kader van stijlen en regels is de invulling vrij indeelbaar. Door de invulling in het stijl- en regelwerk te monteren met rubbers in plaats van kit zijn de panelen verwisselbaar indien deze vervangen dienen te worden. Voor demontabiliteit van het stijl- en regelwerk dienen deze met droge bout-verbindingen aan de vloeren worden bevestigd.

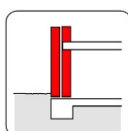
De invulling van de kaderverdeling kan zowel doorzichtig als ondoorzichtig zijn en van vele verschillende materialen. Daarbij kan het kader zowel worden gedetailleerd dat de invulling voor of tussen de stijlen en regels is geplaatst zodat je de stijlen en regels wel of niet ziet. (Reynaers, 2019)

- + Geen draagconstructie in schil vereist
- + Zelfdragend van vloer tot vloer
- + Kaderverdeling stijl- en regelwerk, gebout op onderconstructie
- + Flexibele kaderinvulling met gesloten en doorzichtige panelen
- + Invulling met vaste en draaiende delen
- + Vrij indeelbaar
- + Waterdicht m.b.v. rubbers

HSB prefab wandelementen

Voor de dichte wanddelen kunnen prefab HSB elementen worden toegepast. Deze elementen kunnen aan de hoofddraagconstructie worden bevestigd, zowel van hout als van staal. Tevens kunnen HSB elementen ook tussen de kolommen van de hoofddraagconstructie worden bevestigd door deze te de kolommen te laten omlijven met als voordeel dat het totale gevelpakket dunner wordt.

- + Niet constructief, draagconstructie tussen prefab wanddelen
- + Gesegmenteerd binnenblad
- + Vaste sparingen voor gevelopeningen -> indeling niet flexibel
- + Biedt brandveilige bescherming voor stalen kolommen



3.2 Buitenwandafwerking

Groene Gevel

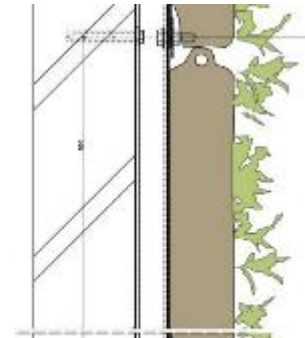
Door een gebouw van een groene gevel te voorzien creëer je niet alleen een duurzame image voor het gebouw en draag je bij aan de natuurlijke filtering van de lucht maar maak je de gevelafwerking ook nog eens demontabel. Groene gevels zijn te verkrijgen als modulair systeem met bakken van 52x62cm wat gemakkelijk van de achterconstructie, die bestaat uit omega-profielen gedemonteerd kan worden. De wandopbouw is getest tegen brand met als resultaat een brandklasse B-s2,d0. Zie Afbeelding 19 voor het detail van de wandopbouw. (Sempergreen, 2019)

- + Modulair wandsysteem
- + Duurzame uitstraling, zuivering buitenlucht

Houten lambrisering met latten

Met een stalen onderconstructie kan een gevel op buitenplafond worden bekleed met Derako houten lambrisering van verschillende houtsoorten. Door de clip aan de achterzijde van de latten kunnen deze latten aan de regels worden bevestigd en even gemakkelijk weer worden gedemonteerd. (Derako, 2019)

- + Demontabel door clips
- + Verschillende houtsoorten
- + Onderconstructie van stalen regels
- + Voegafstand variabel

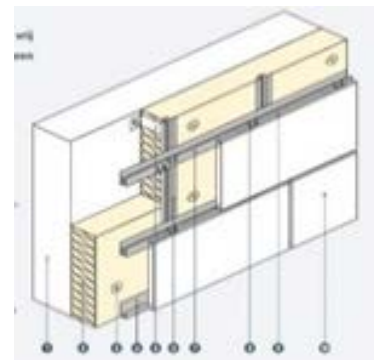


Afbeelding 19: Sempergreen wanddetail

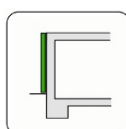
Blauwe steen Henegauwen

Gevelsysteem voor het monteren van blauwe steen tegels. De onderconstructie bestaat uit een aluminium raamwerk van stijlen en regels waartussen Blauwe steen tegels geplaatst kunnen worden. Doordat de tegels met speciale clips aan de achterconstructie bevestigd worden hoeven er geen schroeven of lijm worden gebruikt. Zie afbeelding 20 (Carrieresduhainaut, 2019)

- + Aluminium raamwerk, stijlen en regels
- + Blauwe steen tegels met clips aan achterzijde -> demontabel
- Beperkte ontwerpvrijheid door vaste regelafstand



Afbeelding 20: Opbouw Blauwe steen Henegauwen



Aluminium Gevelbeplating

Benchmark aluminium panelen met isolatie worden droog gemonteerd op de aluminium achterconstructie van stijlen en regels. Door de regels te schroeven aan de hoofdconstructie kan ook deze gedemonteerd worden. De aluminium panelen zijn in verschillende profielen met meerdere isolatiediktes verkrijgbaar die allemaal even demontabel zijn. (Kingspan, 2019)

- + Modulaire achterconstructie met demontabele aluminium gevelpanelen
- + Geïsoleerde panelen
- Beperkte ontwerpvrijheid, achterconstructie is beeldbepalend voor paneelverdeling

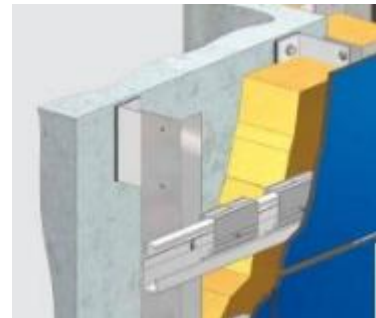
Stalen gevelbeplating

SAB stalen gevelbeplating wordt vastgeschroefd op stalen binnendozen waartussen isolatie geplaatst kan worden. Door de binnendozen met zelftappende schroeven aan de staalconstructie vast te schroeven kunnen deze ook weer gedemonteerd te worden. Het nadeel van het vastschieten met kogels zorgt ervoor dat je de binnendozen enkel kunt verwijderen met grof geweld of het doorslijpen van de kogelverbinding. De Gevelbeplating zelf kan relatief gemakkelijk worden gedemonteerd van de binnendozen. (SAB-Profiel, 2019)

- + Breed scala aan profilering gevelbeplating
- + Demontabele beplating
- Schroeven in het zicht
- Binnendozen matig demontabel van hoofddraagconstructie

Trespa gevelbeplating

Trespa gevelplaten, samengesteld uit een mix van houtvezels en thermoharders, worden met clips bevestigd op een aluminium onderconstructie van regels en stijlen. Door de onderconstructie vast te schroeven aan de hoofdraagconstructie en de verbinding tussen de panelen en de onderconstructie met clips kan het gehele gevelsysteem gemakkelijk gedemonteerd worden. Zie afbeelding 21 (Trespa, 2019)



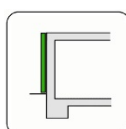
Afbeelding 21: Opbouw Trespa gevelbeplating

- + Zeer demontabel door clips achterzijde Trespa
- + Ruime ontwerpvrijheid, achterconstructie niet beeldbepalend
- + Open voegen

Rockpanel

Dit steenachtige plaatmateriaal kan worden vastgeschroefd op de houten onderconstructie waardoor demontage mogelijk wordt. De onderconstructie is mogelijk in alle richtingen waardoor dit product een brede ontwerpvrijheid biedt. Het nadeel is echter dat de schroefkoppen wel in het zicht blijven, dit is gedeeltelijk te verhelpen door te kiezen voor een schroef met een gelijke kleur als de panelen zelf. (Rockpanel, 2019)

- + Demontabel door schroefverbinding met achterconstructie
- + Brede ontwerpvrijheid, achterconstructie niet beeldbepalend
- Kortere levensduur door houten achterconstructie
- Schroefkoppen blijven in het zicht



3.3 Binnenwanden

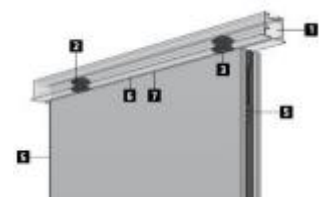
Systeemwanden

Zeer modulair type binnenwandsysteem dat ook tegelijk de wand zelf alsmede de invulling van de dichte en open delen evenals de vaste en draaiende delen omvat. De hoogte van de wanden rijkt van afwerkvloer tot het plafond. Door de droge bevestiging van de wanddelen aan zowel de boven als onderzijde is deze an sich al demontabel. Daarnaast is de invulling van het raamwerk ook demontabel. (Vervol, 2019). Het zelfs mogelijk systeemwanden gebogen uit te voeren. (Unispace, 2019)

- + Flexibel indeelbaar
- + Wand en wandafwerking in één
- + Zowel transparant als ondoorzichtige invulling
- + Gaat lang mee

Paneelwanden

Multiwal paneelwanden zijn een soort systeemwanden, echter zijn deze aan de bovenzijde bevestigd in een rail en dat maakt deze toepassing niet alleen demontabel maar ook zeer flexibel indeelbaar. De invulling kan zowel een dicht als een open paneel zijn. Zie afbeelding 22 (Multiwal, 2019)



Afbeelding 22: Multiwal ophangrail

- + Zeer flexibel en modulair, elementen kunnen verschoven worden
- + Soort gordijnsysteem waardoor de wanddelen per element gedemonteerd kunnen worden
- + Dichte en open panelen mogelijk

HSB (prefab) wandelementen/ voorzetwanden

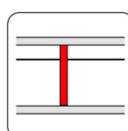
Evenals bij HSB geveldelen is ditzelfde systeem ook toepasbaar als binnenwand en voorzetwand. Gemakkelijk is door het prefabriceren meer modulair te bouwen, echter zolang er niet wordt gelijmd maar enkel geschroefd zijn ook niet-prefab HSB-elementen relatief gemakkelijk te demonteren. Door enkel houtachtig plaatmateriaal aan de stijlen te bevestigen is een verdere afwerking niet per se vereist. Dit wordt in het volgende hoofdstuk binnenwandafwerking uitgebreider toegelicht. (Joost de Vree, 2019)

- + Minder flexibel dan bijvoorbeeld systeemwanden maar alsnog wel demontabel
- + Kwalitatief sterk
- Kan slecht tegen vocht
- Afwerking met hout plaatmateriaal esthetisch minder aantrekkelijk

Metal stud

Evenals een HSB wand is een metal-stud scheidings- of voorzetwand demontabel. Zolang de gipsplaten aan de C-profielen geschroefd worden zijn deze ook weer te demonteren. Echter, het gebruik van gipsplaat vraagt dikwijls om een afwerking, één die de plaat in zijn geheel niet meer demontabel maakt. (Joost de Vree)

- + Minder flexibel dan bijvoorbeeld systeemwanden maar alsnog wel demontabel
- Constructief niet heel sterk
- Vaak alleen in combinatie met gips

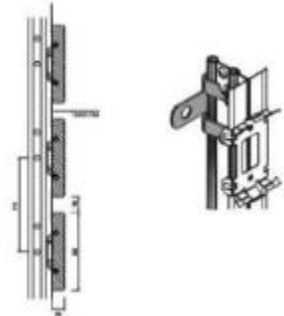


3.4 Binnenwandafwerking

Verticale/ horizontale houten latten

Door het toepassen van een aan diens achterconstructie met flensklemmen bevestigde aluminium stijl- en/of regelwerk kunnen houten latten zowel horizontaal als verticaal bevestigd worden. De houten lattenverdeling wordt aan de aluminium onderconstructie bevestigd middels RVS clips. Deze clips maakt het mogelijk de latten gemakkelijk te demonteren en zijn tevens niet zichtbaar aangezien deze aan de achterzijde van de planken zitten. Het raamwerk kan tevens ook in gebogen vormen worden uitgevoerd. (Derako, 2015)

- + Zeer demontabel, flexibel en modulair
- + Esthetisch aantrekkelijk, clips houten latten aan achterzijde
- + Demontabele aluminium onderconstructie



Afbeelding 23:
Bevestigingssysteem Derako

Systeemwanden

Bij het toepassen van systeemwanden is geen extra afwerking nodig. De materiaalkeuze van de invulling van de systeemwanden en de kleur van die materialen bepaald dan tevens de esthetische uitstraling. Om die reden is het een ideaal principe omdat het ook zeer gemakkelijk te demonteren is.

Zie het kopje [systeemwanden](#) in het hoofdstuk binnenwanden voor de toelichting van de wand zelf.

Hout plaatmateriaal

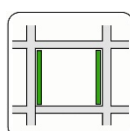
Bij HSB binnenwanden of een binnenblad met HSB-wandopbouw kan worden voldaan in afwerking door enkel het toepassen van houten plaatmateriaal. Dit is bovendien ook wat het meest wordt toegepast in een aantal bestaande circulaire gebouwen. Gebouwen als het “Circl” gebouw in Amsterdam zijn een goed voorbeeld van de deze toepassing. Zo kan er bijvoorbeeld gekozen worden voor OGB (Original Greenbuild Board), een natuurlijke plaat met emissie-arme verlijmingen. (Circle Economy, ABN Ambro, 2017) (Eco-bouwmaterialen, 2019)

- + Geen extra afwerking nodig
- + Heeft zichzelf bewezen
- Esthetisch minder aantrekkelijk
- Mogelijke problemen met vocht

Biobased plaatmateriaal

Reysista heeft een uit natuurlijke materialen opgebouwd plaatmateriaal opgesteld. Het materiaal heeft een houtlook, hoewel het daar niet is van gemaakt, het materiaal is goed bewerkelijk en zeer goed bestand tegen water, bijvoorbeeld voor toepassing in natte ruimtes. Daarnaast is het materiaal ook klasse B2 brandveilig. (Fiberplast, 2019)

- + Natuurlijke materiaalsamenstelling
- + bewerkelijk
- + Uitermate goed bestand tegen vocht
- + Toe te passen als gevelbekleding
- + Breedte kleurenpalet
- + Afmetingen 2440x1220mm



3.5 Vloerafwerking

Computervloer

Een verhoogde vloer, op poten, die op de constructieve vloer is geplaatst. Tussen de poten vormt zich een raster waarin vloertegels gelegd kunnen worden. Het voordeel is dat in de laag tussen de constructieve vloer en de bovenkant computervloer gemakkelijk installaties gelegd kunnen worden. Voor eventuele montage aan de installaties kunnen de vloertegels gemakkelijk opgetild worden en wordt deze ruimte hierdoor makkelijk bereikbaar. Door de systeem is de computer vloer niet alleen modulair maar ook zeer demontabel, dit vloertype is echter wel relatief kostbaar. (Alteco, 2019)

- + Zeer demontabel en modulair
- + Ruimte voor installaties
- + Hoge kwaliteit
- Vloerpakket wordt relatief dik -> grotere constructieve verdiepingshoogte nodig

Fermacell egaliseerkorrels

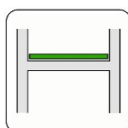
Een droge korrel die zorgt dat oneffenheden verschil in hoogte door prefab vloerdelen te niet wordt gedaan zodat de vloer kan worden afgewerkt met een ander plaatmateriaal. De korrels zijn in origine bedacht om te dienen als egale onderlaag voor de fermacell vloerelementen. Het voordeel is dat deze korrels volledig droog zijn en bij demontage dus simpelweg van de vloer kunnen worden geschept om de weer opnieuw te kunnen gebruiken. (Fermacell, 2019)

- + Droge oplossing om een constructieve vloer te egaliseren
- Bij demontage moet dit van de vloer geschept worden
- Kan slecht tegen vocht

Fermacell vloerelementen

Fermacell vloerelementen zijn tegels gemaakt van gipsvezel die droog gelegd kunnen worden. In combinatie met de [egaliseerkorrels](#) worden de vloertegels volledig droog gemonteerd en kunnen om diezelfde reden ook weer gemakkelijk gedemonteerd worden. De vloerelementen zorgen daarnaast voor een zekere mate van brandwerendheid maar zijn daarentegen slecht bestand tegen vocht. (Fermacell, 2019)

- + Snel en gemakkelijk te leggen
- + Te combineren met vloerverwarming
- Kwetsbaar in bouwfase voor butsen en slecht bestand tegen vocht



Droge zwevende dekvloer

Anders dan de opties van fermacell kan er ook voor gekozen worden een zwevende dekvloer toe te passen met een droge afwerking. Net als een zwevende dekvloer met een natte afwerking wordt contactgeluid voorkomen en daarnaast heeft deze optie als groot voordeel dat de dekvloer gemakkelijk gedemonteerd kan worden.

- + Ondergrond dient eerst geëgaliseerd te worden
- + Afhankelijk van het type afwerking, relatief demontabel
- Wordt niet vaak toegepast, redelijk onbekend

Fermacell Honingraatsysteem

Een andere optie van Fermacell is een honingraatrooster die gevuld kan worden met honingraatkorrels. Het voordeel van dit honingraatsysteem is dat door de structuur van de honingraat het geheel moeilijk vervormd en een goede constructieve onderlaag biedt. Het lichtgewichtssysteem biedt daarbij ook weerstand tegen geluid en i.c.m. de vloertegels voldoende wering voor brand van bovenaf. Afhankelijk van de dikte, 30 of 60mm, biedt de afwerking meer of minder weerstand tegen geluid. Een ander voordeel is het gemak van het spreiden van de korrels, door de honingraat kun je met een bezem gemakkelijk alle holtes vullen en zal altijd de exacte gewenste hoogte vormen. Zie afbeelding 24 (Fermacell, 2019)

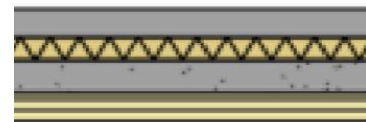


Afbeelding 24:
Honingraatsysteem

- + Gelijmatige verdeling hoogte
- + Wering tegen geluid
- + Aanbrengen korrels makkelijk door honingraat

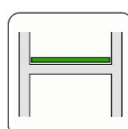
Honingraat met grint en houtvezelisolatie

Een andere optie voor vloerafwerking met een honingraatrooster is door deze te vullen (vol te vegen) met grint en te gebruiken als ondergrond voor houtvezelplaten waardoor de daarop gelegde gipsvezelplaten zwevend worden uitgevoerd. Het voordeel van het toepassen van grint is dat hierdoor extra massa wordt gecreëerd die goed in staat is geluid te absorberen en helpt bij de wering van brand. Het nadeel van vezelplaten is in algemene zin dat deze vaak slecht bestand zijn tegen vocht. Wanneer dergelijke platen tijdens monteren in aanraking komen met vocht is de kans op schimmelvorming aanzienlijk. Het is echter ook goed mogelijk een alternatief plaatmateriaal toe te passen die wel vochtwerend is. Zie afbeelding 25 (Metsä Wood, 2016)



Afbeelding 25: Opbouw dekvloer,
gipsvezel, houtvezel, honingraat
met grint.

- + Roosters gemakkelijk te leggen en te vullen met grint
- + Absorberen geluid en biedt weerstand tegen brand
- Niet watervast, kans op schimmelvorming



3.6 Plafondafwerking

Houten latten/ regels

Derako massief houten latten zijn ook toepasbaar als plafondafwerking en onder luifels/ overkapping buiten. De regels zijn onderling met elkaar verbonden door flexibele deuvels die zijn bevestigd aan een verlaagd plafond. Het nadeel is wel dat de latten aan een langere regels worden bevestigd waardoor deze niet per stuk kunnen worden gedemonteerd. Zie afbeelding 26 (Derako, 2019)

- + Demontabel, echter niet per lat
- + Creëert verlaagd plafond waarachter installaties geplaatst kunnen worden
- + Semi-transparant

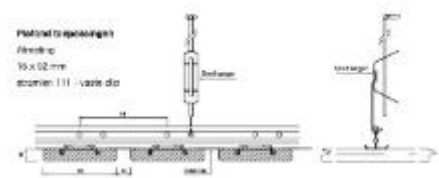


Afbeelding 26: Derako plafondafwerking

Houten lambrisering

De 'Derako' houten latten zijn er ook in een uitvoering voor het plafond. De latten worden per stuk bevestigd aan een aluminium raamwerk van regels. Dit regelwerk hangt met snelhangers op aan de constructieve vloer. Zie afbeelding 27 (Derako, 2019)

- + Per lat demontabel door clips aan de achterzijde
- + Mogelijk met open en gesloten voeg
- + Ophangstelsel bestaat uit een aluminium raamwerk
- + Goed toepasbaar voor akoestiek



Afbeelding 27: Ophangstelsel Derako plafond

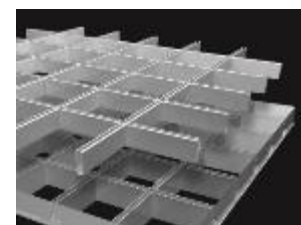
Systeemplafond

Verlaagd plafond met plafondtegels in een verlaagd raamwerk van aluminium. Het plenum creëert de mogelijkheid voor het verwerken van installaties. Esthetische variatie is mogelijk door het toepassen van andere type plafondplaten, echter de gridverdeling is onvermijdelijk. (Marvo Systeemplafonds, 2019)

- + Zeer demontabel
- + Plenum creëert mogelijkheid voor het verwerken van installaties
- Beperkte ontwerpvrijheid door rasterverdeling

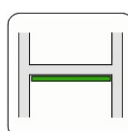
Roosterplafonds- tegels

Metaalroosters waarmee een semi-transparant plenum wordt gecreëerd waarachter gemakkelijk akoestische isolatie en installatie kunnen worden gemonteerd. De onderconstructie bestaat uit een afhangstelsel van hoofd en dwarsprofielen die plaatselijk aan de vloer worden opgehangen. Zie afbeelding 28 (HunterDouglas, 2019)



Afbeelding 28: Visualisatie roosterplafond

- + Demontabel en modulair
- + Semitransparant
- + Biedt mogelijkheden voor het verwerken van akoestische platen en installaties
- + Gaan lang mee door aluminium profilering



Plafondeilanden

Grote tegels die als eilanden zweven in een zee van lucht, met koorden verlaagd onder de constructieve vloer. Dit systeem geeft een semi-transparant beeld en laat de achterliggende constructie in zijn waarde. De platen kunnen voorzien in de vraag naar akoestische isolatie en tegelijkertijd de vloerconstructie in het zicht laten. Zie afbeelding 29 (Marvo Systeemplafonds, 2019)

- + Zeer demontabel, modulair
- + Akoestische oplossing
- + “Verlaagd Plafond” creëert plenum voor installaties.
- Biedt geen oplossing voor brandveiligheid

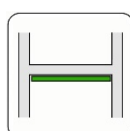


Plafond zonder afwerking

Er kan ook voor gekozen worden het plafond niet af te werken (industrieel plafond) waardoor de installaties vrij in het zicht zullen blijven. Het nadeel hiervan is echter dat je akoestische isolatie niet aan het plafond kunt hangen maar uit de vloer of wandafwerking moet halen.

Afbeelding 29: Plafondeilanden

- + Constructief plafond = bouwkundig plafond, dus zeer flexibel
- + Alle installaties direct bereikbaar, ideaal voor onderhoud.
- Levert slechte akoestiek
- Geen mogelijkheden voor brandveiligheid

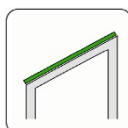


3.7 Dakafwerking

Groen dak

Modulair toepasbaar systeem met bakjes gevuld met planten die op een waterkerend ondergrond gelegd kunnen worden. De grond zorgt voor warmteaccumulatie en voorkomt tevens dat het riool bij een stortbui te veel wordt belast. Door de ballast van de grond hoeft de waterkerende laag ook niet aan het dak verlijmd te worden maar kan hier los op liggen. De bakjes kunnen onderling aan elkaar worden geklikt. Er zijn verschillende systemen verkrijgbaar, zowel voor platte als voor hellende daken. (Urbanscape Green Solutions, 2019)

- + Modulair systeem dat men aan elkaar kan klikken
- + Warmteaccumulatie
- + Voorkomt overbelasting riool
- + Dakbedekking hoeft niet verlijmd te worden door ballast
- Moeilijker te demonteren dan monteren door aan elkaar groeien beplanting
- Dakmassa neemt toe, zwaardere constructie nodig



4. Installaties en overig

4.1 Inpassing van Installaties

Om volgens het principe van product gerelateerde levensduur te werk te gaan zullen de installaties ten alle tijde bereikbaar moeten blijven voor onderhoud, reparatie en eventuele vervanging en hierom ook dienen los te staan van de hoofddraagconstructie die over het algemeen een langere levensduur heeft. Hoewel dit wellicht betekent dat een wandopbouw in zijn totaliteit dikker wordt, met als gevolg dat of het gebouw groter moet worden of het netto vloeroppervlak afneemt, heeft dit als groot voordeel dat een gebouw veel langer kan blijven staan dan men normaliter gewend is. Het is hierom aan te nemen dat voor dergelijke principes een grotere investering vereist is, maar wel een gebouw dat resulteert in een veel grotere restwaarde aan het eind van de gebruiksduur en een flexibeler gebouw met meer mogelijkheden.

4.2 Trappen en hellingen constructief

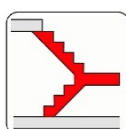
Prefab trap

Een veel toegepast traptypen is een prefab trap, die in principe van de meeste standaard materialen gemaakt kan worden, i.e. beton, staal, hout en glas. Het type materiaal is veelal afhankelijk van het soort hoofddraagconstructie, met name omdat het constructief wel mogelijk moet zijn de trap op zijn plek te houden. De voor de hand liggende keuze is om de trap van hetzelfde materiaal te maken als de hoofddraagconstructie, echter een trap van een lichter materiaal is ook mogelijk.

Het voordeel van een prefab trap is dat deze onder goede condities in de fabriek gemaakt kan worden en als één geheel kan worden geplaatst tijdens de ruwbouwfase op de bouwplaatst. Het nadeel hiervan is echter wel dat bij vervanging van een dergelijk element de trap ook weer uit het gebouw gehesen dient te worden, vaak betekent dit dat een gebouw eerst gestript dient te worden tot het casco overblijft. Wanneer er een vloer boven een trap zit zou ook de vloer weggehaald moeten worden, iets dat vaak helemaal niet mogelijk, maar dit kan met een demontabele hoofddraagconstructie echter weer wel.

Om deze reden zou het ideaal zijn te kiezen voor een gesegmenteerde trap, opgebouwd uit verschillende, kleinere prefab onderdelen.

- + In één keer als een module te plaatsen, eenvoudig te demonteren
- + Goede condities maken hogere kwaliteit mogelijk
- + Bij een gesegmenteerde trap hoge kwaliteit en makkelijke montage en demontage.
- Bij trap als één element dient deze in het geheel uit het gebouw gehesen te worden, dus moet men het gebouw strippen tot aan het casco



Traditionele, i.h.w. gemonteerde trap

Een andere manier om een trap demontabel te maken is door deze op te bouwen uit losse onderdelen en deze met schroef en/of boutverbindingen in het werk te monteren. De meest gebruikelijke toepassing in dit geval is een houten trap, echter is dit minder gebruikelijk voor scholenbouw dan voor woningbouw. Desalniettemin, in het geval van een tribunetrap is het juist aan te raden deze methode toe te passen omdat dit veelal kolossale objecten zijn waar maatwerk tot zijn recht komt.

Nochtans is het ook mogelijk uit stalen onderdelen, e.g. traptreden, trapbomen en balustrades, een trap op te bouwen en onderlinge koppelingen van bouten en moeren toe te passen. Het grote voordeel van een in het werk gemonteerde trap is dat deze indien nodig gemakkelijker te vervangen is aangezien het gebouw niet helemaal gestript hoeft te worden, in principe kan demontage gewoon via de deur.

- + Demontage is makkelijker dan bij een prefab trap
- + Ideaal bij trappen van grotere omvang, zoals een tribunetrap
- Omstandigheden bouwplaats zijn bepalend voor de kwaliteit
- Meer arbeid vereist voor het monteren van de trap
- Standaard houten trappen zijn niet gebruikelijk voor toepassing in een schoolgebouw

4.3 Trap- en hellingafwerking

Geen afwerking

Wanneer er wordt gekozen voor een prefab trap, bijvoorbeeld van staal of een ander constructief materiaal, kan deze zo worden afgewerkt met enkel een beschermende coating dat er verder geen andere afwerking van een bepaalde materiaal benodigd is. Oftewel, de constructie en afwerking zijn één geheel. Aangezien dergelijke constructieve elementen een langere levensduur hebben betekent dit automatisch hetzelfde voor de afwerking. Foto (Zie afbeelding 30): (Kramer, 2017)



Afbeelding 30: Stalen trap Revius Lyceum

- + Hoge kwaliteit afwerking (enkel beschermcoating)
- + Lange levensduur, weinig slijtage
- Beperkte esthetische vrijheid m.b.t. afwerking, beperkte materiaalkeuze
- Relatief kostbaar in aanschaf

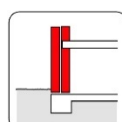
Persrooster met houten/ kunststof latten

Hoewel persroosters meestal gebruikt worden voor een toepassing buiten kan deze ook prima binnen worden toegepast. Door het persrooster gemaakt van staal is de kwaliteit hoog en gaat het product lang mee. De planken die dienen als afwerking en ondergrond om op te lopen kunnen, mede omdat ze een kortere levensduur hebben, gemakkelijk worden vervangen. Het nadeel is echter wel dat een ontwerper enorm wordt beperkt in de esthetiek van de trap, je zit veelal vast aan de industriële look. Zie afbeelding 31 (Las-Pers Roosterfabriek, 2019)



Afbeelding 31: Persrooster met latten

- + Gaan lang mee
- + Makkelijk demontabel, door repetitie modulair
- Weinig esthetische vrijheid in vorm en materiaalkeuze



Bronvermelding

- Alteco. (2019). *Computervloer*. Opgehaald van alteco.nl:
<https://www.alteco.nl/vloeren/computervloer/>
- Balqoon. (2019). *Technische gegevens*. Opgehaald van balqoon.nl: <http://www.balqoon.nl/techniek>
- Bouwen met Staal. (2017). Rechtbank met restwaarde. In *Bouwen met Staal 257* (pp. 10-21).
- Carrieresduhainaut. (2019, 03 27). *Geveloplossing*. Opgehaald van Carrieresduhainaut.com:
https://www.carrieresduhainaut.com/sites/default/files/ephotoPdf/CarrDuHain_Solutions_Facades_NL_16083.PDF
- Circle Economy, ABN Ambro. (2017, November). *A future proof built environment*. Opgehaald van circulareconomy.com:
https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/a_future-proof_built_environment.pdf
- De Groot Vroomshoop. (sd). *CLT Cross Laminated Timber*.
- Derako. (2015). *Lineair*. Opgehaald van Derako.com:
<https://www.derako.com/nl/producten/wandsysteem/lineair.html#downloads>
- Derako. (2019). *Derako Gevelsysteem*. Opgehaald van Derako.com:
<https://www.derako.com/nl/producten/gevelsysteem.html>
- Derako. (2019). *lineair open, plafondsysteem*. Opgehaald van derako.com:
<https://www.derako.com/nl/producten/plafondsysteem/lineair-open.html#beschrijving>
- Derako. (2019). *Plafondsysteem Grill*. Opgehaald van derako:
<https://www.derako.com/nl/producten/plafondsysteem/grill.html>
- Eco-bouwmaterialen. (2019). *duurzaam plaatmateriaal*. Opgehaald van eco-bouwmaterialen.nl:
<https://www.eco-bouwmaterialen.nl/duurzaam-plaatmateriaal?p=2>
- Fermacell. (2019). *Handleiding voor de verwerking van fermacell vloerelementen*. Opgehaald van fermacell.nl: [https://www.fermacell.nl/nl/docs/fermacell_Vloerelementen_-_Handleiding_voor_de_verwerking\(s\).pdf](https://www.fermacell.nl/nl/docs/fermacell_Vloerelementen_-_Handleiding_voor_de_verwerking(s).pdf)
- Fiberplast. (2019). *Resysta biobased plaatmateriaal*. Opgehaald van fiberplast.nl:
<https://www.fiberplast.nl/resysta-biobased-plaatmateriaal/>
- HunterDouglas. (2019). *Roosterplafonds*. Opgehaald van Hunterdouglas Architectural:
https://assets.hunterdouglasarchitectural.eu/documents/ceiling/Brochures/Netherlands/Brochure_MetaalRooster_NL.pdf
- Joost de Vree. (2019). *houtskeletbouw*. Opgehaald van joostdevree.nl:
<http://www.joostdevree.nl/shtmls/houtskeletbouw.shtml>
- Joost de Vree. (sd). *metal stud*. Opgehaald van joostdevree.nl:
http://www.joostdevree.nl/shtmls/metal_stud.shtml
- Kingspan. (2019). *Design Gevelsystemen*. Opgehaald van kingspan.com:
<https://www.kingspan.com/nl/nl-nl/producten/design-gevelsystemen>

- Kramer, L. (2017). Spring Architecten, Doorn.
- Las-Pers Roosterfabriek. (2019). *Vlonderroosters*. Opgehaald van las-pers.nl: <https://www.las-pers.nl/product/vlonderroosters/>
- Marvo Systeemplafonds. (2019). *marvo-basic*. Opgehaald van systeemplafond.nl: <https://systeemplafond.nl/marvo-basic/>
- Marvo Systeemplafonds. (2019). *plafondplaten*. Opgehaald van systeemplafond.nl: <https://systeemplafond.nl/plafondplaten/>
- Metsä Wood. (2016). *Kerto - Ripa Technische Richtlijnen*. Apeldoorn.
- Multiwal. (2019). *Paneelwand select*. Opgehaald van Multitwal.eu: <https://nl.multiwal.eu/producten/paneelwanden/paneelwand-select/>
- Nieuwenhuijzen, i. J., Jentink, i. C., & de Zeeuw, i. J. (2011). *Handboek Star-frame Solutions*. IJmuiden: Tata Steel.
- Reynaers. (2019). *Vliesgevels*. Opgehaald van reynaers.nl: <https://www.reynaers.nl/nl-NL/products/vliesgevels>
- Rockpanel. (2019). *Rockpanel instructiegids*. Opgehaald van rockpanel.nl: https://cdn01.rockpanel.nl/siteassets/documentation/nl/brochures/rockpanel_instructiegids.pdf?f=20190205081140
- SAB-Profiel. (2019). *gevelplaten-gevelprofielen*. Opgehaald van sabprofiel: <https://www.sabprofiel.nl/producten/gevelplaten-gevelprofielen/>
- Sempergreen. (2019). *Groene Daken*. Opgehaald van sempergreen.com: <https://www.sempergreen.com/nl/oplossingen/groene-daken>
- Sempergreen. (2019). *Outdoor Sempergreen Wall*. Opgehaald van Sempergreen.com: <https://www.sempergreen.com/nl/oplossingen/groene-gevel/types/outdoor-groene-gevel>
- Stora Enso, Division Wood Products. (2017). *Soundproofing for CLT by Stora Enso*. Building Solutions.
- Trespa. (2019). *Trespa meteon focus cladding panels*. Opgehaald van trespa.com: <https://www.trespa.com/en-gb/productinfo-en-gb/trespa-meteon-focus-cladding-panels>
- Tuinhof, T. (2019). Architect. (T. v. Dalen, Interviewer)
- Unispace. (2019). *Gebogen wanden*. Opgehaald van unispace.eu: <http://www.unispace.eu/NL/Wandsystemen/Gebogen-wanden/page.aspx/174>
- Urbanscape Green Solutions. (2019). *Groendak Modulair Systeem*. Opgehaald van green-urbanscape: <http://www.green-urbanscape.com/nl/solutions/groendak-modulair-systeem>
- Vervol. (2019). *systeemwanden*. Opgehaald van verwol.nl: <https://www.verwol.nl/systeemwanden.html>
- Wittebol, G. (2019, april 15). VBI Balkonoplossing. (T. v. Dalen, Interviewer)

Bijlage 1: quickscan bouwdelen

Bouwdeel	Methodiek	Beschrijving	demontabiliteit
16. Funderingsconstructies	Prefab Funderingsbalken	Onderling geboutte funderingsbalken met anker groepen t.b.v. staalconstructie	vanwege onderlinge boutverbindingen volledig demontabel
	Paalfunderingen	Zowel Prefab als in het werk gestortte palen.	niet demontabel, maar biedt wel mogelijkheden voor de aansluiten met een demontabele bovenconstructie.
	fundering op staal	poer, strook of plaat.	Wellicht demontabel door deze weer uit te graven.
21. Buitenwanden	starframe wandelementen	staalprofiel wandelementen opgebouwd uit C- en U-profielen. Opbouw: binnenbeplating, folie, C/U-profiel met MWR, PIR sandwich-paneel, dampopen folie, stijl/regelwerk	Elementen zijn er voor gemaakt om gedemonteerd te worden.
	CIG, Constructief Integrale Gevel	Gevelkader met modulaire invullingsmogelijkheid en verbindingen middels zwalustaartverbindingen en schuifpinnen voor driedimensionale verankering.	hoog, is echter nog in conceptversie
	niet constructieve vliesgevel	Door het toepassen van een zelfdragende vliesgevel waarbij de krachten in de middenstramen worden afgedragen ontstaan er meer mogelijkheden	Met een vrije indeling en losse elementen is een vliesgevel demontebaar.
	prefab HSB elementen	geprefabriceerde gevelementen kunnen bij een houten hoofd draagconstructie constructief worden uitgevoerd en bij een staalconstructie aan/ tussen kolommen worden bevestigd	door het toepassen van een gesegmenteerde gevel kunnen HSB elementen droog aan te brengen kunnen deze ook weer worden gedemonteerd.
22. Binnenwanden	(Prefab) HSB binnenwanden	HSB wandopbouw (regels, plaatmateriaal, afwerking)	Door de verbindingen droog aan te brengen kunnen de wanden/ wanddelen worden gedemonteerd.
	metal stud	C-profiel van staal waaraan gipsplaten bevestigd kunnen worden	Door de gipsplaten aan de profielen te schroeven is deze demontabel. Ec
	systeemwanden	Verwol Flush Panel 100. Wanden met vrije invulling voor transparante en onderzichte vaste en draaiende panelen.	Door te kiezen voor een integraal systeem met dichte en open wandinvulling zijn de wanden volledig demontabel doordat er gebruik wordt gemaakt van rubbers ipv kit. (slimline)
		gebogen systeemwanden met glasvulling	
23. Vloeren	Kanaalplaatvloer	Geprefabriceerde betonvloer met voorspanwapening en holle kanalen voor gewichtsbeparing. Vaak dient er een druklaag te worden aangestort	Bij gebruik van druklaag niet demontabel. Semi-demontabel is het toepassen van een trekband rondom de platen
	Kanaalplaatvloer met demontabele verbinding IMD	Voor tijdelijke rechtbank Amsterdam ontwikkelde demontabele toepassing van kanaalplaatvloeren	Door insgestorte stekeinden met draadeind kunnen de kanaalplaten worden vastgebout aan een aangelaste lip aan de liggers.
	Kanaalplaatvloeren van hout	Kerto Ripa Kanaalplaatvloer van Metsawood. Prefab elementen waarvan de bouw delen onderling zijn verlijmd met als gevolg overspanningen tot 20m. Elementen worden onderling voorzien van schroefverbindingen tbv schijfwerking	Hoewel de onderdelen op zichzelf verlijmd zijn worden deze droog verbonden met aansluitende elementen en tevens ook onderling. Om deze reden zijn de elementen in zijn geheel demontabel toepasbaar.
	TT-vloeren	Geprefabriceerde betonvloer met voorspanwapening en hoge T-stukken voor een lange overspanning. Nadeel is de hoogte van de vloerdelen door T-stukken dat het plaatsen van installaties dwars op de vloerdelen slecht mogelijk maakt	Geschikt voor demontage indien er geen druklaag wordt aangestort. Mogelijkheid door met doekverbinding te voorzien inschijfwerking met staalconstructie. Kelkspanningen vullen met gietmortel en afdichten met kit

	(rib)cassettevloeren	prefab voorgespannen betonvloer met EPS verloren bekisting	Wordt ten aanzien van schijfwerking veelal voorzien van druklaag.
	staalframevloer (IFD)	systeembvloer van stalen C-/ sigmaprofielen, 600mm h.o.h., tussen profielen kan isolatie en installaties worden weggewerkt. Afwerking houten plaatmateriaal of zwevende dekvloer	Ja is demontabel, vloerdelen worden geprefabriceerd en gemonteerd volgens het houtskeletbouwprincipe.
	Quantum Deck betonnen vloerelementen	type staalframevloer met betonnen topschil waarin vloerverwarming verwerkt kan worden. Overspanning van 5 tot 11m,	Lossen prefab elementen en deze zijn hierom demontabel. Toegepast op Parkeergarage "Morspoort" in Leiden.
	Star-frame vloerelementen	staalframevloer met C-profielen, afwerking met houtplaat of anhydrietvloer, overspanning tot 7,5m.	Optie met houtplaat is demontabel maar levert problemen met toepassen van anhydrietvloer
	Holcon vloeren	Holle betonvloeren, dunne boven- en onderschil waartussen installaties kunnen worden verwerkt. Grote overspanningen mogelijk	Losse prefab element die middels een boutvermindering onderling verbonden worden ten behoeve van schijfwerking. Open ruimte blijft bereikbaar en afsluitbaar met tegels
	Bestcon 60 vloeren	prefab massieve plaatvloeren	
	houten vloeren (balken)	houten balklaag voor korte overspanning, zowel i.h.w. als prefab. Waartussen installaties verwerkt kunnen worden, kort overspanningen	door gebruikt te maken van schroefverbindingen met stalen verbindingstukken zoals een stalen schoen demontabel.
	houten balken icm stalen likkers	stalen draagconstructie voor grotere overspanning met daartussen houten regels/ balken voor in vloerveld.	door het staal onderling te bouten en het hout hieraan droog te bevestigen is dit principe weer demonteerbaar en ook ligt.
	CLT hout	Cross Laminated Timber is een toepassing waarbij hout kruislings word verlijmd voor grotere stevigheid. Van dit principe worden massieve vloer- (en wand-) elementen gemaakt die kunnen dienen als hoofd draagconstructie	Hoewel in de samenstelling van de elementen wel lijm wordt gebruikt kunnen de onderlinge verbindingen droog worden uitgevoerd waardoor er een demontabel geheel ontstaat met een lichte massa.
	frefab balkonuitkraging	VBI balkonoplossing, maakt het mogelijk een prefab balkon droog aan de randen van een betonnen kanaalplaatvloer te monteren.	Door de droge montage is het balkon volledig en gemakkelijk demontabel.
24. Trappen en Hellingen	prefab trap	trap van beton bij betonconstructie, trap van staal (icm hout) bij staal- / betonconstructie, trap van hout bij houten hoofd draagconstructie.	Door een trap te prebariceren kan deze als gehele module in één keer geplaatst en tevens ook weer gedemonteerd worden.
	houten trap	traditionele in het werk gemonteerde houten trap.	Door hout trapdelen met droge verbindingen te monteren kan deze ook weer gedemonteerd worden.
27. Daken	plat dak	in het geval van platte daken zal de vloerconstructie veelal gelijk zijn aan de dakconstructie.	is afhankelijk van de type vloerconstructie
	prefab sporenkappen	prefab sporenkap (scharnierkap), kapelementen met scharnier in de nok.	Door de droge montage is het balkon volledig en gemakkelijk demontabel.
28. Draagconstructies	modulair hout systeem	De Groot Vroomschap, houten bouwsysteem, wanden, vloeren en dak.	geprefabriceerde modulebouw.
	staalconstructie	geboutte stalen hoofd draagconstructie. Mogelijkheid voor grote overspanningen die slank zijn uitgevoerd.	Is op zichzelf demonteerbaar door boutverbinding en toepasbaar met vrijwel alle wand en vloer toepassingen van verschillende soorten materiaal.
	houten draagconstructie	kortere overspanningen maar wel licht toepasbaar. Gemakkelijk icm met houten wanden en vloeren. Onderling te verbinden door stalen koppelstukken en grotere overspanning haalbaar door hout te lamineren	Door het toepassen van droge verbindingen demonteerbaar. Tevens afwerken met droge materialen.

	peikko prefab beton verankeringsysteem	Prefab betonnen liggers en kolommen die zijn voorzien van een verankeringsysteem van prefab ingestortte ankerbouten, balkschoenen en kolomschoenen	Hoewel de prefab ankerverbindingen niet meer van het beton los te krijgen zijn kunnen de lossen constructiedelen wel gemakkelijk gedemonteerd worden.
31. Buitenwandopeningen	geïsoleerde stalen kozijn	lange levensduur	Met behulp van een stelkozijn is dit kozijn gemakkelijk demonteerbaar.
	aluminium kozijn		Met behulp van een stelkozijn is dit kozijn gemakkelijk demonteerbaar.
	houten kozijn	vergt onderhoud	Met behulp van een stelkozijn is dit kozijn gemakkelijk demonteerbaar.
	kunstof kozijn		Met behulp van een stelkozijn is dit kozijn gemakkelijk demonteerbaar.
32. Binnenwandopeningen	in systeemwanden	Bij systeewanden zijn de gevelopeningen onderdeel van de wand, bij glazen elementen zijn de	bij demontabele systeemwanden zijn hierom ook de openingen demontabel
	stalen kozijn	ongeïsoleerde stalen kozijn voor slanke uitvoering	indien droog gemonteerd volledig demontabel
	houten kozijn	standaard houten kozijn, prefab montagekozijn.	indien droog gemonteerd volledig demontabel
37. Dakopeningen	bij prefab constructies	De openingen worden in de fabriek al in de dakvlakken gemaakt.	
	invulling dakramen	Door toepassen van een stelkozijn kan gelijkwaardig aan een gevelopening de invulling in het werk of prefab worden gemonteerd.	het dakraam kan demontabel gemonteerd worden door het stelkozijn
	dakkapel	Kan zowel als module worden geplaatst en tevens worden opgenomen in de prefab sporenkap	indien droog gemonteerd volledig demontabel
41. Buitenwandafwerking	Groene gevel	hangsystemen van modulaire bakken met beplanting gevuld die aan een achterconstructie van stalen regels opgehangen kunnen worden.	de modules worden opgehangen/ geschroefd op gebout en kunnen hierdoor weer gedonteerd worden
	houten lamelisering	stalen onderconstructie waarop houten latten van verschillende houtsoorten bevestigd kunnen worden.	latten worden aan regels bevestigd middels een clip aan de achterzijde en hoeven hierom niet worden geschroefd en kunnen tevens worden gedemonteerd.
	blauwe steen Henegauwen	Gevelsysteem voor het monteren van blauwe steen tegels. Aluminium profiel voor onderconstructie, verticaal+ horizontaal waarin de tegels geplaatst kunnen worden.	De tegels worden niet geschroefd of verlijmd en kunnen dankzij het regelsysteem weer gemakkelijk gedemonteerd worden.
	Aluminium gevelbeplating	Benchmark (Kingspan) aluminium panelen met isolatie en aluminium regels als achterliggende constructie.	Zowel de achterconstructie als de panelen zelf zijn demontabel.
	Stalen gevelbeplating	SAB gevelbeplating wordt vastgeschroefd op een stalen binnendoos.	Stalen platen kunnen weer losgeschroefd worden van de binnendoos. Het losschroeven van de binnendoos op de staalconstructie is iets lastiger maar wel mogelijk.
	Trespa beplating	Gevelplaten die op een aluminium onderconstructie worden opgehangen met clips	Zowel de trespa panelen als de aluminium onderconstructie kunnen gemakkelijk worden gedemonteerd.
	rockpanel	Steenachtig plaatmateriaal met brede ontwerprijheid	Door de schroefverbinding kunnen de panelen weer gemakkelijk gedemonteerd worden.
42. Binnenwandafwerking	houten latten	massief houten latten, onderling gefixeerd door aluminium of kunstof flexibele deuvels	Doordat de latten droog aangebracht worden kunnen deze gemakkelijk worden gedemonteerd.
	houten lamelisering	massief houten lamellen bevestigd op een aluminium onderconstructie. Mogelijk met en zonder "voeg". Alu onderconstructie wordt aan de wand bevestigd met een flenskleem. De lamelisering kan ook gebogen worden toegepast.	Door de aluminium bevestigingsstructuur en RVS clips kunnen de houten lamellen gedemonteerd worden
43. vloerafwerking	natte zwevende dekvloer	Door een verende/ isolerende laag tussen de constructieve vloer en de natte dekvloer te plaatsen is de dekvloer niet verlijmd met de constructieve vloer. Dit voorkomt tevens contactgeluid	Doordat de dekvloer niet verlijmd is kan deze relatief gemakkelijk weer worden verwijderd indien noodzakelijk. Je kan bij de dit principe de dekvloer echter niet hergebruiken na deze verwijderd te hebben.
	droge zwevende dekvloer	Zelfde principe als de natte zwevende dekvloer. Echter nu is de dekvloer zelf droog, denk aan plaatmateriaal, laminaat, isolatie, etc.	Doordat alle elementen droog zijn is de dekvloer niet alleen gemakkelijk te verwijderen maar bovendien ook nog eens her te gebruiken

	fermacell vloerelementen	vloerelementen die als een soort puzzel gelegd kunnen worden op een geegaliseerde ondergrond	De elementen (tegels) hoeven niet onderling bevestigd worden en kunnen door de droge bevestiging zo weer gedemonteerd worden.
	fermacell egaliseerkorrels	Een droge korrel die dient als onderlaag voor de fermacell vloerelementen.	Na de fermacell vloerelementen te verwijderen kun je de korrel weer van de vloer afscheppen
	computervloer	Een verhoogde vloer waaronder al het leidingwerk en isolatie verwerkt kan worden. Bestaat uit een constructie op poten, waarboven een raster waarin vloertegels geplaatst kunnen worden.	Bij uitstek zeer demontabel type vloer, echter zeer kostbaar.
44. Trap- en hellingafwerking	hout	Op de trap kan een houten afwerking bevestigd kunnen worden.	Door deze droog te monteren kan deze indien nodig ook weer gedemonteerd worden.
	persrooster met houten/ kunststof latten	De stalen persrooster die voor flonders worden toegepast zijn ook voor binnen een optie.	De houten latten in de roosters kunnen eenvoudig vervangen worden.
	Geen afwerking	Kies voor een constructieve trap, bijvoorbeeld van staal, die geen afwerking vereist.	In het geval van een prefab trap kan deze in het geheel vervangen worden. Idealer zou zijn een gesegmenteerde trap.
45. Plafondafwerking	houten latten/ regels	massief houten latten, onderling gefixeerd door aluminium of kunststof flexibele deuvels, bevestigd aan een verlaagd plafond.	Doordat de latten droog aangebracht worden kunnen deze gemakkelijk worden gedemonteerd.
	houten lambelisering	massief houten lamellen bevestigd op een aluminium onderconstructie. Mogelijk met en zonder "voeg". Alu onderconstructie worden aan de verdiepingsvloer bevestigd met snelhangers (verlaagd plafond). De lamelisering kan ook gebogen worden toegepast.	Door de aluminium bevestigingsstructuur en RVS clips kunnen de houten lamellen gedemonteerd worden
	systeemplafond	Verlaagd plafond met een hangconstructie (raamwerk) van aluminium die aan de vloer is bevestigd. In het plenum kunnen gemakkelijk installaties worden weggevoerd en het plafond wordt gedicht met plafondplaten. Deze platen zijn beschikbaar in een verscheidenheid aan materialen en afwerking, tevens ook geperforeerd.	Het voordeel is dat dit systeem zeer gemakkelijk weer gedemonteerd kan worden en hierom ook installaties in het plenum gemakkelijk worden onderhouden. Ook financieel zijn systeemplafonds interessant.
	roosterplafonds - tegels	de metaalroosters zijn een plafondafwerking waarachter installaties weggevoerd kunnen worden en die tegelijkertijd de mogelijkheid bieden voor akoestische isolatie achter deze roosters.	De rooster zijn modulair en kunnen hierom gemakkelijk gedemonteerd worden
	plafondeilanden	grote tegels die het constructieve plafond deels verwerken, installaties kunnen wegwerken en zorgen voor akoestiek. In de tegels kan ook verlichting worden opgenomen	Niet alleen modulair door gelijke maatvoering maar tevens volledig demontabel doordat de laag los is van de vloer.
	Geen afwerking	De meeste duurzame optie is om het plafond volledig weg te laten en de constructie en evt. installaties vrij in het zicht te laten. Ook wel industrieel plafond genoemd	geen afwerking dus er valt geen plafond te demonteren.
	groen dak	Zorgt voor warmteaccumulatie in het gebouw, het riool wordt minder belast bij een stortbui, dient tegelijk als ballast voor de onderliggende waterkerende laag.	modulair systeem met bakjes en kan hierom gemakkelijk verwijderd en/of vervangen worden
47. Dakafwerking			

Bijlage 2: Demontabele tunnelvloer

INHOUD

1. Programma van Eisen
2. Verantwoording keuzes Programma van Eisen
3. Bouwtechnische Details
4. 3D impressies
5. Constructieve onderbouwing

1. Programma van Eisen

Constructie

- Vloer van prefab beton met een oplegging van stalen liggers
- Een eenvoudig constructieprincipe dat makkelijk te repeteren valt
- Moet kunnen concurreren met de kanaalplaatvloer.
- Dunne vloerschil, beperken materiaalgebruik, hoge kwaliteit beton
- Koppeling met oplegging die weerstand biedt in de x-, y- en z-richting
- Onderlinge koppeling platen t.b.v. schijfwerking
- Moet grote overspanningen kunnen halen

Maatvoering

- Breedte is een veelvoud van 300mm
- Overspanning tot 9m moeten haalbaar zijn
- Dikte vloerplaat 90mm

Aansluitmogelijkheden

- Mogelijkheid voor oplegging met stalen ligger
- Mogelijkheid voor onderlinge verbinding platen

Akoestiek

- Massa voor het opnemen van geluid
- Afdichting naden tussen elementen ter voorkomen geluidlekken
- Mogelijkheid tot toepassen akoestische isolatie onder de vloer

Esthetiek

- Gladde afwerking boven voor directe oplegging vloerafwerking
- Verder geen eisen, uitgaan van een industriële look waarbij installaties en dergelijke in het zicht blijven

Modulariteit

- Het hanteren van modulaire maatvoering maakt de vloer meer modulair
- Zo veel mogelijk toepassen van gelijke afmetingen

Demonteerbaarheid

- Vloer dient volledig demontabel te zijn zodat de vloeren in theorie oneindig vaak opnieuw toegepast kunnen worden zolang de levensduur van de vloer reikt
- De verbindingen dienen vrij toegankelijk te zijn om demontage makkelijk te maken
- Er moet niet meer dan het minimum aantal verbinding toegepast worden (geen onnodig materiaalgebruik)
- De verbindingstukken dienen zo veel mogelijk identiek te zijn.

Flexibiliteit

- Binnen de hoogte van het element moet voldoende ruimte zijn voor het verwerken van installaties in de lengterichting
- De lengte moet flexibel te maken zijn, uitgaan van een oneindig lange bekisting die vrij indeelbaar is.

Brandwerendheid

- De vloer moet weerstand bieden tegen brand
- Er moet een oplossing komen voor de naden tussen vloerelementen
- Aansluiting met oplegging brandwerend maken

2. Verantwoording Programma van Eisen

Constructie

- Er is een eenvoudig constructieprincipe aangehouden door in de basis uit te gaan van een prismavormige doorsnede. Dit betekent dat er een oneindig lang productielijn kan worden gemaakt voor het stort van de vloer waartussen schotjes met een afgeschuinde rand productielijn opdeelt in vloerdelen.
- Waar bij een kanaalplaatvloer de kanalen zijn weggewerkt in de vloer is het “kanaal” van dit vloertype volledig toegankelijk waardoor het in tegenstelling functioneel gebruikt kan worden voor leidingwerk e.d. Het vloertype van 300mm is dan wel iets dikker dan een kanaalplaat van 260mm, echter is hier geen dekvloer nodig en is het constructiepakket dus alsnog dunner.
- Voor vloertype 1 is 0.1676m^3 beton per strekkende meter vloer nodig terwijl er voor een kanaalplaatvloer 260mm met 50mm druklaag 0.2388m^3 beton per strekkende meter vloer nodig is. Dit betekent een besparing van 71.23 L beton per strekkende meter. Op een vloer van 8.5m is dit 605 L beton, oftewel een besparing van ruim 1500kg per vloerelement. Je bespaart dus aanzienlijk op dit vloertype.
- Doordat de vloerschil eigenlijk een plaat is die op twee ribben ligt kan deze heel dun worden uitgevoerd. De dikte hangt met name af van de betondekking van de wapening die aan weerszijden 30mm dient te zijn. Hierdoor kom je uit op een schikdikte van 90mm
- Door de betonnen stroken tussen de plaatdelen i.c.m. met een trekband rondom het vloerveld wordt voorzien in de schijfwerking van de vloer, zie details.
- Door de ribben aan weerszijden van het vloerelement met daarin wapening kan de vloer een overspanning halen tot 11.7m, meer dan voldoende voor schoolgebouwen waar de overspanning vaak niet meer is dan 9 meter.

Maatvoering

- Met een breedte van 1200mm voldoet de vloer aan de eis van een breedte met veelvoud van 300mm
- Met type 1 kan tot 8.8m overspannen worden (breedte ligger inbegrepen), voor grotere overspanningen is er type 2 die tot 11.7 kan overspannen.

Aansluitmogelijkheden

- De vloer kan makkelijk opgelegd worden op de stalen hoedligger of eventueel een HEA met verbrede onderplaat. Door de betonnen strook en draadeinden wordt het vloerdeel gekoppeld aan het naastgelegen elementen of de oplegging.
- De koppeling met naastgelegen vloerdelen aan de linker en rechter zijde van de vloer wordt mede verzorgd door betonnen stroken met draadeinden en aan de onderzijde een stalen plaat die i.c.m. met een moer de inklemming van de vloerdelen verzorgt. Zie details.'

Akoestiek

- Door het toepassen van beton wordt voorzien in het overgrote deel van de massa die onder andere in staat is geluidswering te verzorgen. Daarnaast wordt er in additionele massa verzorgd door de laag fijn grint in een honingraatrooster die dient als vloerafwerking.
- Hetzelfde grint dat dient voor afwerking van de vloer wordt ook gebruikt om oneffenheden zoals kieren op te vullen bij de opleggingen een aansluiting aan de zijden van de vloer.
- Door de uitstekende draadeinden aan de onderzijde van vloer kan aan deze zelfde draadeinden een verlaagd plafond bevestigd worden. In dit verlaagd plafond kan gemakkelijk akoestische isolatie worden opgenomen. Daarnaast kunnen de draadeinden ook gebruikt worden voor het droog bevestigen van isolatiemateriaal voor een begane-grondvloer.

Esthetiek

- De gladde afwerking kan, zoals eerder al beschreven worden gerealiseerd door het egaliseren van de vloer met fijn grint waar bovenop dan weer ander type plaatmateriaal toegepast kan worden.
- Het toepassen van een industrieel is niet gelukt, met name om akoestische redenen. Hoewel het theoretisch gezien goed mogelijk is akoestische accumulatie uit andere bouw delen te halen is ligt het toch het meest voor de hand dit te verwerken in het plafond. Ik heb dit dan ook gedaan door toepassing van het verlaagde plafond.

Modulariteit

- De breedte maatvoering gaat uit van een modulair maatsysteem met een veelvoud van 300mm. Door het toepassen van een maatvoering van 1200mm kun je verzorgen dat vele andere bouwproducten gemakkelijk aansluiten op deze vloer omdat dit een veelvoorkomende maat is.
- Bij voorkeur wordt zoveel mogelijk dezelfde lengte- als type hoogtemaat gebruikt. Zeker het toepassen van een oplegging met aan een zijde een type 1 tunnelvloer en aan weerszijde een type 2 tunnelvoer zal extra aandacht vereisen voor aanpassing van de hoedligger. Voor de lengtemaat is het toepassen van gelijke maatvoering echter niet het meest van belang. Door uit te gaan van een 'oneindig-lange' productielijn maakt het niet zo zeer uit of alle platen dezelfde lengte hebben aangezien deze moeiteloos kunnen worden opgedeeld in verschillende lengtes.

Demonteerbaarheid

- Door alle lagen van bouw delen te scheiden en geen natte verbindingen te maken is het vloersysteem inclusief afwerking volledig demontabel
- De constructieve verbindingen zitten aan de boven en onderzijde van de vloer en zijn, hoewel weggewerkt achter de relatief gemakkelijk te demonteren afwerking, volledig toegankelijk voor demontage.
- Voor de constructieve vloerelementen is de vloer extra dun uitgevoerd zodat er ten minste minder beton nodig is voor de vloer ten opzichte van een kanaalplaatvloer voor een gelijkwaardige situatie. Hoewel bij de vloer de maximale veiligheidseisen zijn toegepast is daarna de minimale dikte aan wapening toegepast, doch berekent op niet-voorgespannen wapening. Mogelijkerwijs is er om deze reden nog enige verbetering in materiaalgebruik mogelijk.

- De verbindingstukken zijn onder het mom van repetitie zo veel mogelijk met gelijke eigenschappen ontworpen. Niet alleen hebben de schuine randen van vloer dezelfde hoek, ook maakt het voor de verbindingstukken niet uit of voor Type 1 of Type 2 wordt gekozen, die zijn namelijk identiek.

Flexibiliteit

- Door de slanke ribben aan beide zijden van de vloer en dunnen vloerschil blijft er een aanzienlijk grote ruimte (tunnel) over waarin bijvoorbeeld installaties in verwerkt kunnen worden. Omdat dit door de ribben enkel in de lengterichting kan is er een verlaagd plafond toegepast waarachter ook in de breedterichting installaties verwerkt kunnen worden. Op dit manier ben je flexibel in zowel de x- als de y-richting.
- Bij toepassing van een lange productielijn zoals dit ook bij kanaalplaten gebeurt ben je in principe volledig flexibel in de lengte van de vloerelementen. De enige aanwezige belemmering is de constructieve maximale overspanning.

Brandwerendheid

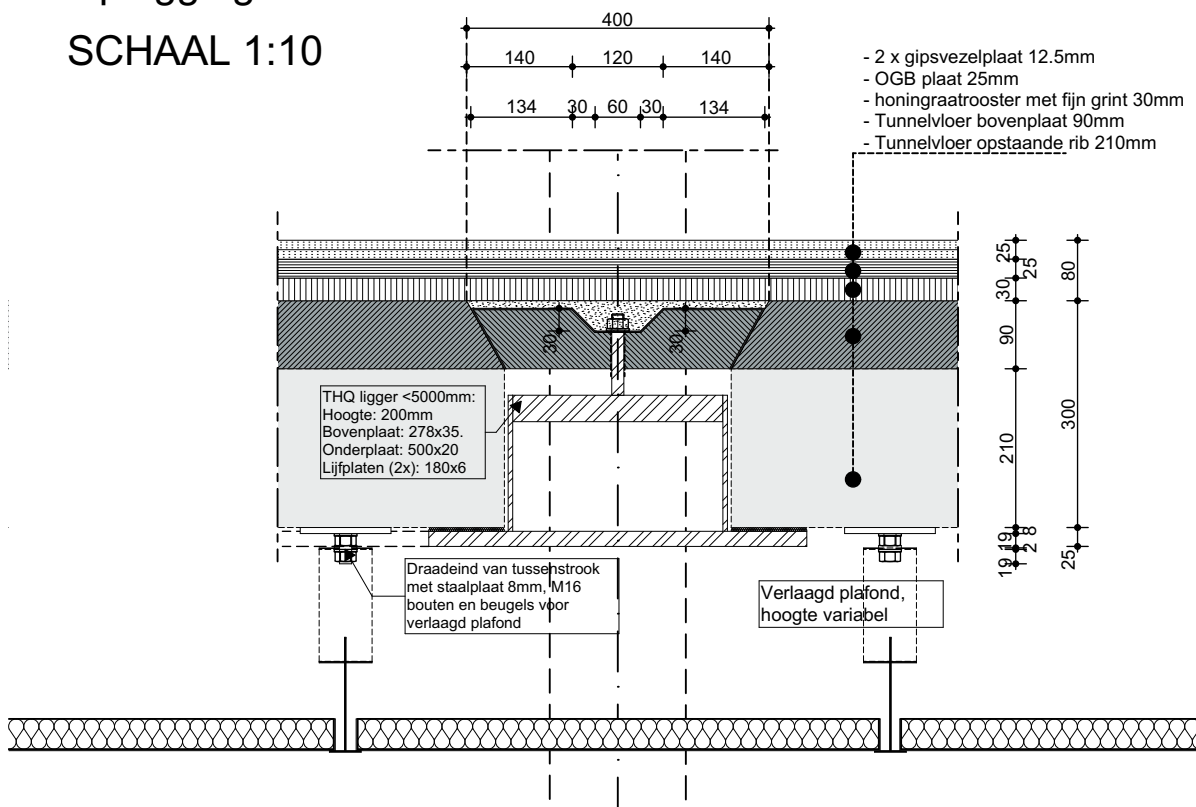
- Door het gebruik van beton als constructief materiaal kan er tevens voor een groot deel aan brandwerendheid worden verzorgd. Indien de dikte nog niet voldoende is kan er ook in de vloerafwerking nog gemakkelijk worden voorzien in de eisen naar brandwerendheid.
- De naden tussen de vloerdelen veroorzaken in beginsel lekken voor brand en geluid, het zelfde geldt bij de oplegging. Om deze reden is het noodzaak deze af te dichten. Door de verbindingstukken voor het realiseren van schijfwerking gebeurt dit zonder extra moeite waardoor er een doorlopende lijn ontstaat in de brand-scheidende laag.

3. Bouwkundige Details

Type 1. 300mm

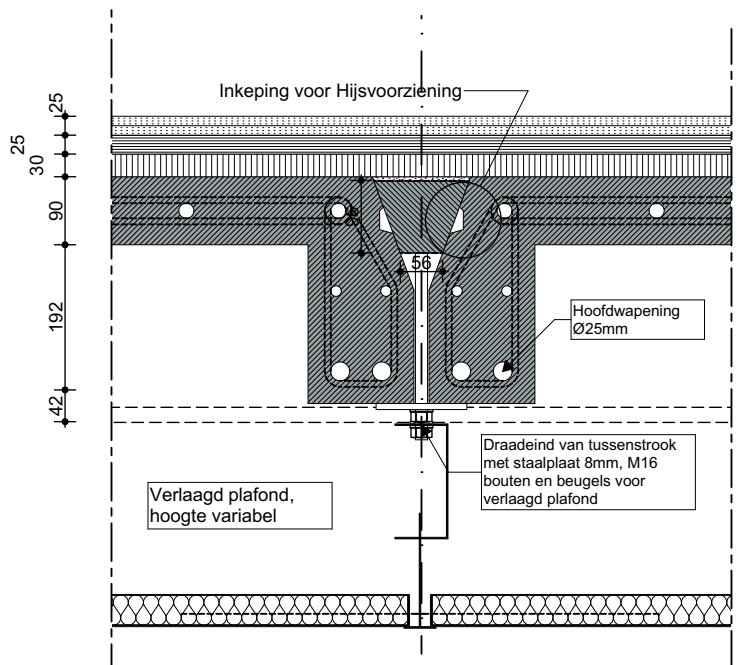
Detail 1:
Oplegging

SCHAAL 1:10



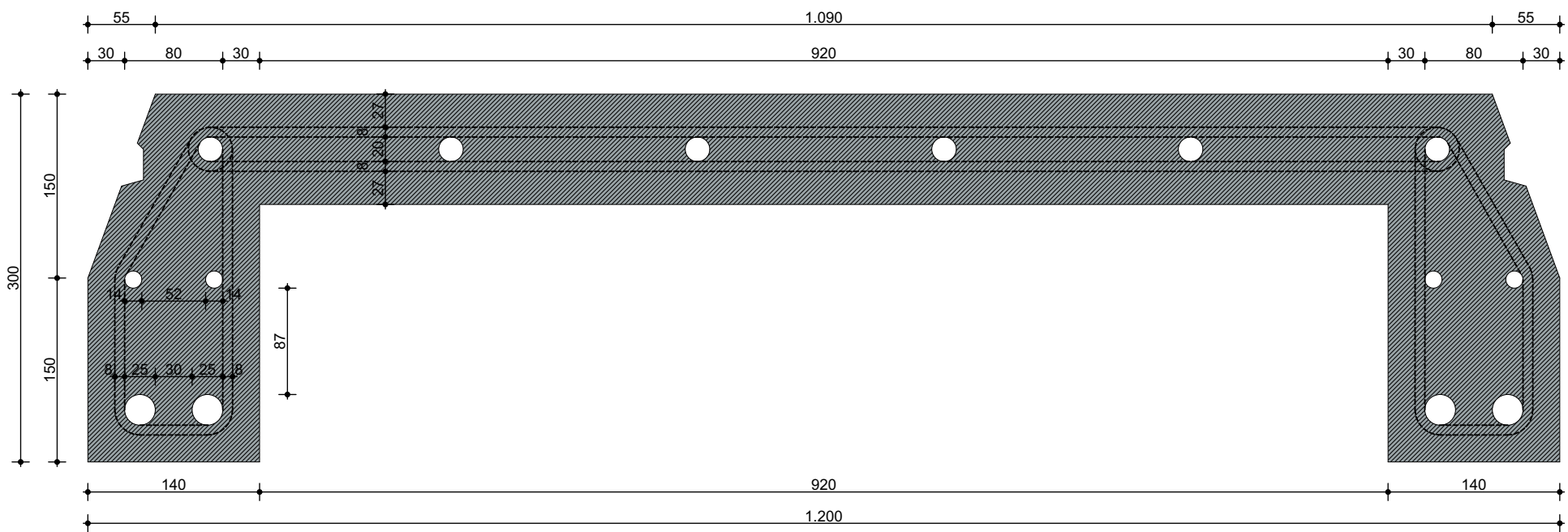
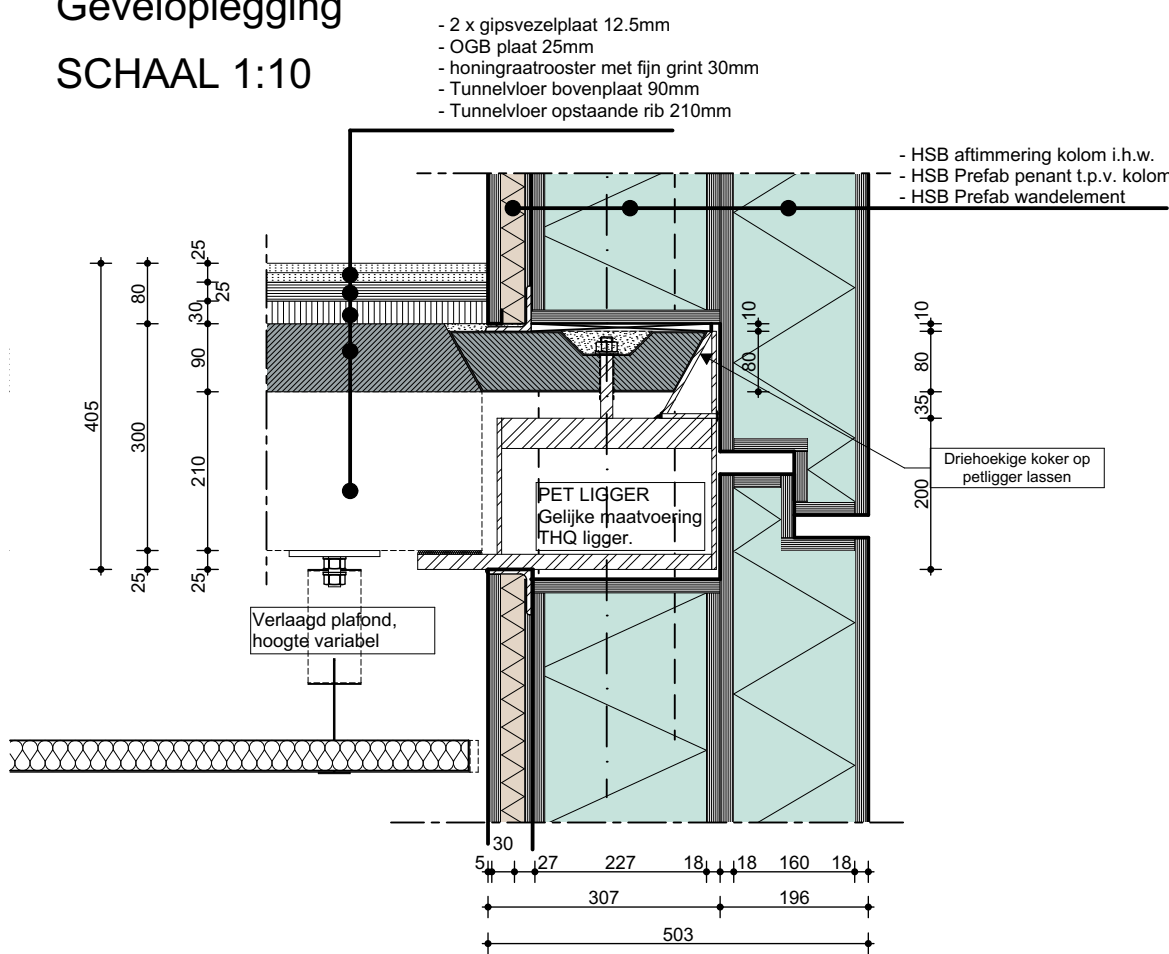
Detail 2:
Aansluiting dwarsdoorsnede

SCHAAL 1:10



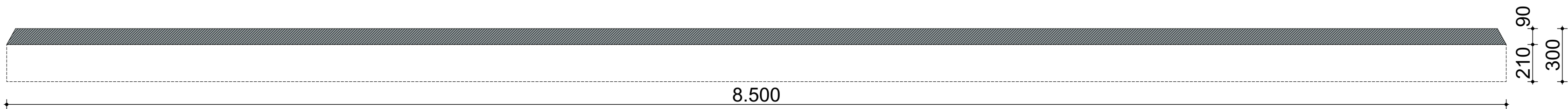
Detail 3:
Geveloplegging

SCHAAL 1:10



Detail 4: Dwarsdoorsnede

SCHAAL 1:5



Detail 5 Langsdoorsnede

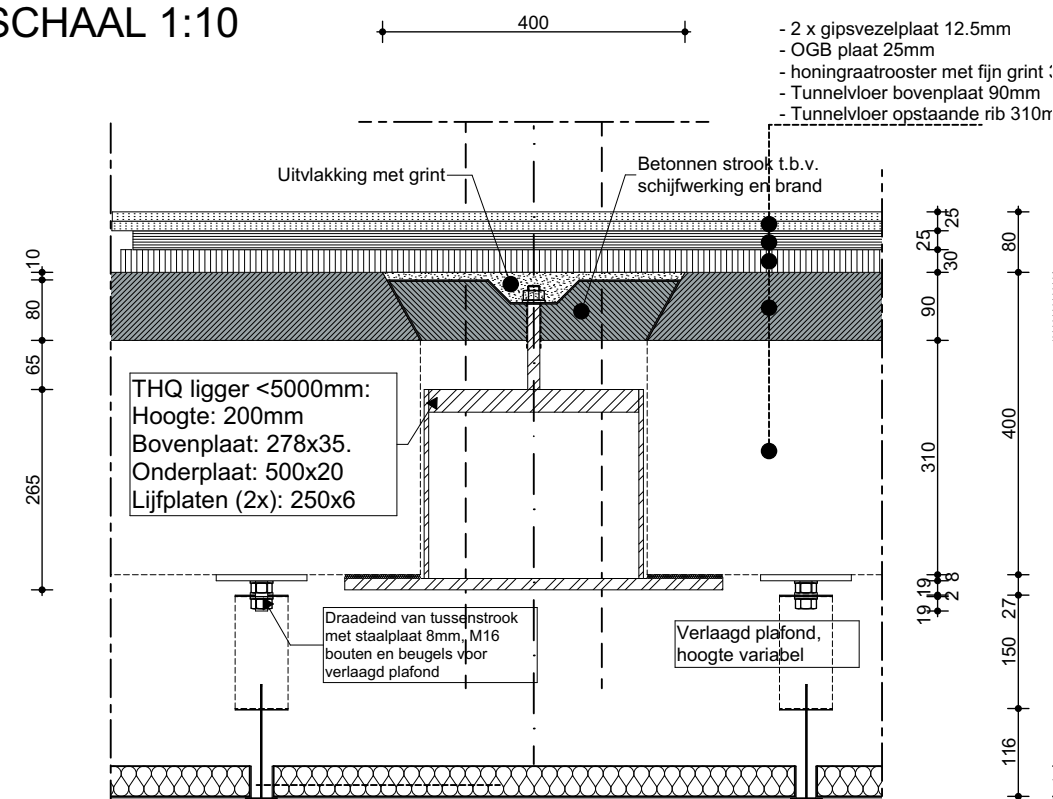
SCHAAL 1:10

Overspanningen tot 8.5 meter
(spantafstand van 8.8 meter)

Type 2. 400mm

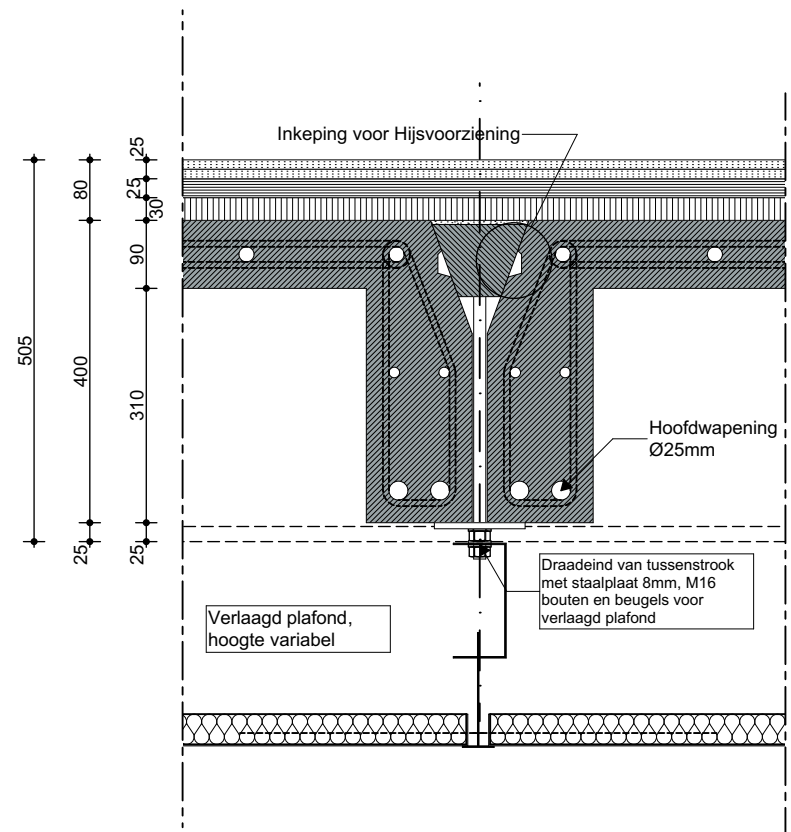
Detail 6:
Oplegging

SCHAAL 1:10



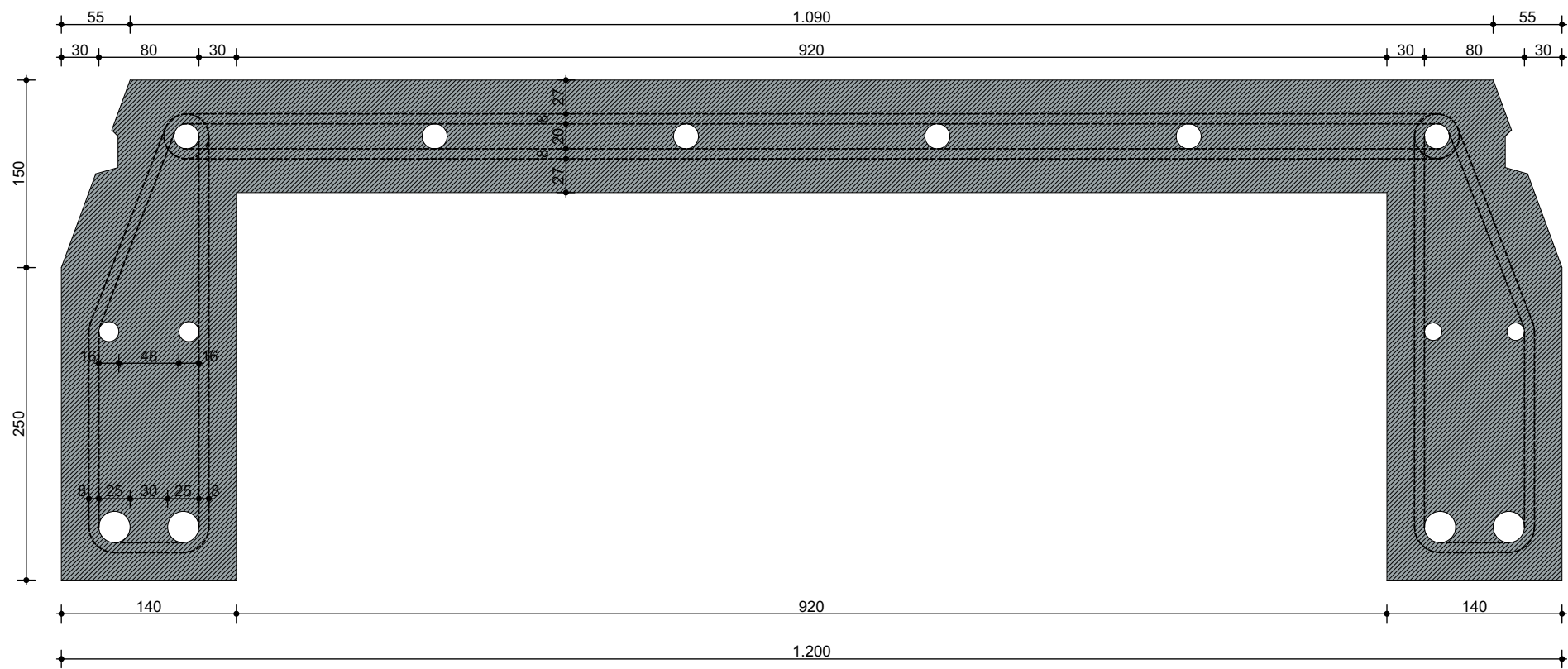
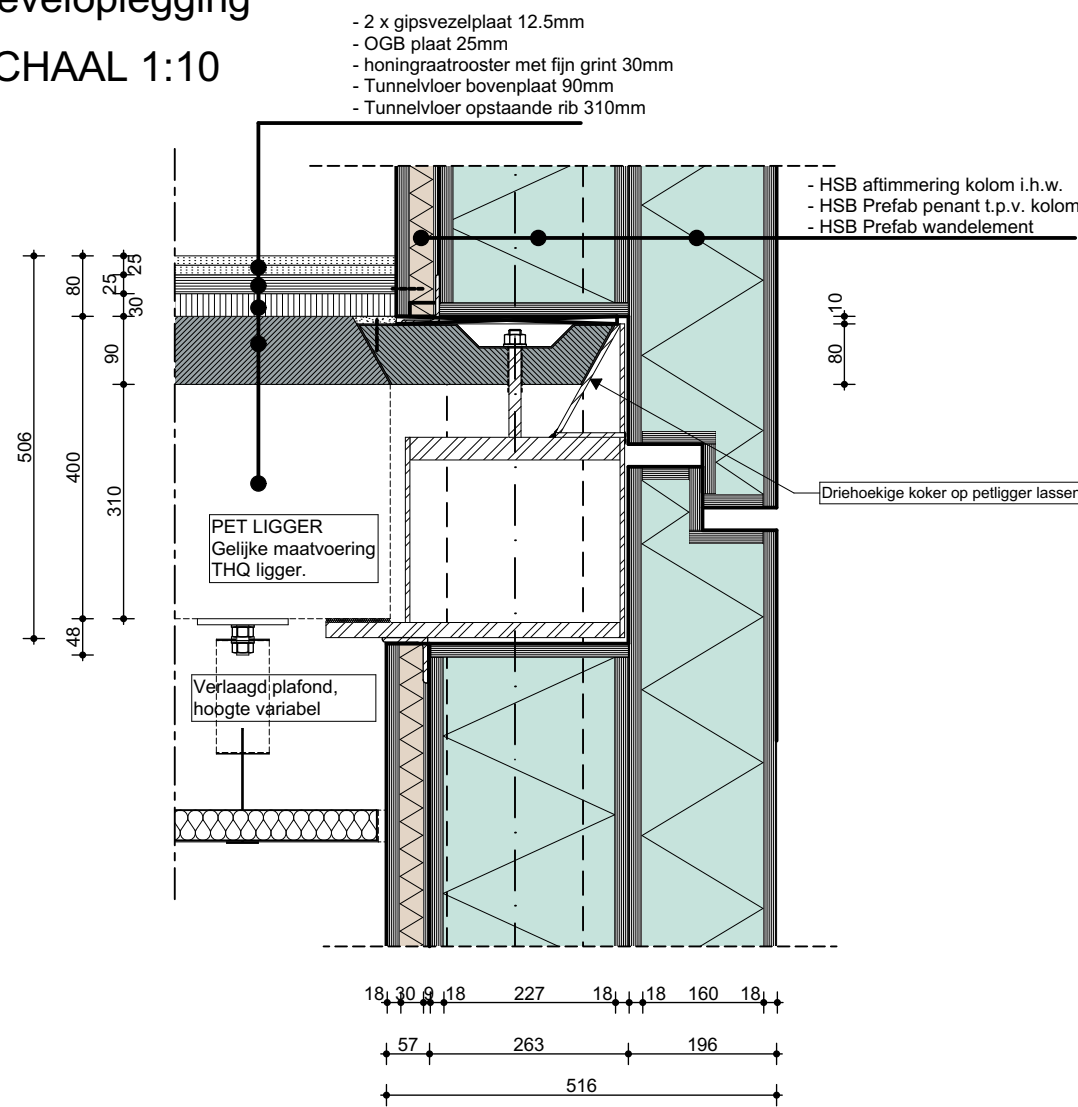
Detail 7:
Aansluiting dwarsdoorsnede

SCHAAL 1:10



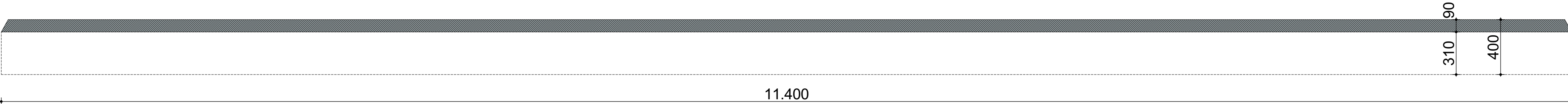
Detail 8:
Geveloplegging

SCHAAL 1:10



Detail 9: dwarsdoorsnede
SCHAAL 1:5

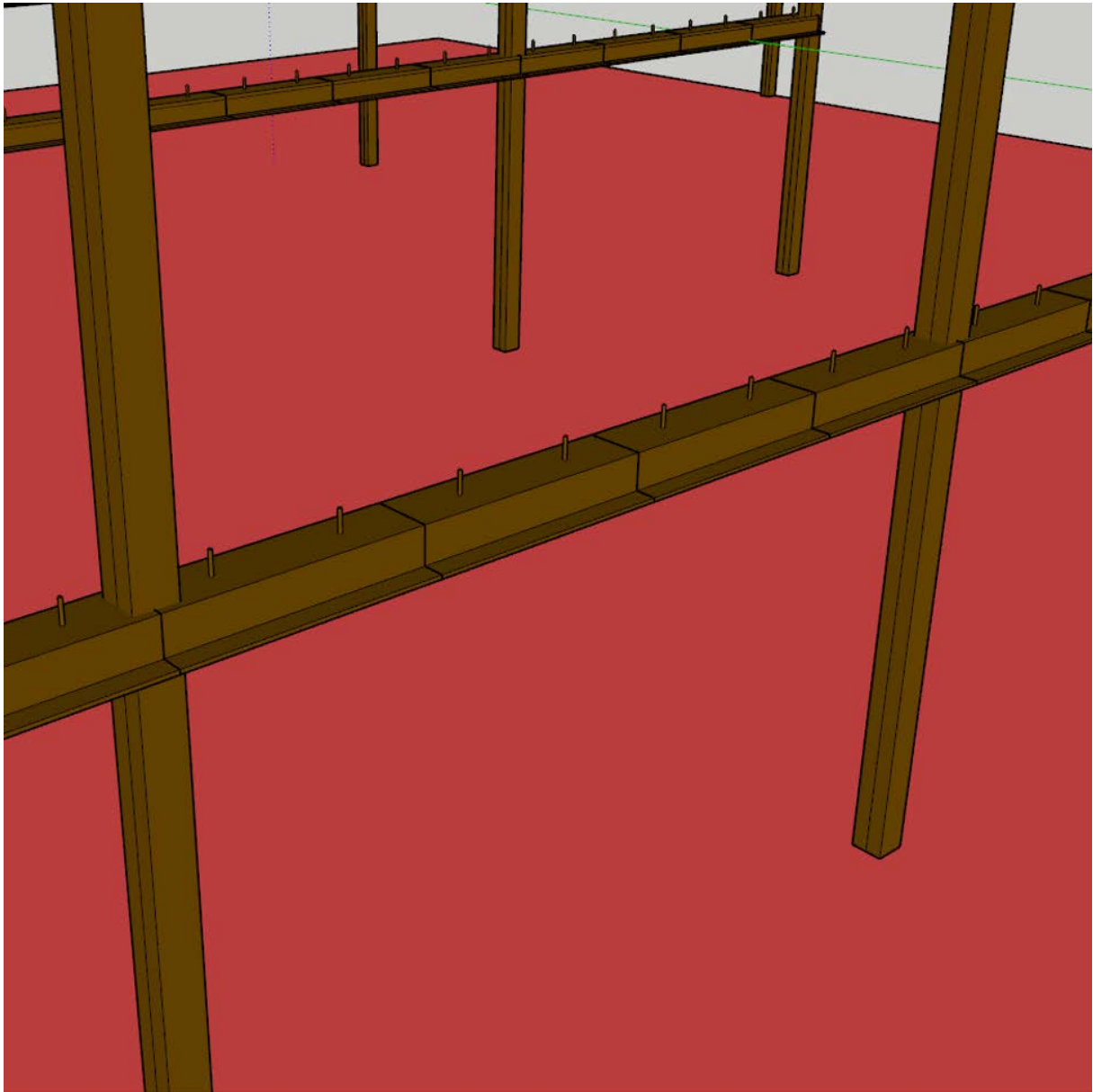
Overspanningen tot 11.4 meter
(spantafstand van 11.7 meter)



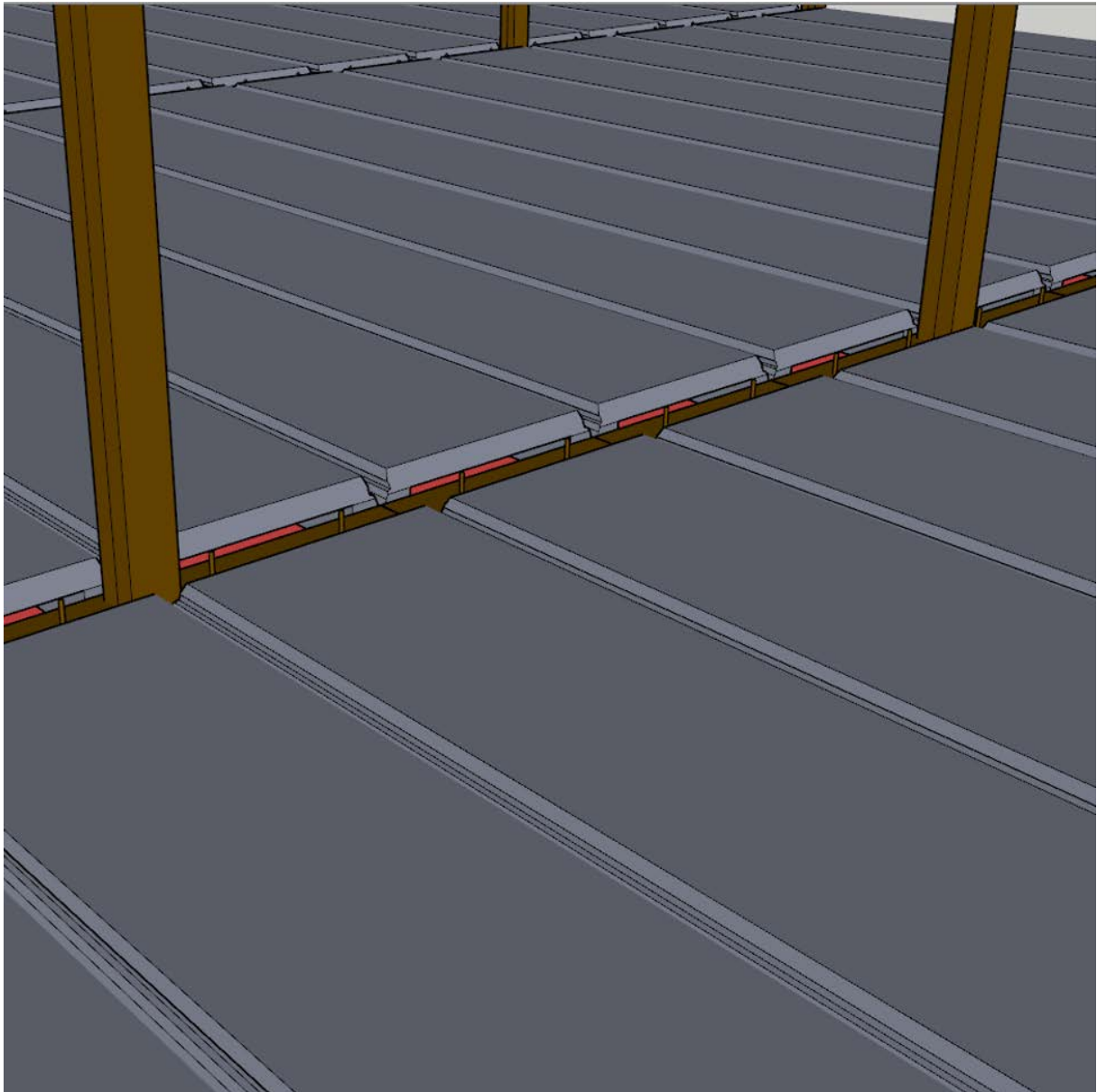
Detail 10 Langsdoorsnede
SCHAAL 1:10

4. 3D Impressies Demontabele Tunnelvloer

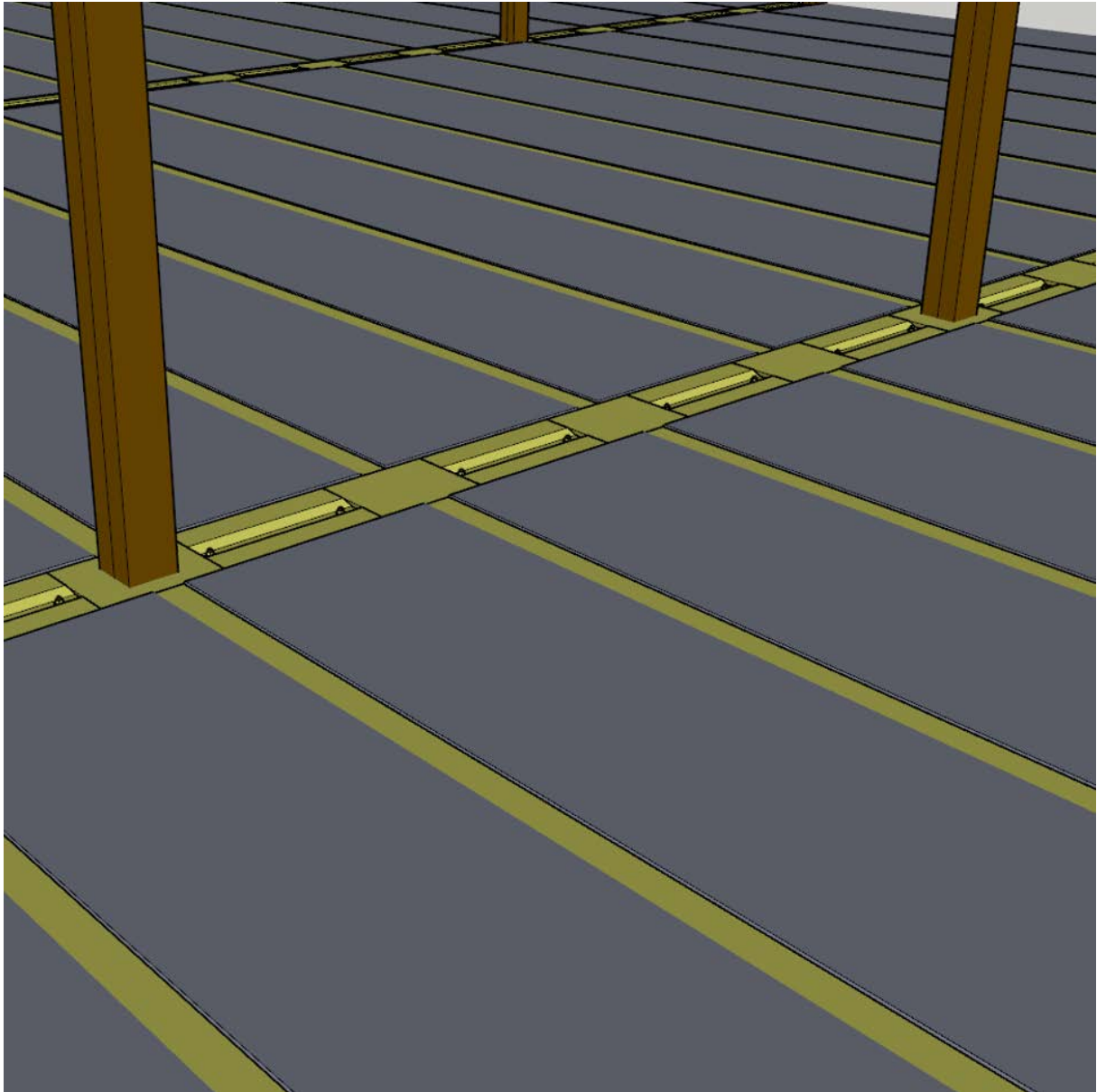
1. Plaatsen Hoofddraagconstructie staal



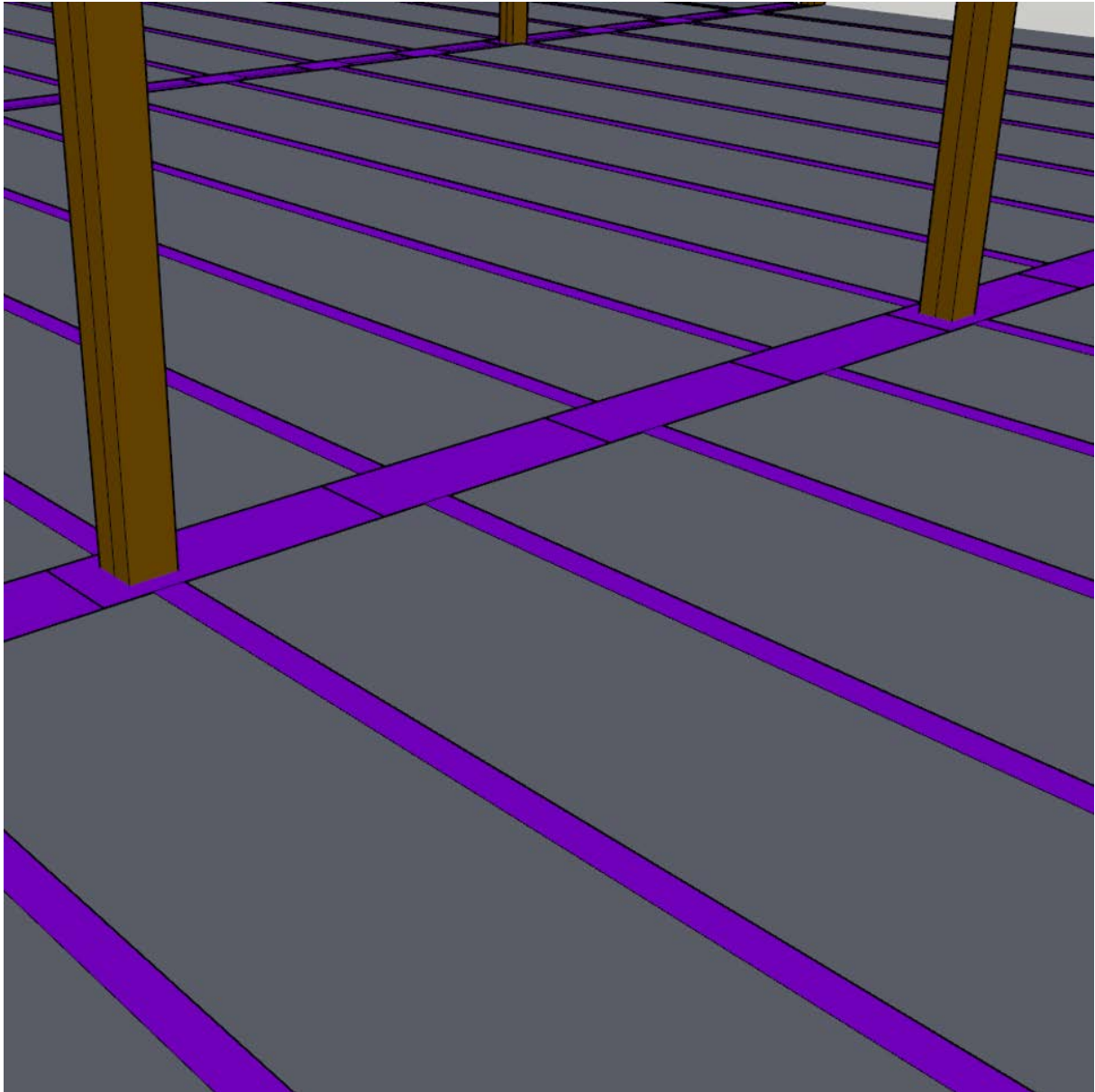
2. Leggen van Tunnelvloer



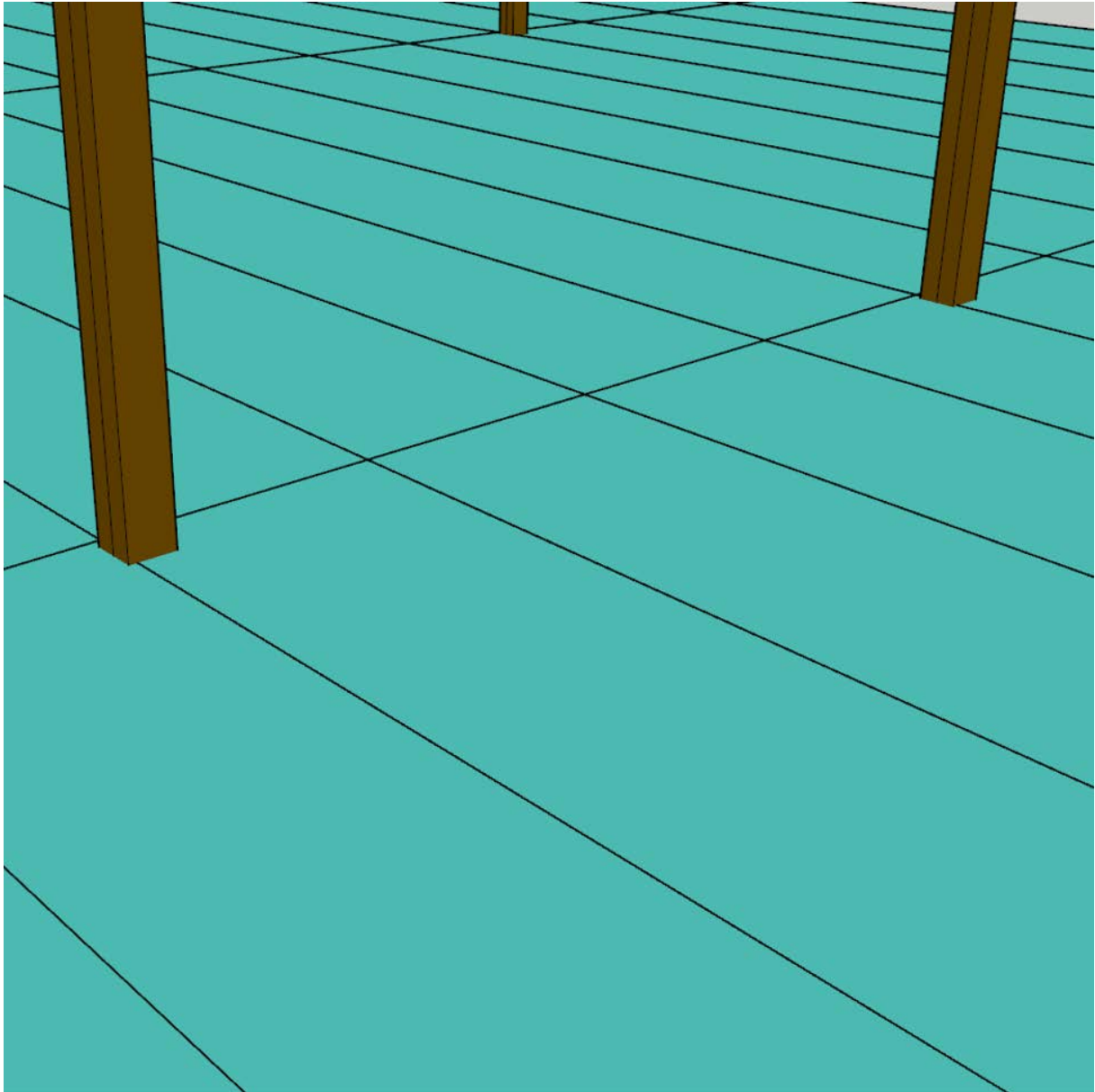
3. Plaatsen en aandraaien van verbindingstukken



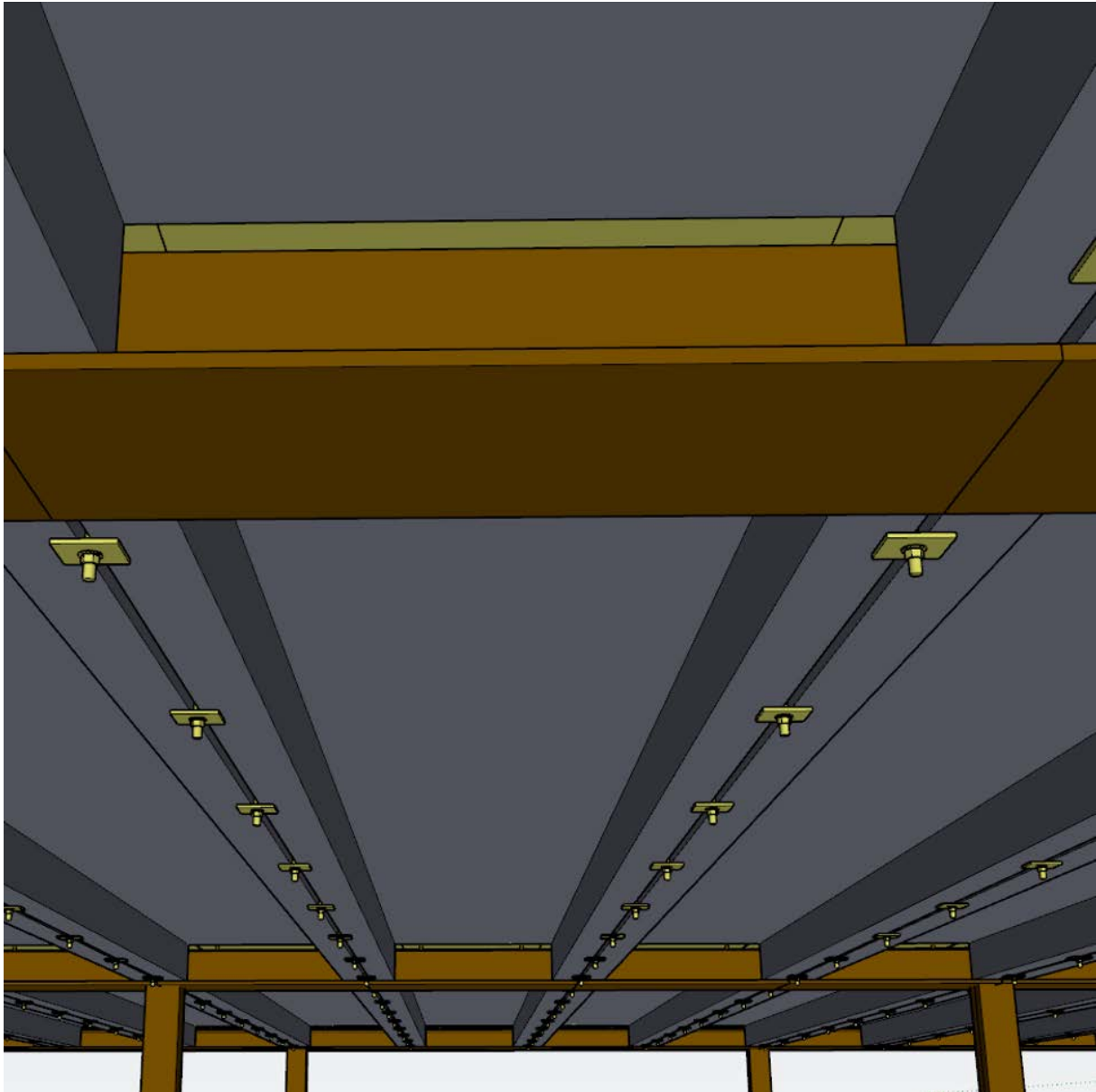
4. Fijn grint in naden storten



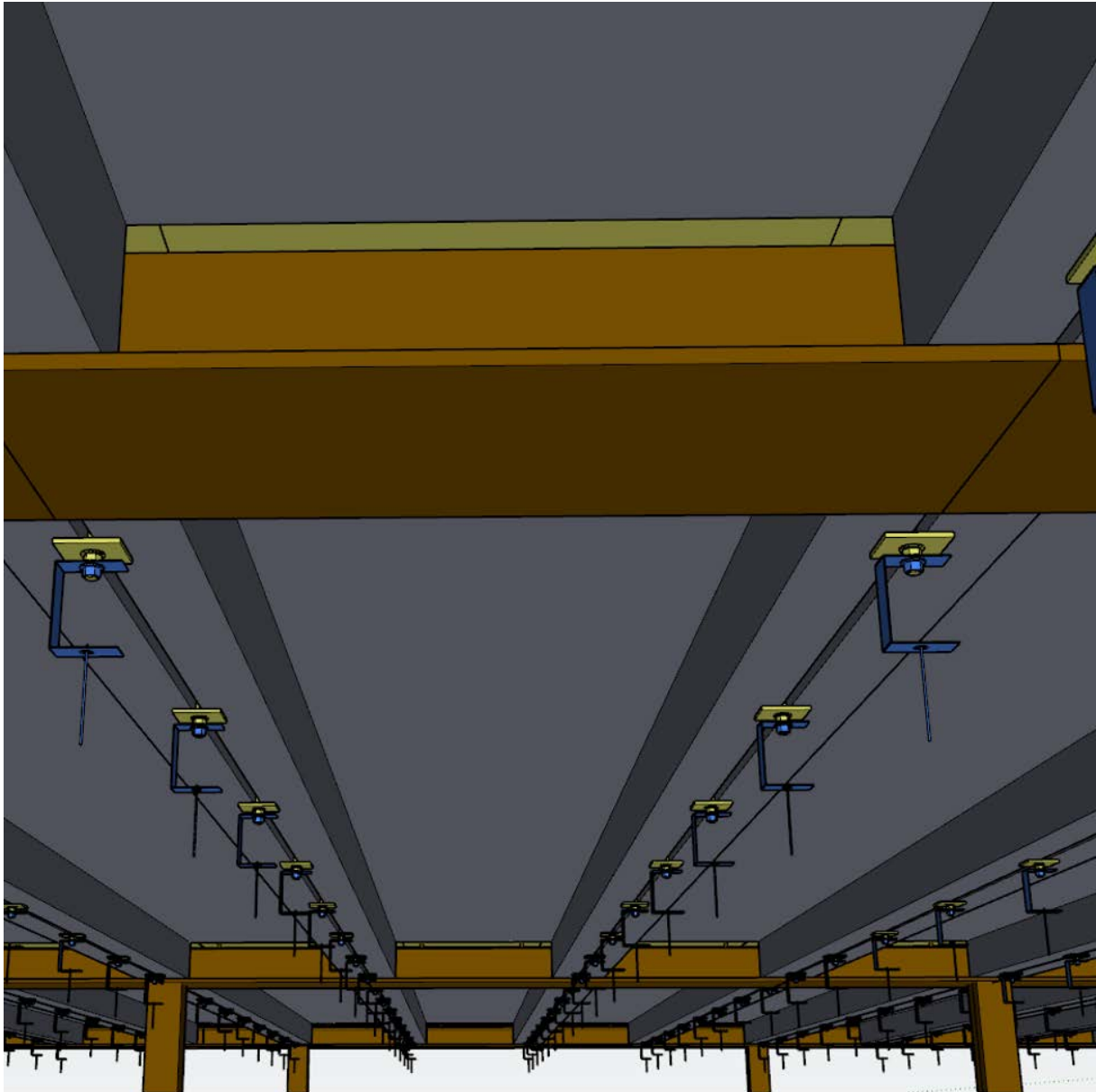
5. Leggen van vloerafwerking



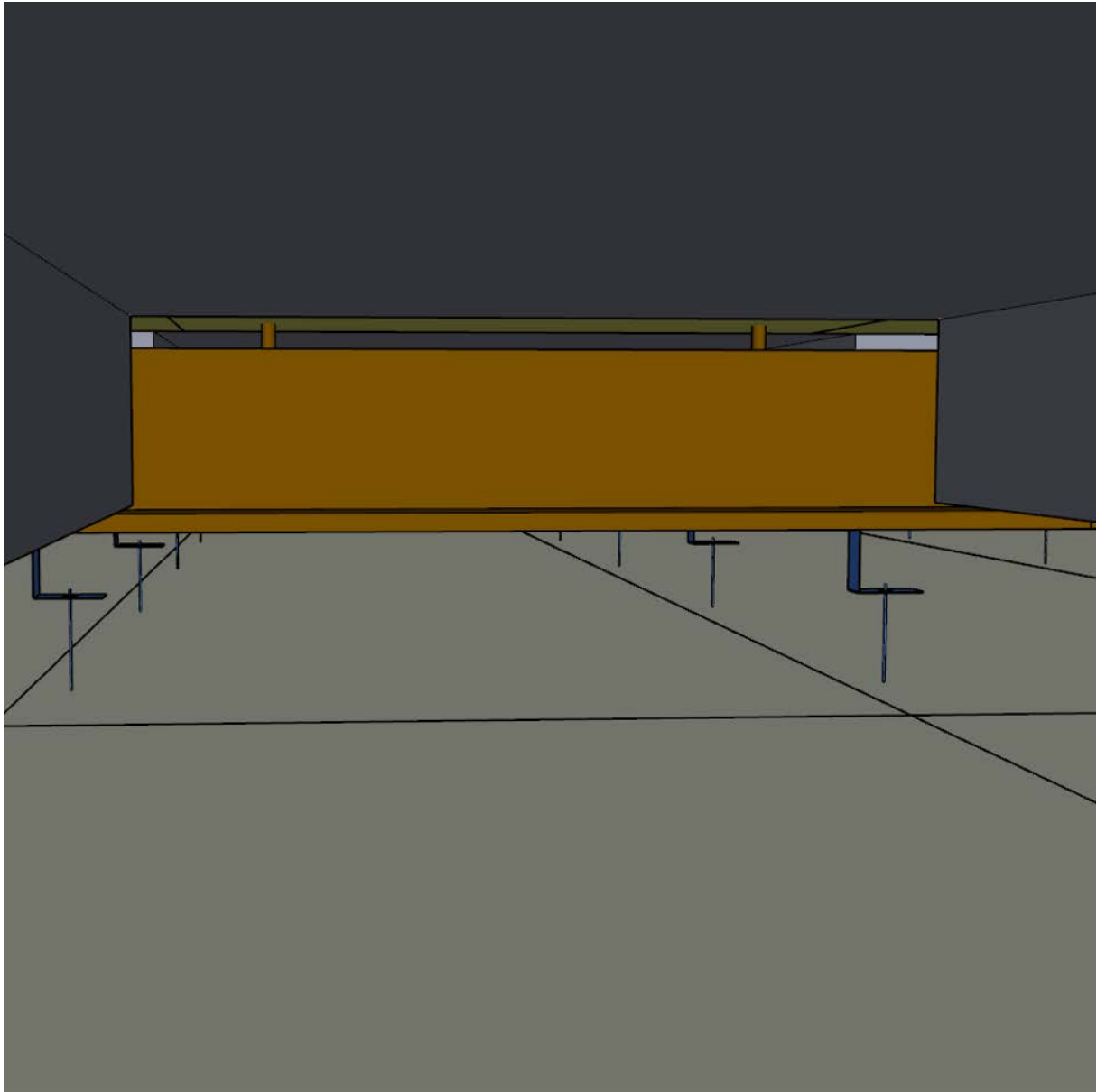
6. Onderzijde vloer



7. Monteren ophangprofielen verlaagd plafond aan draadeind



8. Bevestigen plafondplaten met systeem aan ophangprofielen



5. Constructieve onderbouwing Demontabele tunnelvloer

Voor de vloer zijn twee types bedacht, type 1 met een hoogte van 300mm i.c.m. THQ 200mm hoog en type 2 met een hoogte van 400mm i.c.m. THQ 265mm hoog. De maximale overspanning voor type 1 is 8.56... dus 8.5 meter, zie Afbeelding 1, de maximale overspanning voor Type 2 is 11.43... dus 11.4 meter, zie Afbeelding 2. Door de liggerbreedte van 300mm betekent dit dat je met Type 1 een spantafstand kunt creëren tot 8.8 meter en met Type 2 tot 11.7 meter.

De oppervlakte van de doorsnede van de vloer bedraagt 0.17m^2 voor Type 1 en 0.20m^2 voor type 2. Dit betekent dat het Volume betonvloer per m^2 voor type 1, bedraagt $0.17/1.2*1\text{m} = 0.14\text{m}^3$ gewapend beton per m^2 vloer en $0.20/1.2*1 = 0.17\text{m}^3$ per m^2 vloer voor type 2.

De soortelijke massa van gewapend beton bedraagt 2500 kg/m^3 .

Dus $q_{G, \text{type 1}} = 0.14 \cdot 2500 = 350 \text{ kg/m}^2 = 3.5 \text{ kN/m}^2$

Dus $q, G, \text{type 2} = 0.17 \cdot 2500 = 425 \text{ kg/m}^2 = 4.25 \text{ kN/m}^2$

Voor de berekening van de vloerafwerking wordt uitgegaan van een honingraatstructuur gevuld met grint van 30mm, 20mm houtvezelisolatie en 25mm gipsvezelplaat. Volgens de sheet van Kerto-Ripa betekent dit dat de massa van deze afwerking bedraagt 110kg+ akoestische isolatie met bevestiging= 120kg/m² = 1.2kN/m².

Vanwege de functie van het schoolgebouw liggen de veiligheidsfactoren op 1.3 voor vaste belasting en 1.65 voor veranderlijke belasting. Daarnaast is de veranderlijke belasting vastgesteld op 5kN/m2 volgens NEN-EN 1991-1-1, tabel NB.1 voor klasse C4 en C5 van bijeenkomstgebouwen.

lengte vloer	8,5691006 m								
overspanning	5 m								
q,G,ligger =					1,77 kN/m				
q,G,vloer =	3,5 kN/m²	*	8,569 =	29,991852 kN/m					
,G,vloerafw =	1,2 kN/m²	*	8,569 =	10,282921 kN/m					
,G, NC wand =	0,5 kN/m²	*	8,569 =	4,2845503 kN/m +					
yG=	1,3	=>	1,3 *	46,329323 =	60,22812				
q,Q =	5 kN/m²	*	8,569 =	42,845503 kN/m +					
yQ=	1,65	=>	1,65 *	42,845503 =	70,69508 +				
			BGT = 89,174826	UGT = 130,9232	kN/m				
q,d =	130,9232 kN/m								
Mmax =	1/8*q,d*i²								
=	0,125 *	130,9232 *	25 =	409,135 kNm					
			=	409135000 Nmm					
f _y =	235 kN/m²								
profielkeuze elastisch:									
$\frac{M_{\text{max}}}{W_{y,\text{el}}} \leq 235$	=>	Wy, _{el} =	Mmax /	f _y *10³					
		=	409135000 /	235000 =	1741,00 *10³ mm³				
geeft eerstvolgende profiel = THQ-200-290-500									
met Wy,I waarde: 1741000 mm³									
profielkeuze plastisch:									
$\frac{M_{\text{max}}}{W_{y,\text{pl}}} < 235$	=>	Wy, _{pl} =	q,d /	f _y *10³					
		=	409135000 /	235000 =	1741,00 *10³ mm³				
geeft eerstvolgende profiel = THQ-200-240-450									
met waarde: 1897000 mm³									
σ _{max} =	Mmax/Wy, _{el}								
Mmax= Wy, _{el} =	409135000 1741000 mm³	Nmm							
σ _{max} =	409135000 /	1741000							
σ _{max} =	235								
toets	σ _{max} ≤ 235 >	235 235 dus	VOLDOET NIET						

Afbeelding 1: Maximale overspanning Type 1

Afbeelding 2: Maximale overspanning Type 2

[illegible]

Afbeelding 3: Berekening moment in Tunnelvloer

Voor de trekkracht F_t geldt: $F_t = 0.25 \cdot \sigma_{\max} \cdot b \cdot h$ en voor de maximale spanning geldt: $\sigma_{\max} = M/W = M/(1/6bh^2)$ wat resulteert in de formule $F_t = M/(2/3h)$. Als gevolg hiervan volgt de berekening van de Trekkracht voor Type 1 weergegeven in Afbeelding 4 en de berekening voor de trekkracht in Type 2 weergegeven in Afbeelding 5. Voor Type 1 wordt uitgegaan van de maximale overspanning van dit vloertype, oftewel 8m. Voor type 2 wordt uitgegaan van de gebruikelijke overspanning van 9m.

$F_t = M_{\max}/(2/3 \cdot h)$									
Mmax	144096000	Nmm							
h	300	mm							
Ft=	144096000 / ((2/3) * 300) =	720480	N						
fs (FeB500)=	435	N/mm ²							
Astaal=	720480 / 435 =	1656.275862	mm ²						
A wap. Ø16	201.06	mm ²							
A wap. Ø20	314.15	mm ²							
A wap. Ø25	490.84	mm ²							
N wap. Ø16	8.2	dus	9	staven					
N wap. Ø20	5.3	dus	6	staven					
N wap. Ø25	3.4	dus	4	staven					

Afbeelding 4: Trekkracht Type 1, 8m overspanning

Om nog enige hechting te creëren met het beton wordt gekozen voor 4 staven Ø25mm verdeeld over twee ribben, dus 2 staven per rib aan de onderzijde voor vloertype 1 met 8m overspanning.

$F_t = M_{\max}/(2/3 \cdot h)$									
Mmax	194217750	Nmm							
h	400	mm							
Ft=	194217750 / ((2/3) * 400) =	728316.6	N						
fs (FeB500)=	435	N/mm ²							
Astaal=	728316.56 / 435 =	1674.290948	mm ²						
A wap. Ø16	201.06	mm ²							
A wap. Ø20	314.15	mm ²							
A wap. Ø25	490.84	mm ²							
N wap. Ø16	8.3	dus	9	staven					
N wap. Ø20	5.3	dus	6	staven					
N wap. Ø25	3.4	dus	4	staven					

Afbeelding 5: Trekkracht Type 2, 9m overspanning

Om ook hier nog enige hechting te creëren met het beton wordt gekozen voor 4 staven Ø25mm verdeeld over twee ribben, dus 2 staven per rib aan de onderzijde voor vloertype 2 met 9m overspanning.

Afbeelding 6: Berekening hoedligger Type 1

h.o.h. spant	9	m											
overspanning	5	m											
q,G,ligger =						1.55	kN/m						
q,G, vloer =	4.25	kN/m²	*	9	=	38.25	kN/m						
q,G, vloerafw =	1.2	kN/m²	*	9	=	10.8	kN/m						
q,G, NC wand =	0.5	kN/m²	*	9	=	4.5	kN/m	+					
γG=	1.3		=>	1.3	*	55.1	=		71.63				
q,Q =	5	kN/m²	*	9	=	45	kN/m	+					
γQ=	1.65		=>	1.65	*	45	=		74.25	+			
						BGT =	100.1		UGT =	145.88	kN/m		
q,d =	145.88	kN/m											
Mmax =	1/8*q,d* ²												
=	0.125	*	145.88	*	25	=	455.875	kNm					
						=	455875000	Nmm					
fy =	235	kN/m²											
profielkeuze elastisch:													
	$\frac{M_{max}}{W_{y,el}} \leq 235$	=>	Wy,el	=	Mmax	/	fy*10^3						
				=	455875000	/	235000	=	1939.89	*10³	mm³		
geeft	eerstvolgende profiel = THQ 200-290-500												
	met Wy,I waarde: 1962000 mm³												
profielkeuze plastisch:													
	$\frac{M_{max}}{W_{y,pl}} \leq 235$	=>	Wy,pl	=	q,d	/	fy*10^3						
				=	455875000	/	235000	=	1939.89	*10³	mm³		
geeft	eerstvolgende profiel = THQ 200-240-450												
	met waarde: 1962000 mm³												
σmax=	Mmax/Wy,el												
Mmax=	455875000	Nmm											
Wy,el=	1962000	mm³											
σmax=	455875000 /	1962000											
σmax=	232.35219												
toets	σmax ≤ 235												
	232.35219 < 235 dus VOLDOET												

Afbeelding 7: Berekening hoedligger Type 2

BIJLAGE 3: FEEDBACK PEER

Feedback Heleen

zinsdeel/ onderdeel	opmerking door Heleen	actie/ antwoord van mij
1 "is het bureau waar ik voor mijn afstuderen tevens het gehele semester"	overbodig	is daarbij het bureau waar ik ...
2 "dan full time aan mijn scriptie te kunnen werken"	Het is geen scriptie, maar een afstudeeronderzoek	Volgens "succesvol studeren" en scribbr is dit wel hetzelfde. Hierom laat ik het staan.
3 "Tijdens mijn onderzoeksperiode ben ik in het bijzonder bijgestaan... "	Het is niet bijzonder, dus overbodig	in het bijzonder is gewoon Nederlands en een synoniem voor 'vooral'. Om deze reden laat ik dit staan.
4 bedanken van mensen in voorwoord	Je hebt geen familie, vrienden, klasgenoten of peers die je wil bedanken?	nee
5 afsluiten voorwoord	plaatsnaam	toegevoegd bij datum
6 "nog veelal zien is lineair van..."	komma tussen zien en is	komma toegevoegd
7 op deze planeet	dit hoeft er niet bij, iedereen begrijpt dat het deze planeet is.	ik laat dit wel staan. Hierdoor loopt de zin beter.
8 gebruik van ik, mij, mijn door het gehele rapport	geen persoonlijke voornaamwoorden gebruiken, dit is niet zakelijk	Waar het overbodig was heb ik het weg gehaald. Echter, in sommige gevallen ontkomen je er niet aan omdat het louter mijn mening of onderbouwing was. Dit wordt tevens beaamt door het boek 'succesvol studeren' van van glabbeek.
9 te lange zinnen door het hele rapport	veel zinnen zijn te lang, maak deze korter	gedaan.
10 gebruik van 'in beginsel'	verander dit in 'in het begin'	in beginsel is opnieuw gewoon Nederlands. Naar mijn mening ook formeler en hierom past het goed in een scriptie. Ik laat het dus staan.
11 "konden bouwmethodieken logisch worden verdeeld aleer deze bouwdelen onder te verdelen"	verdeeld. Door deze bouwdelen onder..	er kan hier geen punt, aleer (synoniem van alvorens) verbindt de zinsdelen. Dus zo gelaten.
12 wigvorm	toepassen als begrip	ik zou niet weten hoe, ik beschrijf dat de betonstrook de vorm heeft van een wig. Dus het spreekt voor zich.
13 "naar gelang nieuwe ontwikkelingen zich voordoen worden uitgebreid om up-to-date te blijven"	Ik snap de zin niet.	dit is een prima zin. Wel wordt bij doorvragen opgemerkt dat naar gelang, waarvan Heleen aanvankelijk de betekenis niet van snapte aan elkaar dient te worden geschreven.
14 paginanummering bijlagen	paginanummering toevoegen aan bijlagen in inhoudsopgave	Dit heeft geen zin. De bijlagen hebben weer een eigen paginanummering. Dit zou enkel verwarring opleveren.

15 1.2. scope	wat is dat? Hoort dit bij je theorie?	Nee het laat zien hoe het onderzoek is afgekaderd.
16 verwijzingen naar afbeeldingen	deze dienen met hoofdletter	gewijzigd
17 "Voor het afbakenen van het onderzoek"	ik denk dat dit bij methode moet	Dit sluit juist goed aan op de scope dus in dat geval is het logischer het hier te laten.
18 1.3. Hoofd- en Deelvragen.	hoort in de inleiding	hoofdstuk 1 is het gehele inleidende hoofdstuk. Paragraaf 1.3 is daar dus een onderdeel van.
19 opdrachtomschrijving deelvragen	in PvA laten staan,	Naar mijn mening geeft dit een duidelijke toelichting op de uitwerking. Zeker aangezien het pva niet als bijlage is toegevoegd.
20 "In vorderende fases"	verander in 'Vervolgens'	vindt ik niet nodig. Voor de chronologische omschrijving is in vorderende fases een prima term.
21 "heb ik mijzelf in contact gebracht"	Er is contact gezocht met ...	Alleen ik heb dit contact gelegd. Dus gebruik van ik is hier op zijn plaats
22 Door mij door hen te laten informeren over toegepaste bouwmethodieken hielp mij dit meer kennis op dit gebied te verwerven	mij hen mij	"Door mij door hen te laten informeren over toegepaste bouwmethodieken kon meer kennis op dit gebied verwerft worden"
23 "daarbij ook om bekend dat deze ideaal zijn voor het naar voren brengen..."	dit is spreektaal	ben ik het niet mee eens, maar heb het veranderd in 'geschikt'.
24 hoofdstuk 3.1, aanleiding voor deelvraag 1	de inhoud hoort thuis bij methode	ben ik het niet mee eens, deze tekst lijdt het hoofdstuk in alvorens de resultaten van de deelvraag benoemt worden.
25 3.2. inleiding hoofdstuk	benoemen deelvraag 2	deelvraag toegevoegd.
26 beschrijven eerste uitgewerkte idee pagina 12	Dit hoort thuis in methode	tussen de omschrijving van de definitieve vloer is het logischer dit hier te zetten zodat het een beter samenhangend en opbouwend verhaal wordt.
27 het reden	de reden	aangepast
28 "om die reden zal ten eerste"	past hier niet	veranderd in "om te beginnen"
29 "heb ik besloten"	ik mag niet	veranderd in "is er besloten"
30 4.1. Onderzoeksvragen	is dit niet conclusie?	In principe is dit inderdaad conclusie. Ik heb echter succesvol studeren aangehouden en daar wordt bij de hoofdstukverdeling zoals ik die ook heb niet vermeld dat hier nog een apart hoofdstuk conclusie moet komen. Dit is gewoon een onderdeel van discussie. Aangezien de conclusie antwoord geeft op de hoofd en deelvragen is het logischer dit dan ook zo te noemen
31 4.2.	Is dit je conclusie?	zie hierboven. Hiervoor geldt hetzelfde.

32 4.3. Reikwijdte

Dit is dan weer discussie

klopt, daarom is hoofdstuk 4,2 dus
ook een sub hoofdstuk van 4
Discussie

33 4.4. Onderzoeksmethode

klinkt ook als discussie

klopt ook hier. Zie punt 32

34 4.5 Verwachtingen

Waarom heb je er voor gekozen je
handboek niet toe te passen op een
school

dit staat twee regels verder
beschreven. "Doordat in de praktijk
..."