

*Werkspoorkwartier: Creatief Circulair Maakgebied presenteert:**



Circulair renovatieplan gevel Vlampijpateliers

Auteurs of makers:

Jelle Brem, Lucien van Bussel, Rens te Loeke, Susan Mellendijk, Sam de Wilde de Ligny

Achtergrond of context van het rapport of product:

In opdracht van de Utrecht Vastgoed Organisatie van de gemeente Utrecht werkte een groep studenten van Hogeschool Utrecht aan het project. Dit was in het kader van de specialisatie "Circulaire Stad" in het derde jaar van de opleiding "Built Environment".

Kernvraag:

Op welke wijze kan er een circulair renovatieontwerp gemaakt worden voor de gevel van de Vlampijpateliers in Utrecht?

Opbrengst:

Bij dit onderzoek is gekeken hoe circulaire principes concreet toegepast kunnen worden voor de renovatie van de gevel van een gebouw, met de nadruk op de keuze van de materialen. Vlampijpateliers is één van de laatst overgebleven Werkspoorpanden en heeft een hoge cultuurhistorische waarde. Vandaar dat één van de uitgangspunten van het onderzoek was dat de uitstraling van het gebouw behouden zou blijven. Een ander uitgangspunt waren de energieprestaties.

In eerste instantie zijn drie ontwerpconcepten gepresenteerd, waarvan er twee zijn uitgewerkt. Bij de eerste variant wordt het materiaal dat nu aanwezig is in de gevel opnieuw gebruikt, bij de tweede variant worden kozijnen uit een ander renovatieproject toegepast. Bij beide varianten bleef de uitstraling van het gebouw behouden. Voor de mogelijk te gebruiken materialen (type gevel, kozijnen, hout, isolatiemateriaal, gevelbekleding/plaatmateriaal) zijn keuzes gemaakt op basis van criteria waarbij circulariteit een belangrijk rol speelde.

Tags:

Circulair
Gevel
Renovatie
Vlampijpateliers

Contact:

Annemiek van der Meijden (Hogeschool Utrecht)

annemiek.vandermeijden@hu.nl

14 JANUARI 2020

CIRCULAIR RENOVATIE PLAN GEVEL

VLAMPIJPATELIERS



HOGESCHOOL UTRECHT
Padualaan 99, Utrecht
2019_TBBE-VSCIST-18_1_V

Jelle Brem - 1725863
Lucien van Bussel - 1691332
Rens te Loeke - 1706485
Susan Mellendijk - 1698141
Sam de Wilde de Ligny - 1681926

Samenvatting

Op de vlampijpstraat 50 staan de Vlampijpateliers. De buitenschil van dit pand wordt gerenoveerd met circulariteit als leidraad. Voor deze renovatie is een renovatieontwerp gemaakt, met als hoofdvraag: *Op welke wijze kan er een circulair renovatieontwerp gemaakt worden voor de gevel van de Vlampijpateliers in Utrecht?* Het doel van het onderzoek is het opstellen van een renovatieontwerp waarin de opgestelde energieprestaties behaald worden met het toepassen van circulaire ontwerpprincipes.

Voor het renovatieontwerp zijn er met behulp van een literatuuronderzoek verschillende circulaire principes onderzocht. Deze gegevens helpen met het ontwerp circulaire waarde te geven. Het onderzoek naar circulaire principes heeft duidelijk gemaakt dat er preventie, waardebehoud en waardecreatie toegepast kan worden binnen het ontwerp. Zo worden er verschillende gevelelementen opgeknapt en hergebruikt in het nieuwe renovatieontwerp. Ook wordt er gekozen voor een demontabele gevel om een toekomstbestendig en flexibele renovatie te realiseren. In het project wordt er voornamelijk gefocust op de renovatie van de langsgevels, de rest van de gebouwschil wordt kort behandeld.

Halverwege het project zijn er drie varianten gepresenteerd. Samen met de opdrachtgever zijn op basis van de uitstraling, energetische- en circulaire invloeden varianten gekozen om verder uit te werken als eindproduct.

Het renovatieontwerp bestaat uit twee verschillende varianten. Variant 1 bestaat uit het renoveren van de huidige gevel en variant 2 bestaat uit het toepassen van een nieuwe gevel met hergebruikte materialen. Voor de materiaalkeuze is er deskresearch uitgevoerd. De gegevens laten zien dat het gebruik van een HSB-gevel het beste binnen het renovatieontwerp past. De kozijnen zijn in de twee varianten verschillen van elkaar. Binnen variant 1 worden de huidige kozijnen opgeknapt en hergebruikt, bij variant 2 worden de kozijnen van de Intervam flats gebruikt. Het isolatiemateriaal en de afwerking/plaatmateriaal is binnen de twee varianten hetzelfde. Voor isolatiemateriaal is binnen de gevel Isovlas toegepast, op het dak is dit houtvezel isolatie van Gutex wegens de drukvastheid. Voor de afwerking/plaatmateriaal is er HPL- en OGB-platen gekozen. Ook worden de bakstenen en de stalen borstwering die vrijkomen hergebruikt. Met het toepassen van de gekozen isolatie en gevelopbouw worden de opgestelde energieprestaties van Rc 4,5 voor de gevel en Rc 6,0 voor het dak behaald.

De verdienmodellen die toepasbaar zijn voor dit project zijn circulaire inputs, levensduurverlenging en waardeterugwinning. Terugdringen afvalproblemen binnen circulaire inputs kan gerealiseerd worden door gebruik te maken van biobased materialen. De mogelijkheid om producten te verbeteren en te upgraden kan binnen levensduurverlenging door de stalen kozijnen van de Vlampijpateliers en de kunststof kozijnen van de intervam-flats te renoveren en opnieuw in te zetten. Daarnaast kan levensduurverlenging ook gerealiseerd worden door demontabel ontwerpen met losneembare verbindingen.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4 -
1.1 Aanleiding	4 -
1.2 Probleemstelling	4 -
1.3 Doelstelling	4 -
1.4 Vraagstelling.....	5 -
2. Scope	6 -
3. Methodiek	7 -
3.1 Iteratie.....	7 -
3.2 Feedback expert.....	8 -
4. Huidige staat	9 -
5. Circulaire principes	11 -
5.1 Preventie	12 -
5.2 Waardebehoud	12 -
5.3 Waardecreatie	13 -
5.4 Conclusie circulaire principes.....	13 -
6. Ontwerpconcepten	15 -
6.1 Variant 1 – Renoveren van de gevel	15 -
6.2 Variant 2 – Nieuwe gevel met hergebruikte materialen	16 -
6.3 Variant 3 – Een nieuwe schil om het huidige gebouw	17 -
6.4 Overige onderdelen	18 -
6.5 Keuze definitief ontwerp	20 -
7. Vrijkomende materialen	21 -
8. Circulaire bouwkundige overwegingen	22 -
8.1 Soort gevels.....	22 -
8.2 HSB-gevelelementen.....	24 -
8.3 Materiaalkeuzes.....	24 -
9. Energieprestatie definitief ontwerp	28 -
10. Opbouw gevel	29 -
10.1 Opbouw gevel gebouwdeel A	29 -
10.2 Opbouw gevel gebouwdeel C	30 -
10.3 Kopgevel, dak en Trappenhuis.....	31 -
10.4 3D-impressie	32 -

<i>11. Financiële modellen</i>	- 33 -
11.1 Circulaire inputs	- 33 -
11.2 Product-dienstsysteem	- 33 -
11.3 Levensduurverlenging.....	- 34 -
11.4 Deelplatformen.....	- 35 -
11.5 Waardeterugwinning	- 35 -
11.6 Financiële overwegingen	- 35 -
11.7 Conclusie financiële modellen	- 36 -
<i>12. Conclusie</i>	- 37 -
<i>13. Evaluatie en discussie</i>	- 38 -
<i>14. Bibliografie</i>	- 39 -
<i>15. Bijlagen</i>	- 42 -
Bijlage 1: Overzicht herbruikbaarheid materialen.....	- 42 -
Bijlage 2: Posters varianten.....	- 0 -
Bijlage 3: Keuze borstwering.....	- 0 -
Bijlage 4: Materiaalkeuze isolatiemateriaal.....	- 0 -
Bijlage 5: Materiaalkeuze afwerking/plaatmateriaal.....	- 2 -
Bijlage 6: Detailtekeningen nieuwe situatie gebouwdeel A	- 0 -
Bijlage 7: Detailtekeningen en vooraanzicht nieuwe situatie gebouwdeel B.....	- 3 -
Bijlage 8: Feedback expert	- 0 -
Bijlage 9: 3D impressies	- 0 -

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Een van de grootste culturele broedplaatsen in Utrecht, de Vlampijpateliers, is gelegen aan de Vlampijstraat 50 (zie figuur 1). Op deze locatie hebben zich ongeveer 70 kunstenaars gevestigd die er hun atelier hebben. Het pand wordt verhuurd door DePlaatsmaker, een organisatie die betaalbare ruimtes verzorgt voor alle kunstenaars en creatieve ondernemers in Utrecht. Het gebouw is ooit aangekocht door de Gemeente Utrecht in verband met de herontwikkeling van de 'Spoorlaan', de verbreding van vervoersbanen. Doordat het pand tot op heden beheerd is met het oog op sloop, is er de afgelopen jaren minimaal onderhoud verricht. Hierdoor is het onderhoudsniveau slecht en is er sprake van veel achterstallig onderhoud. Het pand is gebouwd in 1958 en er is een aanbouw geweest in 1970. Sinds de bouw zijn er niet of nauwelijks maatregelen getroffen op het gebied van duurzaamheid.



Figuur 1: Projectlocatie Vlampijpateliers (Google Maps, 2019)

Het pand is één van de laatst overgebleven Werkspoorpanden en heeft een hoge cultuurhistorische waarde. Met de nieuwe plannen voor de herontwikkeling van het Werkspoorgebied is het besluit genomen dat het gebouw alsnog behouden blijft. De Vlampijpateliers blijven permanent in eigendom van de gemeente Utrecht. Het doel is dan ook om het comfort- en energieprestatieniveau te verbeteren door middel van renovatie, zodat het langdurig beschikbaar blijft als betaalbare atelierruimte voor kunstenaars. Het gebouw dient gerenoveerd worden zodat deze minimaal weer voor 40 jaar geschikt is voor exploitatie. De renovatie moet voor een beperkt budget gerealiseerd worden. De Gemeente Utrecht en Utrechtse Vastgoed Organisatie (UVO) streven ernaar om bij de renovatie zo veel mogelijk circulair te bouwen en circulaire grondstoffen toe te passen.

Bij de renovatie ligt de focus op de schil van het gebouw, waarmee de gevel en het dak bedoeld wordt. Na de renovatie moeten de gevel en het dak respectievelijk een minimale Rc-waarde hebben van 4,5 en 6,0. De focus ligt hierbij op energieneutraal met daarnaast zo veel mogelijk circulair.

1.2 Probleemstelling

De opdrachtgever wil graag nieuwe inzichten krijgen in de toepassingsmogelijkheden om de gebouwschil circulair te renoveren en de verschillende financiële modellen die hierbij mogelijk zijn. De gebouwschil van de Vlampijpateliers heeft namelijk veel achterstallig onderhoud. Om het gebouw toekomstbestendig te maken moet de gevel gerenoveerd worden. Hierbij is het van belang dat het energieprestatieniveau omhooggaat en voldoet aan de huidige wet- en regelgeving.

1.3 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het realiseren van een ontwerpadvies voor de gevel van de Vlampijpateliers waarin rekening gehouden wordt met de uitstraling, energieprestatie en het circulair gebruik van grondstoffen. Het pand heeft een hoge cultuurhistorische waarde waardoor de opdrachtgever de uitstraling van het huidige pand zoveel mogelijk wil behouden. Voor de gebruikers

van het pand is het belangrijk dat de uitstraling van het exterieur en de lichttoetreding en beleving vanuit het interieur behouden blijft, dit omdat de ruimten als atelierruimte gebruikt worden.

Het advies is gebaseerd op een uitgebreid onderzoek met betrekking tot circulaire principes, samenstelling en materiaalgebruik van de gevel. In de beginfase van het project worden er drie scenario's uitgewerkt tot ontwerpconcepten. Daarna wordt er in overleg met de opdrachtgever een ontwerpconcept uitgekozen om deze verder in detail uit te werken. Deze drie scenario's zijn renovatie met het intact houden van de gevel (scenario 1), renovatie met betrekking tot een aanpassing op de huidige gevel (scenario 2) en renovatie met betrekking tot totale vervanging van de huidige gevel (scenario 3). Afhankelijk van de keuze van één van de drie scenario's zal bepaald worden in hoeverre het gevelbeeld behouden blijft en welke financiële modellen kunnen worden toegepast in het eindontwerp.

1.4 Vraagstelling

Hoofdvraag: Op welke wijze kan er een circulair renovatieontwerp gemaakt worden voor de gevel van de Vlampijpateliers in Utrecht?

Deelvragen:

1. Wat is de huidige staat van het gebouw?
2. Welke circulaire principes zijn er voor het renoveren van een gevel?
3. Hoe zien de drie circulaire ontwerpconcepten van de gevel eruit?
4. Welke bouwkundige overwegingen en materiaalkeuzes moeten er gemaakt worden voor het circulaire eindontwerp?
5. Hoe kan het energieprestatieniveau voor het gekozen circulaire ontwerpconcept van de gevel toekomstbestendig gemaakt worden?
6. Welke financiële modellen kunnen worden toegepast in het eindontwerp?

2. Scope

Om de Vlampijpateliers energieneutraal te maken moet de gevel, het dak en de installaties in het gebouw volledig worden aangepakt. Dit onderzoek zal worden afgebakend tot de gevel en het dak. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende gebouwdelen deel A, deel B (trappenhuis) en deel C. Voor het trappenhuis (deel B), de kopgevel en het dak geldt dat dit wel benoemd wordt in het verslag maar minder gedetailleerd wordt uitgewerkt (zie figuur 2). In overleg met de opdrachtgever is besloten dat een EPC-berekening niet uitgevoerd zal worden, dit omdat alleen naar de buitenschil gekeken wordt. Na de renovatie moeten de gevel en het dak respectievelijk een minimale Rc-waarde hebben van 4,5 en 6,0. De focus ligt hierbij op energieneutraal met daarnaast zo veel mogelijk circulair.

3. Methodiek

Voor het beantwoorden van de hoofdvraag zijn meerdere technieken en methoden gebruikt, ook zijn relevante bronnen en vakliteratuur geraadpleegd. Deze zijn overzichtelijk weergegeven in tabel 1.

Per deelvraag is er beschreven welke informatie er nodig is om deze te kunnen beantwoorden. Vervolgens is er beschreven hoe deze bronnen voor het beantwoorden van de deelvragen verzameld zijn. Voor het verzamelen van gegevens is deskresearch uitgevoerd en zijn experts geraadpleegd. Tot slot is beschreven welke resultaten na de onderzoeken opgeleverd zijn. De gebruikte bronnen zijn in de bronnenlijst te zien.

3.1 Iteratie

Om de kwaliteit van het ontwerp te waarborgen wordt er één keer een iteratie uitgevoerd bij het maken van het ontwerp. Hierbij wordt het ontwerp twee weken voor de deadline afgemaakt en ingeleverd bij de docenten, opdrachtgever en een externe expert. Hierbij worden gerichte feedback gevraagd. Daarna is er twee weken de tijd om deze feedback te verwerken. Op deze manier wordt het ontwerp naar een hoger niveau getild.

Tabel 1: Methodiek tabel

Deelvraag	Wat nodig?	Hoe kom je eraan?	Opleverresultaat?
1. Wat is de huidige staat van het gebouw?	Geveltekeningen, foto's, referentietekeningen, referentiedetails, bouwkundig onderzoeksrapport, asbestinventarisatie en een gevelanalyse.	UVO, locatiebezoek. 4C Omhulling Gevelopeningen (Gessel, 2015) 4B Omhulling Gevels (Reijmers, 2015)	Analyse van de huidige staat van het gebouw. Constructieve detailtekeningen van gebouwdeel A, B en C.
2. Welke circulaire principes zijn er voor het renoveren van een gevel?	Verschillende voorbeelden voor het toepassen van circulaire maatregelen en principes voor circulair ontwerpen.	Deskresearch en literatuuronderzoek. Principes voor circulair ontwerpen (Rijkswaterstaat, 2018) Herbestemming Cultureel Erfgoed (BOEI, 2019) (Rodeca, 2019) Renovatie Industrieel Erfgoed	Circulaire principes voor het renoveren van een gevel.
3. Hoe zien de drie circulaire ontwerpconcepten van de gevel eruit?	Analyse van de huidige staat van het gebouw, de circulaire principes voor het renoveren van een gevel en analyse verschillende soorten gevels.	Antwoord van deelvraag 1 en 2. Verder door te brainstormen welke ideeën toepasbaar zijn, zoals de Intervamflats in Utrecht	Drie circulaire ontwerpconcepten van de gevel. Vooraanzichten en doorsneden van de gevel met foto's van referentieprojecten.

4. Hoe kan het energieprestatieniveau voor het gekozen circulaire ontwerpconcept van de gevel toekomstbestendig gemaakt worden?	Het onderzoeken van geveleigenschappen van verschillende gevels en het uitvoeren van berekeningen om de Rc-waarde te bepalen voor de gevel en het dak.	Deskresearch en literatuuronderzoek. Boek Bouwfysica (Linden, 2017)	Plan om het gekozen circulaire ontwerpconcept op energieprestatieniveau toekomstbestendig te maken.
5. Welke bouwkundige overwegingen moeten er gemaakt worden voor het circulaire eindontwerp?	Het raadplegen van literatuur over bouwtechnieken en materiaalonderzoek.	Deskresearch en literatuuronderzoek. 4B Omhulling Gevels (Reijmers, 2015). 4C Omhulling Gevelopeningen (Gessel, 2015), Tekeningprogramma SketchUp Pro, Tekeningprogramma AutoCAD.	Bouwkundig plan voor het gekozen circulaire ontwerpconcept.
6. Welke financiële modellen kunnen worden toegepast in het eindontwerp?	Het onderzoeken naar de mogelijkheden voor verschillende financiële modellen.	Deskresearch en literatuuronderzoek. Toekomstbestendig Vastgoed Bouwen (Heel, 2017)	Een onderzoek naar verschillende financiële modellen. Waarbij de mogelijkheden voor het gebouw in beeld worden gebracht.

3.2 Feedback expert

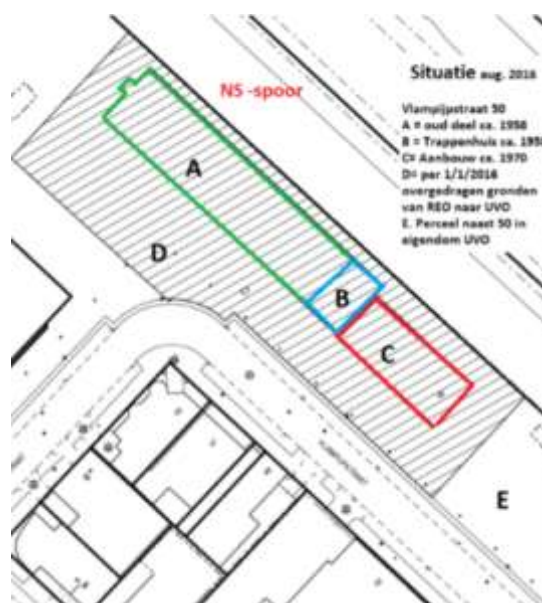
In week 7 heeft het projectteam Rogier Laterveer benaderd voor feedback op het eindproduct (bijlage 8). Uit de feedback kwam voort de link naar circulariteit goed te benadrukken en laten blijken met welke keuzes de R'en gerealiseerd worden. Tot slot stimuleerde Rogier de projectgroep meer materiaal te hergebruiken dan in het huidige ontwerp.

Na de meeting met Rogier laterveer heeft het projectteam besloten alle keuzes extra goed te onderbouwen op gebied van circulariteit waarin de R'en worden meegenomen. Daarnaast neemt het projectteam mee in het ontwerp om bakstenen her te gebruiken in de borstwering van gebouwdeel A.

4. Huidige staat

In dit hoofdstuk wordt de huidige staat van de Vlampijpateliërs in Utrecht geanalyseerd. Hierbij wordt toegelicht wat de functie van het pand is geweest. Hierna volgt een gedetailleerd onderzoek naar de opbouw van de gevel.

Het pand Vlampijpateliërs is gebouwd als onderdeel van het werkspoorterrein. Oorspronkelijk had het gebouw een kantoorfunctie, nu zijn er ateliers voor kunstenaars in gevestigd. De gemeente is lang van plan geweest om het pand te slopen, daarom is het niet goed onderhouden. Door het achterstallige onderhoud zijn er bouwkundige gebreken. Deze gebreken zitten voornamelijk in de buitenschil. Een simpele observatie gebaseerd op de NEN 2767 laat zien dat de gevel niet voldoet. De volledige conditiemeting is niet uitgevoerd wegens de omvang van het project. De gebreken bevinden zich voornamelijk in de Gevel. Er is scheurvorming in het metselwerk en het beton, loslatende verf op het plaatmateriaal, houtrot bij de kozijnen, roest bij het plaatmateriaal en kozijnen en overmatige begroeiing.



Figuur 2: Gebouwdelen

Het gebouw bestaat uit drie delen (zie figuur 2): het oude gedeelte dat is gebouwd in 1958, het trappenhuis ook uit 1958 en een aanbouw uit 1970. Deze bouwjaren zijn echter niet zeker. Het hele pand heeft een stalen constructie. Het verschil in gevels per bouwdeel wordt later in dit hoofdstuk besproken. De stalen constructie verschilt per bouwdeel.

Trappenhuis

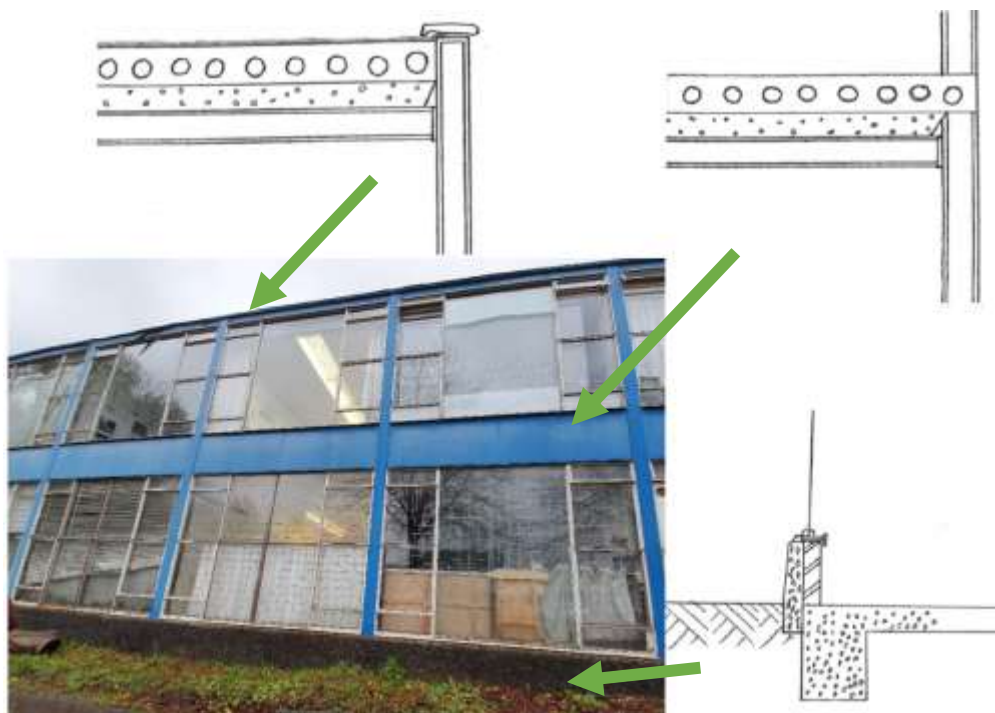
Het trappenhuis is tegelijkertijd gebouwd met het eerste deel uit 1958. De gevel van het trappenhuis bestaat uit beton, glas en HPL-platen in de stalen constructie. De deur en het kozijn zijn van hout.

Gebouwdeel A

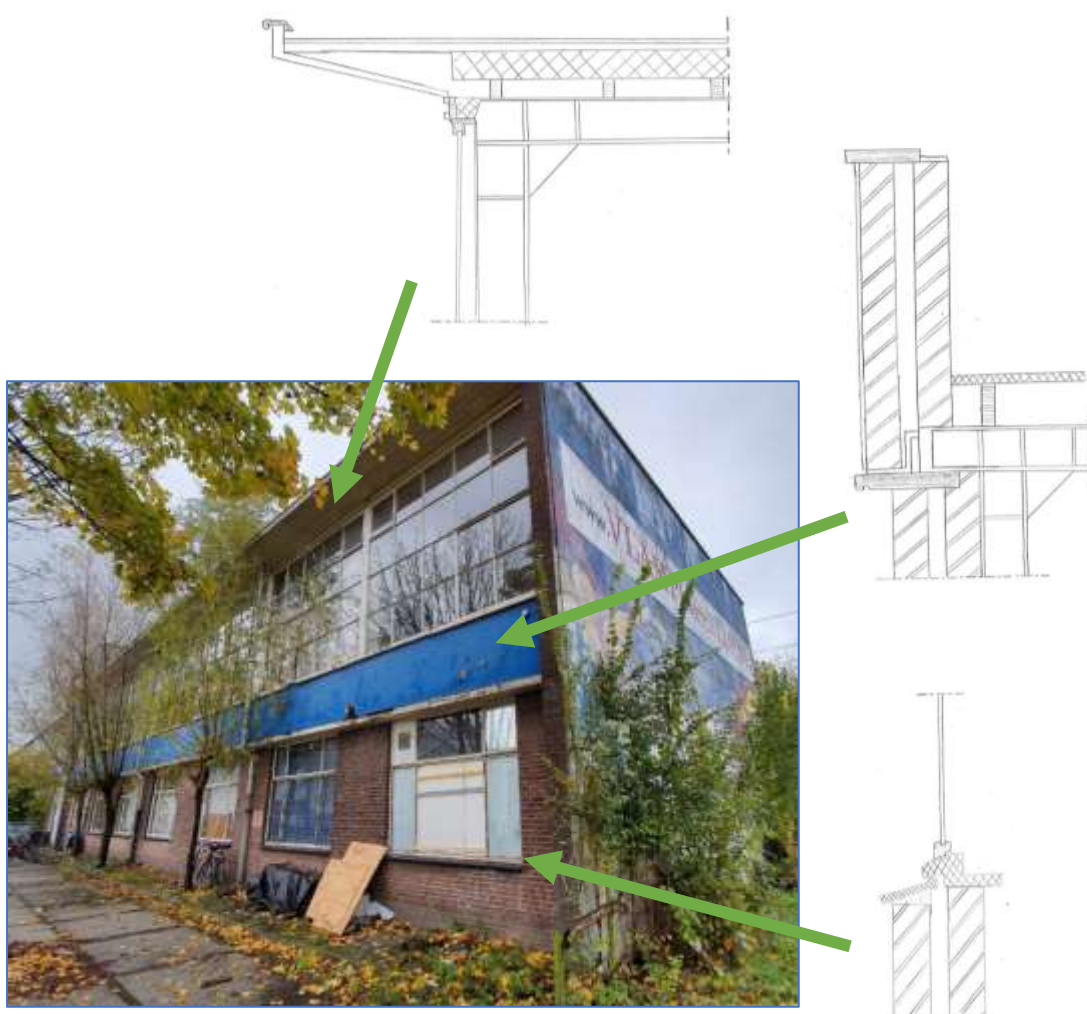
Gedeelte A van het gebouw is opgebouwd uit een staalconstructie dat is geplaatst op een betonnen randfundering. Zowel de begane grond als de eerste verdieping zijn beton. Op de begane grond is een betonnen opstand te vinden, hier staan de stalen kozijnen op. De overgang van de begane grond en de eerste verdieping is afgewerkt met stalen platen. Hier bovenop staan de stalen kozijnen van de eerste verdieping. Boven deze kozijnen is de dakrand te zien. Zowel de eerste verdiepingvloer als het dak bestaan uit een betonconstructie. Deze constructieve details zijn te zien in figuur 3. De huidige staat van dit gebouwdeel kenmerkt zich met slechte isolatie. De kozijnen en constructieve elementen werken als thermische bruggen. Ook zijn er tijdens locatiebezoeken meerderen gaten in de gevel gevonden. Daarnaast is er sprake van lekkage.

Gebouwdeel C

Net als gedeelte A is gedeelte C opgebouwd uit een staalconstructie. Op de begane grond is een metselwerk spouwmuur. In de metselwerk muren zijn stalen kozijnen die het enkel glas vasthouden. De staalconstructie draagt de eerste verdieping en het dak op de eerste verdieping. Op de eerste verdieping bedekken de stalen kozijnen met enkelglas de gehele gevel. De stalen kozijnen worden door de staalconstructie vastgehouden. De dakconstructie bestaat uit hout. Een overzicht van constructie details staan op figuur 4. Ook in dit gebouwdeel is er spraken van lekkage.



Figuur 3: Constructieve details gebouwdeel A



Figuur 4: Constructieve details gebouwdeel C

5. Circulaire principes

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvraag ‘Welke circulaire principes zijn er voor het renoveren van een gevel?’. Met circulaire principes worden de ontwerpprincipes preventie, waardebehoud en waardecreatie bedoeld (Rijkswaterstaat, 2018). Aan de hand van deze circulaire ontwerpprincipes kan bepaald worden welke het beste aansluiten bij het project Vlampijpateliers en wat het minste impact heeft op het milieu (zie figuur 5).



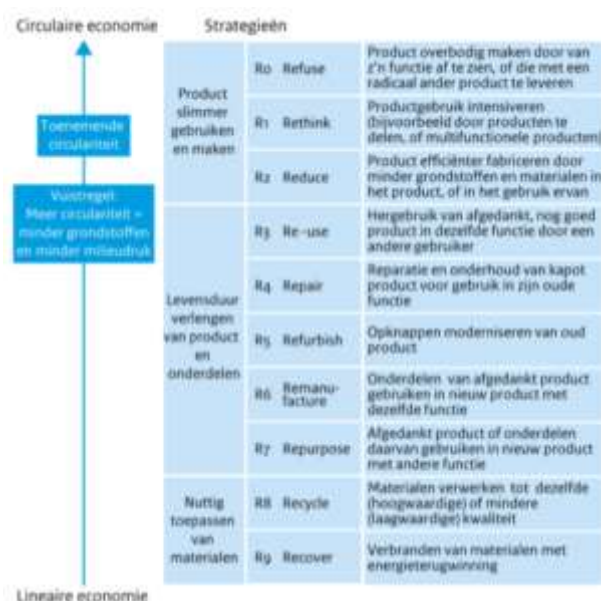
Figuur 5: Circulaire ontwerpprincipes, (Rijkswaterstaat, 2018)

Bij preventie wordt vooral gekeken naar wat voorkomen kan worden bij het renoveren van een gebouw. Per onderdeel wordt hierbij kritisch gekeken of vervanging of herstel echt nodig is en of het voldoende bijdraagt aan de functionaliteit.

Bij waardebehoud wordt bepaald hoe de levensduur van bestaande objecten verlengd kunnen worden of hoe gebruik gemaakt kan worden van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen.

Bij de circulaire principe waardecreatie wordt een ontwerp toekomstbestendig gemaakt of zo ontworpen dat het voor meerdere levenscycli bruikbaar is. Hierbij wordt ook rekening gehouden met beheer, onderhoud, duurzaam materiaalgebruik en met het energieverbruik tijdens de gebruiksfase.

Naast het toepassen van deze ontwerpprincipes wordt circulariteit ook in verschillende gradaties onderscheiden. In figuur 6 worden de 9 R'en van circulariteit weergegeven, waarbij Refuse, het voorkomen van het gebruik van grondstoffen (preventie) als hoogste uit de R'en naar voren komt en recover als laagste, waarbij materialen verbrand worden voor energierugwinning (S. Remmerswaal, 2017). In dit hoofdstuk is voornamelijk gekeken naar circulaire principes die toepasbaar kunnen zijn voor de Vlampijpateliers in Utrecht.



Figuur 6: Prioriteitsvolgorde van circulariteit (Planbureau voor de Leefomgeving, 2015)

5.1 Preventie

Preventie (Refuse) gaat over ‘voorkomen van’: niet doen wat echt niet hoeft. Het gaat hierbij vooral om het realiseren van een maximaal resultaat met de inzet van zo weinig mogelijk grondstoffen. Hierbij kan bijvoorbeeld de constructie en het interieur et cetera behouden blijven. Het materiaal blijft in het projectgebied en gebruik van nieuwe materialen wordt voorkomen.

5.2 Waardebehoud

Waardebehoud kan binnen de Vlampijpateliërs gerealiseerd worden door de levensduur van bestaande objecten te verlengen door renovatie (refurbish) en hergebruik van materialen. Met het hergebruik van materialen worden zowel de materialen die vrijkomen bedoelt als materialen die uit de omgeving vrijkomen en worden toegevoegd.

Hergebruik materialen

Bij het renoveren van de Vlampijpateliërs komt (enkel) glas, beton, metalen, metselwerk en kunststof als gebruikte bouwmaterialen beschikbaar. Het hergebruiken (Re-use) van materialen is beter voor het milieu dan recycling. Met recycling wordt het scheiden van grondstoffen bedoelt die na bewerking worden ingezet voor een soortelijk doel of kunnen worden toegepast voor andere doeleinden. Echter is het niet altijd mogelijk om een product direct te hergebruiken. Om het afvoeren van materialen zoveel mogelijk als afval te beperken worden onderstaande stappen geadviseerd:

1. Hergebruik van materialen in eigen gebouw of projectgebied (re-use, repair, refurbish en remanufacture)
2. Verkopen van de gebruikte bouwmaterialen of het inkopen van gebruikte bouwmaterialen
 - Oogstkaart van Superuse Studios (Studios, 2019), is een materiaal bemiddelingsplatform waar circulaire materialen, zoals industriële reststromen, materialen voor hergebruik en biobased materialen kunnen worden aangeboden en gezocht.
 - Gebruiktebouwmaterialen.com (Sloopbedrijven, 2019) verkoopt gebruikte bouwmaterialen. Naast de verkoop van deze materialen verwijdert dit bedrijf alle herbruikbare materialen uit de gebouwen, wordt elk herbruikbaar materiaal van een registratienummer voorzien en wordt er een kwaliteitscontrole uitgevoerd.
3. Terug levering aan de toeleverancier

In bijlage 1 is een overzicht weergegeven uit de handleiding ‘Materiaal Gedreven Opdrachtgeverschap’ van EBU (Dam, 2019). Dit overzicht geeft een indicatie van hoe goed materialen herbruikbaar zijn. Of hergebruik daadwerkelijk tot een lagere milieu-impact leidt dan de toepassing van nieuwe materialen hangt af van de mate van hergebruikbaarheid in combinatie met:

- De afstand die het materiaal af moet leggen;
- De verlenging van de levensduur;
- De benodigde bewerkingsslagen voor het aangeboden materiaal

5.3 Waardecreatie

Waardecreatie kan voor de Vlampijpateliers gerealiseerd worden door modulair te bouwen, het gebruik van demontabele technieken en biobased bouwen. Door dit toe te passen in een ontwerp, wordt rekening gehouden met de toekomstbestendigheid en kan er optimaal beheer en onderhoud uitgevoerd worden. Wanneer grondstoffen worden toegevoegd is het van belang om rekening te houden met de duurzaamheid en levenscyclus van deze grondstoffen.

Biobased bouwen

Biobased bouwen is een manier van bouwen waarbij bouwmaterialen afkomstig zijn uit de natuur. Hierbij worden hernieuwbare bouwgrondstoffen toegepast, die niet uitgeput kunnen raken. Voorbeelden van biobased bouwmaterialen zijn; hout, bamboe, vlas- en hennepvezel (isolatiemateriaal), stro, schapenwol, klei en leem.

Een voorbeeld van renovatie doormiddel van biobased materialen is een monumentaal schoolgebouw. De buitenmuren zijn hierbij aan de binnenzijde voorzien van een 6 cm dikke dampopen houtvezelplaat. De houtvezelplaat is afgewerkt met leemstuc en deels met kalkstuc. Deze constructie kan vocht bufferen (Biobased Bouwen, 2019). Bij de renovatie van een woning is ervoor gekozen om houtskeletbouw toe te passen met als gevelisolatie vlaswol. De gevelbekleding bestaat hierbij uit vezelcement (Biobased bouwen , 2019).

Modulair bouwen (Rethink en Reduce)

Modulair bouwen is een bouwtechniek waarbij een gebouw is opgebouwd doormiddel van verschillende modules. Een module wordt van tevoren in een fabriek geproduceerd en vervolgens op de bouwplaats in- en op elkaar gezet. Het gebouw hoeft alleen nog op de bouwplaats aangesloten te worden op het oorspronkelijke elektra en leidingwerk. Het voordeel van modulair bouwen is dat weersomstandigheden weinig impact hebben tijdens de bouw en de overlast van de bouwwerkzaamheden aanzienlijk worden beperkt. Het verschil tussen modulair bouwen en prefab bouwen, is dat bij prefab bouwen gebruikt wordt gemaakt van allerlei losse prefab elementen in plaats van modules. Naast dat flexibiliteit en snelheid kenmerken zijn van modulair bouwen, kunnen de modules ook goed hergebruikt worden.

Demontabele technieken (Rethink en Reduce)

Of een materiaal geschikt is om hergebruikt te worden hangt af van de gebruikte verbindingstechnieken binnen een constructie. Bij niet-losneembare verbindingstechnieken, zoals klinknagelverbindingen, lijmverbindingen et cetera, is het vaak niet mogelijk om een materiaal 'intact' te demonteren (intact wordt gedefinieerd als: de huidige staat van het onderdeel voordat het gedemonteerd wordt). Hierdoor neemt de waarde van dit materiaal af, wat zonde is in geval van hergebruik. Om deze reden is het van belang gebruik te maken van losneembare verbindingstechnieken zoals bout-moerverbindingen. Op deze manier kunnen constructies in slechte staat gedemonteerd worden en beschadigde of kapotte materialen vervangen worden door ongeschonden materialen. Hierdoor wordt onderhoud van constructies mogelijk en kunnen reststoffen uit constructies opnieuw worden ingezet in de bouwsector.

5.4 Conclusie circulaire principes

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op deelvraag 2: Welke circulaire principes zijn er voor het renoveren van een gevel?

Ten eerste acht de projectgroep waardebehoud als relevant circulair principe voor dit project. Dit is omdat door waardebehoud toe te passen circulariteit op verschillende vlakken gerealiseerd wordt. Door hergebruik van materialen op de Vlampijpateliers blijft de waarde van deze materialen behouden. Wanneer bij een onderdeel van een gevel of dak het niet mogelijk is de huidige materialen

her te gebruiken kunnen reststoffen van andere projecten worden ingezet. Door dit te doen blijft ook weer de waarde van deze reststoffen behouden. Door waardebehoud te stimuleren hoeven er minder nieuwe materialen worden ingezet waardoor het circulair principe preventie gerealiseerd wordt. Ook kan er bij preventie rekening gehouden in het ontwerp met geen overbodig materiaalgebruik. Dit is vooral van toepassing bij het inzetten van nieuwe materialen.

Als tweede wordt waardecreatie als relevant circulair principe geacht. Waardecreatie gaat vooral om door middel van bepaalde technieken waarde te creëren in producten. Door gebruik van bijvoorbeeld demontabele technieken kunnen gevel- en dakonderdelen toekomstbestendig gebouwd worden. Door dit te doen kan op korte termijn gemakkelijk onderhoud gepleegd worden en op langer termijn kunnen de materialen na de Vlampijpateliers elders een nieuw leven krijgen.

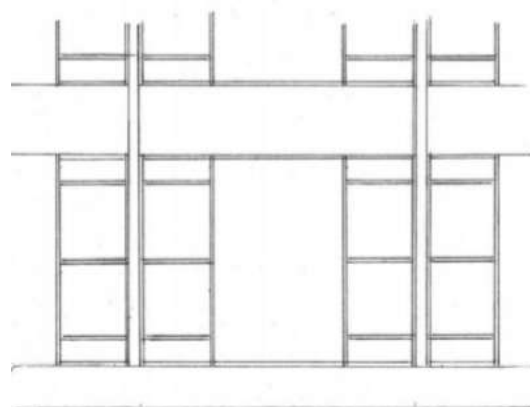
De conclusie is dat er drie circulaire principes zijn voor het renoveren van een gevel. Preventie, waarbij het inzetten van nieuwe materialen geminimaliseerd wordt. Waardebehoud, waar zoveel mogelijk materiaal uit de Vlampijpateliers en de omgeving wordt hergebruikt. Tot slot waardecreatie, waarbij alle gevel- en dakelementen op basis van losneembare verbindingen worden vorm gegeven.

6. Ontwerpconcepten

Om tot een uiteindelijk ontwerp te komen zijn er eerst drie varianten gemaakt. De varianten hebben na samenspraak met de opdrachtgever een eigen onderwerp gekregen: Renoveren van de gevel, een nieuwe gevel met hergebruikte materialen en een schil om de huidige gevel. Voor elke variant is een idee globaal uitgewerkt. Deze varianten zijn gepresenteerd met behulp van drie posters voor de opdrachtgever, vervolgens is er gezamenlijk een keuze gemaakt voor de variant die verder onderzocht en ontworpen wordt. Hieronder staan de verschillende varianten kort beschreven, de posters zijn te vinden in bijlage 2.

6.1 Variant 1 – Renoveren van de gevel

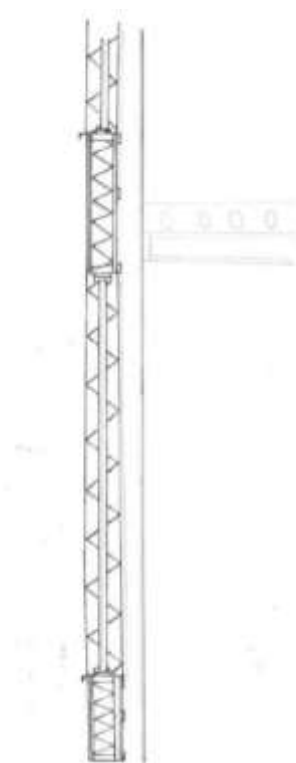
In deze variant is het de bedoeling de gevel zoveel mogelijk intact te houden. Circulair gezien is dit een goede optie omdat er zo minder nieuwe materialen gebruikt worden en de cirkel klein gehouden wordt. Om de gevel energetisch toekomstbestendig te maken is er echter een intensieve renovatie nodig. In deze variant is ervoor gekozen om in ieder geval de huidige stalen kozijnen te behouden. Deze hebben namelijk een erg groot aandeel in de uitstraling van het gebouw (zie figuur 7). De kozijnen hebben een groot glasoppervlak en zijn slank, dit zorgt voor veel lichtinval.



Figuur 7: Vooraanzicht variant 1

De kozijnen moeten aangepast en gerenoveerd worden, er zit veel roest op, er moeten nieuwe glaslatten in om het geschikt te maken voor HR++ en de aansluitingen moeten vernieuwd worden. Om het roest en de verf te verwijderen moeten de kozijnen op een andere locatie gezandstraald worden. Daarom wordt er in deze variant voor gekozen de gehele gevelelementen in de fabriek te maken. Ook omdat de borstwering grotendeels vervangt moet worden door de slechte staat en energieprestaties.

De opbouw van de borstweringen moeten nog bepaald worden. De afwerking hierbij is erg flexibel en bij het ontwerpen en de materiaalkeuze zijn veel mogelijkheden tot circulariteit. De gevel wordt in deze variant niet meer tussen de stalen constructie geplaatst, maar voor de stalen constructie. Voor de stalen constructie worden dan stroken isolatiemateriaal geplaatst. Hierdoor zal de thermische brug van de constructie verdwijnen (zie figuur 8). De grote voordelen van deze variant zijn dus dat er veel materialen in de gevel hergebruikt worden. Daarnaast blijft de uitstraling en de lichtinval hetzelfde. De gevel is doordat hij demontabel is bevestigd erg flexibel. Het nadeel van deze variant is dat er met het hergebruik van de huidige kozijnen ingeleverd wordt op de energetische prestaties van de gevel. Dit komt omdat er waarschijnlijk geen triple glas in de kozijnen gezet kan worden, maar HR++ glas. Ook kunnen de stalen kozijnen zorgen voor een thermische brug.



Figuur 8: Doorsnede variant 1

6.2 Variant 2 – Nieuwe gevel met hergebruikte materialen

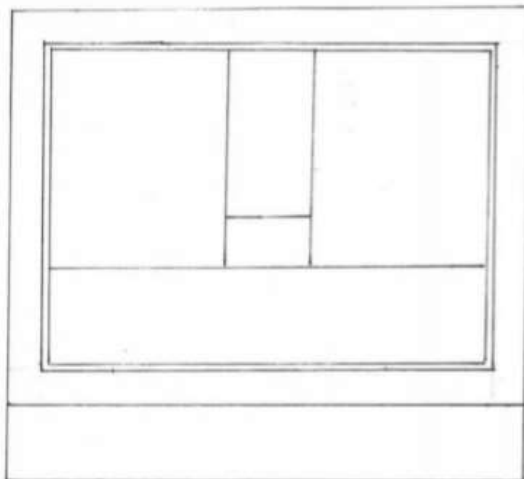
Bij variant 2 wordt de gehele gevel vervangen, waarbij zoveel mogelijk hergebruikte materialen worden gebruikt. De uitstraling van het gebouw zal in deze variant sterk veranderen. Bij renovatieprojecten van intervam-flats door Hemubo in Overvecht en Kanaleneiland te Utrecht komen kunststof kozijnen vrij (zie figuur 9). Deze kozijnen hebben geen nieuwe bestemming (volgens het lectoraat Hogeschool Utrecht), in variant 2 is het de bedoeling deze kozijnen een nieuw leven te geven in de gevel van de Vlampijpateliers.

De kozijnen worden in zijn geheel uit de huidige gevel van de renovatieprojecten verwijderd. Deze gevels zullen in de fabriek worden bewerkt en vervolgens gemonteerd in nieuwe gevelelementen. Deze gevelelementen zullen mechanisch bevestigd worden aan de stalen constructie van het pand. Het gebouw krijgt een nieuwe uitstraling doordat deze gevel over de gehele lengte van het gebouw loopt.

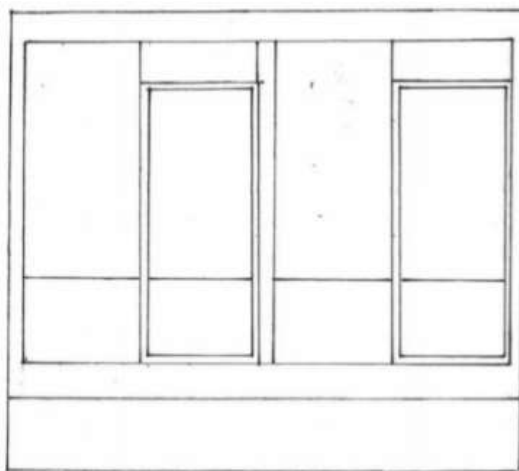
In figuur 10 is in tekeningen te zien hoe de kozijnen toegepast kunnen worden in de nieuwe gevel van het pand. Op de tekeningen is te zien dat het raamoppervlak zal afnemen ten opzichte van de huidige kozijnen. De panelen in de borstwering kunnen wel vervangen worden door glas. Hierdoor zal het verlies in glasoppervlak wel beperkt worden.



Intervam Flats (Hemubo, 2018)



Figuur 10: Hergebruikte kozijnen uit Intervam-flats



Figuur 9: Mogelijk vooraanzicht variant 2

De opbouw van de gevel moet nog nader bepaald worden. Op figuur 11 is te zien dat de nieuwe gevel net als bij variant 1 voor de stalen constructie zal geplaatst worden. Hier is voor gekozen om de koudebruggen die de kolommen van de constructie veroorzaken te verhelpen. Ook wordt hiermee de binnenkant van het pand niet aangetast.

Op de doorsnede van figuur 11 is ook te zien dat de uit de flats zijn toegepast. De opbouw van de gevel is hier indicatief weergegeven en kan nog aangepast worden bij het maken van het definitieve ontwerp.

Variant 2 kent verschillende voordelen. Het eerste en grootste voordeel is het toepassen van hergebruikte kozijnen, dit draagt bij aan een hoge circulariteit van het pand. Het volgende voordeel is de betere isolatiewaarde van de nieuwe gevel. Ook is de nieuwe gevel demontabel te plaatsen om de circulariteit van de gevel te waarborgen.

Nadelen van deze variant is het waarschijnlijk niet kunnen toepassen van triple glas in de hergebruikte kozijnen. Ook is er eerdergenoemd dat het raamoppervlakte afneemt en het pand een andere uitstraling zal hebben.



Figuur 11: Doorsnede gevel variant 2

6.3 Variant 3 – Een nieuwe schil om het huidige gebouw

Voor variant 3 is gekozen om een schil van glas om het gebouw te plaatsen. Deze schil, ook wel een tweede huid façade genoemd, wordt een meter van de huidige gevel gemonteerd. Tussen de twee lagen kan warme lucht zich verplaatsen ter bevordering van de isolatie, zonnewering en klimaat. Deze variant biedt de mogelijkheid om de huidige gevel volledig te behouden, alleen enkele noodzakelijke renovaties moet uitgevoerd worden.

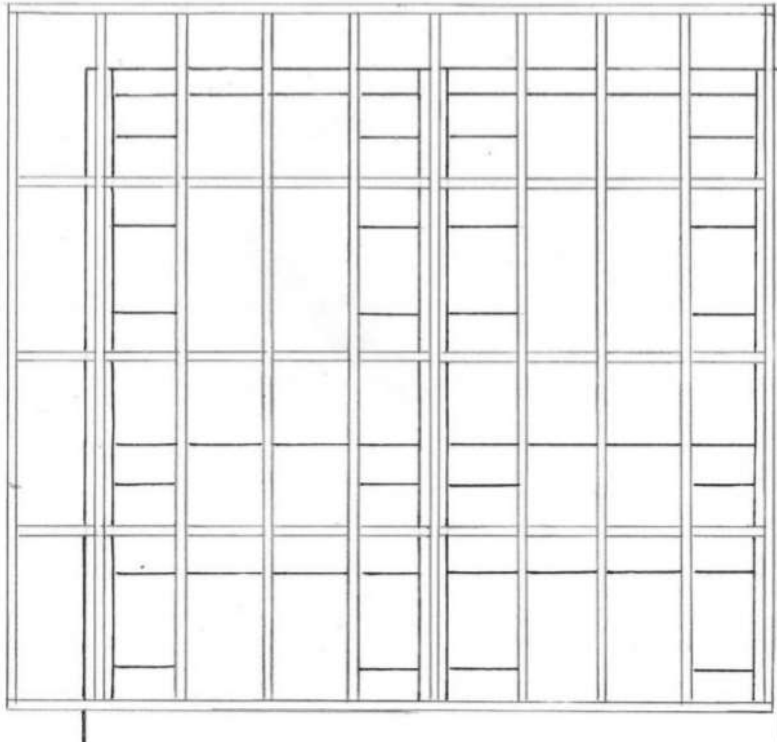
Bij dit ontwerp moet een keuze gemaakt worden voor het soort ventilatie. Er wordt geventileerd door de onder- en bovenkant van de schil te openen. Zo komt er koude lucht aan de onderkant binnen, de warmte van het gebouw wordt geabsorbeerd waardoor de lucht opwarmt en begint te stijgen om uiteindelijk via de opening in de bovenkant te ontsnappen. De luchtlaag tussen de huidige gevel en de tweede laag kan zowel op actieve als passieve manier geventileerd worden. Bij passieve ventilatie staan onder- en bovenkant permanent open waardoor het bovenstaande continu gebeurt. Bij actieve ventilatie zijn de openingen doormiddel van mechanische klepjes te regelen. Zo kan de gewenste temperatuur gemakkelijk bereikt worden. Nadeel van actieve ventilatie is de installatie die ervoor nodig is, en het toegevoegde onderop dat daarbij hoort.

Een tweede huid façade biedt echter weinig mogelijkheid om circulair te bouwen. De façade bestaat grotendeels uit glas, wat nieuw gemaakt moet worden. Het gebouw blijft echter vrijwel onaangetast achter de façade staan en niets doen aan het gebouw is natuurlijk het meest circulair. De constructie en de kozijnen kunnen met hernieuwbaar materiaal gemaakt worden. Wel kan deze nieuwe constructie op een modulaire manier ontworpen worden. Zo kan dezelfde schil in de toekomst aan een ander gebouw gemonteerd worden.

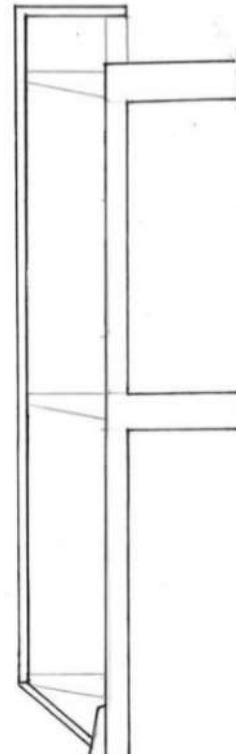
Om een idee te geven over hoe een tweede huid façade eruitziet zijn er in figuur 12 en 13 een tweetal tekeningen te zien. Te zien is hoe de huidige gevel nog te zien is achter de nieuwe façade. Ook is een mogelijkheid geschetst voor hoe de façade aan de huidige gevel gemonteerd kan worden.

De grootste voordelen van deze variant zijn het behouden van de huidige gevel, de hoeveelheid zonlicht en de isolatiewaarde. Zoals eerder benoemd hoeft er weinig aan de huidige situatie te

veranderen. Omdat de nieuwe façade uit glas bestaat blijft de toetreding van zonlicht hoog. Ook kan er energetisch veel gewonnen worden voor de verbeterde ventilatie, afhankelijk van of er actief of passief geventileerd wordt. Het grootste nadeel is dat er maar beperkt circulair gebouwd kan worden.



Figuur 12: Vooraanzicht tweede huid façade



Figuur 13: Doorsnede tweede huid façade

6.4 Overige onderdelen

Het dak, de kopgevel en het trappenhuis worden wel meegenomen in het uiteindelijke ontwerp maar op een lager detailniveau uitgewerkt. Onderstaand worden deze onderdelen verder beschreven.

Dak

Het dak is in een redelijke staat. Dit houdt in dat de opbouw van het dak van deel A en deel C behouden kunnen blijven. Om de benodigde Rc-waarde te kunnen behalen dient er isolatiemateriaal aangebracht te worden. Ook moet de dakbedekking worden vernieuwd. Door het toepassen van isolatiemateriaal dient de dakrand verhoogd te worden.

Kopgevel

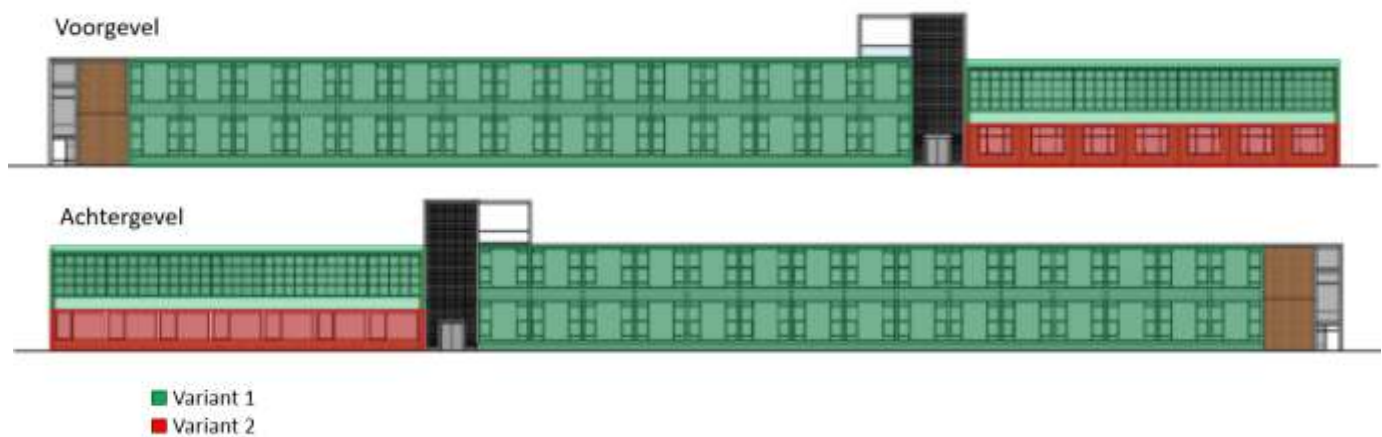
Het renoveren en isoleren van de kopgevel is op verschillende manieren mogelijk, zoals het toepassen van gevelisolatie met steen strips of het plaatsen van een glazen gevel (variant 3). Bij deze 2 varianten verandert het aanzicht van de kopgevel. Omdat de muurschildering graag behouden blijft, wordt er waarschijnlijk voor gekozen om de kopgevel van binnenuit te isoleren.

Trappenhuis

Wanneer de gevel van het trappenhuis geïsoleerd wordt gaat dat ten koste van het glas in de gevel. Daarom wordt er waarschijnlijk gekozen om het trappenhuis (deel B) intact te laten. Beide gebouwdelen A en C kunnen geïsoleerd worden aan de binnenzijde van het trappenhuis. Het trappenhuis wordt dan niet verwarmd. Ook is het mogelijk om aan de voor- en achterzijde van het trappenhuis een glazen gevel te plaatsen, zoals uitgelegd in variant 3.

6.5 Keuze definitief ontwerp

Op 10 december 2019 heeft de projectgroep de drie ontwerpvarianten gepresenteerd aan de adviseurs van UVO. Na de presentatie zijn de ontwerpvarianten gezamenlijk besproken en is er een ontwerpkeuze gemaakt.



Figuur 14: Toepassing type variant

Samen met de adviseurs is ervoor gekozen om variant 1 en 2 te combineren. Deze keuze is voornamelijk gebaseerd op het feit dat hergebruik van reststoffen interessant is voor dit project.

Bij variant 1 worden de stalen kozijnen hergebruikt waardoor ook de uitstraling gehouden blijft. Bij variant 2 wordt in samenwerking met externe partijen reststoffen opnieuw ingezet in de nieuwe gevel. Bij variant 1 en 2 geldt dat beide gevels opgebouwd kunnen worden met hergebruikte materialen of hernieuwbare materialen. Bij de renovatie van variant 3 zal enkel nieuw materiaal ingezet worden. Dit is op gebied van circulariteit minder interessant en is bij de ontwerpkeuze afgefallen.

Bij alle gevels met groot raamoppervlak wordt variant 1 toegepast. Bij de gevels met minder raamoppervlak en bakstenen muren wordt variant 2 toegepast, zie figuur 14.

7. Vrijkomende materialen

Bij het renoveren van de gevel en het dak komen er een aantal materialen vrij. In dit hoofdstuk wordt onderzocht in hoeverre de materialen opnieuw ingezet kunnen worden voor de Vlampijpateliers. Wanneer dit niet mogelijk is worden er alternatieven gegeven. Met name komen de materialen steen, staal en glas vrij. Hieronder wordt per type materiaal de mogelijkheid tot hergebruik gegeven.

Steen

De begane grond van gebouwdeel C bestaat gedeeltelijk uit baksteen. Er is gekozen om dit deel van het gebouw met variant 2 te renoveren. Dat betekent dat het baksteen uit de gevel vrijkomt. Bakstenen zijn op meerdere manieren te hergebruiken. Ideaal is directe hergebruik van de bakstenen. Hierbij wordt per baksteen de specie verwijderd zodat deze opnieuw geplaatst kan worden. Het schoonmaken van de bakstenen kan gedaan worden met een steenreiniger, een steenreiniger werkt doormiddel van beitels en borstels die het specie verwijderen zonder de bakstenen te beschadigen. Op deze manier kunnen de gereinigde bakstenen op locatie hergebruikt worden of worden doorverkocht. Nadeel van deze methoden is dat het handmatig verwijderen van specie per baksteen arbeidsintensief werk is, wat de slopende partij zelf moet doen (Boels rental, 2020).

Een alternatieve hergebruikmethode is om de bakstenen te laten slopen en er nieuwe van te maken. Dit is een minder circulaire oplossing maar heeft het voordeel dat door een externe partij gedaan kan worden. Het bedrijf StoneCycling maakt van sloopafval nieuwe bakstenen. Steenachtig afval van de Vlampijpateliers zoals bakstenen, stucwerk, tegels en beton uit de borstwering kan bij StoneCycling een nieuw leven krijgen (We make unique building materials from waste, 2019).

Staal

De stalen kozijnen spelen een grote rol in de te behouden uitstraling van het gebouw. Om deze reden worden de kozijnen zoveel mogelijk hergebruikt. In Gebouwdeel A en de eerste verdieping van gebouwdeel C worden de kozijnen behouden. Om de isolatiewaarden van de volledige ramen te verbeteren moeten deze gerenoveerd worden. Het enkel glas wordt verwijderd. De kozijnen moeten gezandstraald worden om de verf en roest te verwijderen. Vervolgens kan er HR++ geplaatst worden. Afhankelijk van de ruimte in de in de sponning van het kozijn kan het HR++ glas direct in het kozijn geplaatst worden (Glaswacht Den Haag, 2019). Als er niet genoeg ruimte op de sponning is moet het glas eerst in een kunststof omlijsting die vervolgens in het kozijn gemonteerd wordt (Glaspunt, sd) (Swinkels glas, sd).

Glas

In het gehele gebouw komt er ongeveer 950 m² aan enkel vlak glas vrij. Dit glas kan niet worden hergebruikt voor de renovatie. Het glas wordt ingeleverd en gerecycled bij glasrecyclebedrijven (Maltha maakt glas eindeloos, 2020). Glasrecyclebedrijven smelten het glas om en maken er nieuwe glasplaten van.

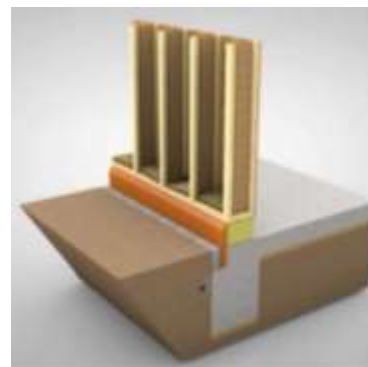
8. Circulaire bouwkundige overwegingen

In dit hoofdstuk wordt er gekeken naar het bouwkundige aspect van de renovatie. Er wordt onderzoek gedaan naar de verschillende type gevels en de geschikte bijbehorende materialen. Er wordt aan de hand van circulaire en energetische prestaties bepaald welk type gevel, isolatiemateriaal en afwerking het meest geschikt is.

8.1 Soort gevels

Houtskeletbouw (HSB)

Een buitengevel van HSB is opgebouwd uit houten stijl- en regelwerk profielen, waarbij tussen deze profielen isolatiemateriaal wordt aangebracht (zie figuur 15). Het type isolatiemateriaal is hierbij flexibel. De afwerking van de gevel is ook heel flexibel, er kunnen verschillende plaatmaterialen, houten delen of steenstrips gebruikt worden. In vergelijking met beton of traditionele metselwerk is HSB licht. Hout is een hernieuwbare grondstof en heeft een lange levensduur, maar is niet maatvast. Deze constructie is zowel modulair als demontabel toe te passen.



Figuur 15: Doorsnede Houtskeletbouw, (Hogeschool, 2019)

Geprefabriceerde betonnen gevels

Een prefab betonnen gevel wordt in de fabriek vervaardigd (zie figuur 16). Hierbij wordt de gevel al voorzien van isolatiemateriaal en kunnen de kozijnen direct in de gevel worden geplaatst. De betonnen gevel heeft weinig onderhoud nodig. Bij het plaatsen van een geprefabriceerde betonnen gevel moet rekening worden gehouden met de belasting van de gevel. Een betonnen gevel kan worden afgewerkt met tegels, baksteen en natuursteen. Beton heeft een extreem lange levensduur, en is samengesteld uit natuurlijke grondstoffen, die in de nabije omgeving verkrijgbaar zijn. Het is lastig om beton te hergebruiken, wel is het mogelijk om beton te recyclen. De betonnen gevels kunnen in modules worden opgebouwd en de bevestiging van deze gevel kan demontabel.



Figuur 16: Geprefabriceerde betonnen gevels (Berkela, sd)

Sandwichpanelen

Een sandwichpaneel is opgebouwd uit twee lagen waar tussen isolatiemateriaal is aangebracht (zie figuur 17). Sandwichpanelen kunnen horizontaal en verticaal worden aangebracht. Sandwichelementen kunnen hoge isolatiewaarde hebben, hiervoor is harde persing isolatie nodig is. Deze harde persing isolatie is lastig circulair te verkrijgen. De isolatie die zich tussen de platen bevindt is niet geluiddempend. Verder wordt geadviseerd om een kozijn te plaatsen dat door dezelfde fabrikant als de sandwichpanelen is gefabriceerd, voor een wind- en waterdichte montage. De sandwichpanelen kunnen zowel modulair als demontabel worden geplaatst. Het nadeel is hierbij is dat de voegen zichtbaar blijven en de panelen lastig te vervangen zijn.



Figuur 17: Sandwichpaneel (Benelux, sd)

Staalframebouw

De gevel van een stalen framebouw wordt als compleet element in de fabriek geproduceerd (zie figuur 18). Doordat staal erg sterk is kan tussen de stalen profielen isolatie worden aangebracht. Hierdoor is het mogelijk om slanker te bouwen en is een hoge geluidsisolatiewaarde (DB) haalbaar. De stalen elementen zijn en blijven maatvast en zijn ongevoelig voor schimmelvorming. Staal is onderhoudsarm en 100% recyclebaar. Het nadeel van staal is dat wijzigingen in de constructie lastig aan te brengen zijn.



Figuur 18: Staalframebouw (Industrieel bouwen, sd)

Metselwerk

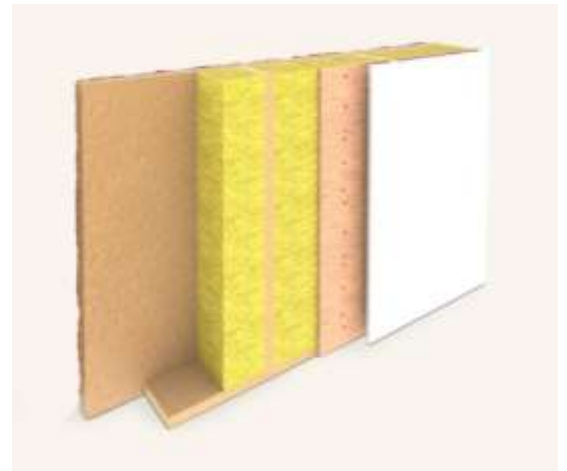
Een veel voorkomende bouwmethode is een gevel van metselwerk. Het binnenblad bestaat hierbij vaak uit blokken van kalkzandsteen en beton. Het buitenblad is opgebouwd uit metselwerk. Metselwerk bestaat uit stenen en specie. De voordelen van deze traditionele bouwmethode is dat het een lange levensduur heeft en maatvast is. Daarnaast is het flexibel in de soort afwerking van de gevel en heeft het goede thermische en akoestische eigenschappen. Het nadeel van het traditionele metselwerk is dat het niet modulair gebouwd kan worden en niet demontabel is. Ook is de opbouw van metselwerk weersafhankelijk en heeft het in vergelijking met de overige opties een langere bouwtijd (Supply, sd). Een alternatief voor het traditionele metselwerk zijn Clickbrick en Facadeclick bakstenen. Deze bakstenen worden met RVS-clips verankerd (Gevelconcept, 2019), bij Facadeclick worden de bakstenen als een legomuur op elkaar gestapeld (Facadeclick, 2019). Doordat er geen mortel of lijm nodig is kunnen deze bakstenen in de toekomst volledig hergebruikt worden. Wanneer gekozen wordt om deze alternatieven toe te passen, zijn hiervoor nieuwe bakstenen nodig terwijl de huidige bakstenen nog goed hergebruikt zouden kunnen worden.

Toelichting keuze houtskeletbouw

In de bijlage 3 is een tabel weergegeven, hierin staan de verschillende soorten gevels en de voor- en nadelen beschreven. De gevel bestaande uit een houtskeletbouw en staalframebouw komen het beste uit de tabel. Er is gekozen om de houtskeletbouw toe te passen voor zowel variant 1 als 2. Deze keuze is gebaseerd op de circulaire voordelen die een HSB met zich mee brengt. Een HSB is gemakkelijk te plaatsen en heeft een demontabel en modulair ontwerp waardoor **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** gerealiseerd wordt. Omdat de HSB-onderdelen samengesteld worden uit hernieuwbare materialen wordt 5.2 Waardebehoud gerealiseerd, dit is een voordeel tegenover een staalframebouw. Ook zijn de HSB-onderdelen gemakkelijk her te gebruiken omdat hout een flexibel materiaal is. Voor het hergebruiken van een staalframebouw moet het omgesmolten worden, dit kost meer energie dan bij het realiseren van een HSB-gevelelement. Tot slot wordt bij houtskeletbouw CO₂ opgeslagen in de gevel en bij staal is dat niet het geval.

8.2 HSB-gevelementen

De HSB-gevel (zie figuur 19) bestaat uit een houten raamwerk die aan beide kanten zijn afgedekt met een houten beplating als OGB-platen. Binnen deze beplating is isolatiemateriaal aangebracht. Voor de afwerking aan de binnenkant worden er gipsplaten aan de OGB-beplating bevestigd. De gevelafwerking aan de buitenkant is flexibel en wordt bevestigd met een kleine spouw ertussen met behulp van latten. Aan de OSB-platen aan de buitenkant wordt een dampopen waterdichte folie aangebracht en aan de OSB-plaat aan de binnenkant wordt een damp-remmende folie aangebracht, dit om vochtproblemen te voorkomen. Alle aansluitingen binnen het HSB-gevelement zijn mechanisch bevestigd, dit zorgt ervoor dat de gevel demontabel is. De gevel wordt ook mechanisch aan de stalen constructie bevestigd.



Figuur 19: HSB-gevelement (Dewaele woningbouw, 2018)

8.3 Materiaalkeuzes

In deze paragraaf komt de keuze in materiaal naar voren. Bij kozijnen, glas en overige materialen ligt de keuze al vast. Bij hout, isolatie en afwerking worden verschillende materialen tegenover elkaar uitgezet aan de hand van bepaalde criteria. Op basis hiervan worden de materialen gekozen.

Kozijnen

De kozijnen die gebruikt gaan worden in het project zijn hergebruikte kozijnen uit de Vlampijpateliers zelf en flats uit Overvecht of Kanaleneiland. De kozijnen uit de Vlampijpateliers zijn grote stalen kozijnen. De kunststof kozijnen komen uit toekomstige renovatieprojecten van intervam-flats uit Kanaleneiland of Overvecht uit Utrecht. Deze kunststofkozijnen moeten, nadat ze zorgvuldig uit de flats zijn gehaald, schoongemaakt worden. Daarna moet het glas vervangen worden en moeten er nieuwe strips worden toegepast. Vervolgens moeten de aansluitingen vernieuwd worden om het kozijn aan het HSB-element aan te sluiten. Het hergebruik van deze kozijnen maakt de nieuwe gevels erg circulair.

Glas

Het glas in de hergebruikte kozijnen moet in beide gevallen vervangen worden. In de stalen kozijnen zit dus enkel glas en in de kunststofkozijnen zit verouderd dubbel glas. Dit glas is moeilijk her te gebruiken daarom zal het gerecycled worden. Het nieuwe glas moet nieuw gemaakt worden, omdat deze op maat zijn.

Hout

Voor het HSB-element zijn houten balken en houten platen nodig. Hout is een hernieuwbaar materiaal en past daardoor goed in een circulair systeem. Voor de houten balken kan er gezocht worden voor reststoffen uit andere bouwprojecten. Het is echter niet gemakkelijk om een grote hoeveelheid geschikte balken te vinden voor de HSB-elementen. Daarom wordt ervanuit gegaan dat er ook nieuw hout toegepast moet worden.

De houten platen zijn nodig om het isolatiemateriaal op zijn plek te houden, vaak worden hier OSB-platen voor gebruikt. Deze zijn echter niet heel duurzaam, het zijn namelijk houtsnippers die met lijm aan mekaar verbonden zijn. Daardoor zijn ze slecht te recycleren. Een goed alternatief voor OSB-platen zijn OGB-platen. Deze platen zijn vergelijkbaar met OSB-platen echter zijn deze milieuvriendelijk

verlijmd en het hout is afkomstig van resthout (Eco Bouwen, 2019). Het grote voordeel van OGB-platen is dat ze bijzonder weinig kosten.

Isolatiemateriaal

De keuze in isolatiemateriaal hangt af van energetische en circulaire criteria. In bijlage 4 zijn verschillende isolatiematerialen met bijbehorende specificaties en eigenschappen weergegeven. Per isolatiemateriaal zijn de voor en nadelen opgesomd zodat deze goed met elkaar vergeleken kunnen worden. Om de materialen ten opzichte van elkaar te toetsen wordt er per aspect een score gegeven (-/+ / ++), zie tabel 2. In de totaalscore worden het aantal plussen en minnen gesommeerd.

Tabel 2: Scorematrix isolatiematerialen

Scorematrix isolatiematerialen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Isolatiewaarde	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+
Drukvast	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Natuurlijk	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Hernieuwbaar	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Recyclebaar	++	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Milieu impact	+	+	-	-	++	++	++	++	++	++	++
Groeisnelheid (plantaardig) product	-	-	-	-	+	++	+	++	++	+	+
Schadelijke/giftige stoffen	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Haalt CO ₂ uit de atmosfeer en slaat het op	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Totaal	0	-1	-4	-5	10	10	9	10	10	9	9

De isolatiematerialen Gutex (5), Isovlas (6) en HempFlax (8) scoren het best met een totaalscore van 10. Op basis hiervan kan een materiaalkeuze gemaakt worden.

De materiaalkeuze hangt af van de benodigde specificaties. Voor gevelisolatie zijn alle materialen toepasbaar. Voor dakisolatie daarentegen moet het materiaal druvast zijn. De drukvaste materialen zijn PIR (3), EPS (4) en Gutex (5). Gutex scoort ruim het beste van de drie, daarom wordt voor dakisolatie geadviseerd Gutex te gebruiken.

Voor gevelisolatie zijn geen drukvaste materialen nodig. Hierdoor zijn andere isolatiematerialen geschikter op gebied van circulariteit. De materialen Isovlas, HempFlax en ThermoNatur zijn gemaakt van de vezels van snelgroeïende vlas-, hennep- en juteplanten. Deze planten bereiken relatief snel in tegenstelling tot hout hun volwassen fase. In deze volwassen fase zijn de planten klaar om omgezet te worden in isolatiemateriaal. De planten slaan CO₂ op wat circulair is. Na het snoeien van de planten worden ze opnieuw geplant en zullen na korte tijd weer inzetbaar zijn als isolatiemateriaal waarin dan weer CO₂ is opgeslagen. Aangezien het aanzienlijk langer duurt voordat hout in bomen de volwassenfase hebben bereikt wordt er sneller CO₂ opgeslagen door gebruik van het isolatiemateriaal uit de planten met een snelle groeifase. Daarnaast hoeven er dan minder bomen gekapt te worden wat goed is voor het milieu. Om deze reden zijn Isovlas, HempFlax en ThermoNatur materialen die beter scoren op circulariteit.

De keuze in isolatiemateriaal voor de gevel gaat dus uit Isovlas, HempFlax en ThermoNatur. Isovlas en ThermoNatur hebben van deze drie materialen de beste isolatiewaarde. Omdat Isovlas uit één plantsoort bestaat in plaats van twee plantsoorten bij ThermoNatur wordt er gekozen voor Isovlas. Omdat ThermoNatur in de toekomst gescheiden zou moeten worden mocht het een andere functie krijgen dan kost dat extra energie en is dit minder circulair dan gebruik van Isovlas waarbij dat niet het

geval is. Het Isovlas isolatiemateriaal is ook te gebruiken als isolatie aan de binnenzijde van de kopgevel.

Door biobased materialen te gebruiken wordt waardebehoud binnen circulaire principes gerealiseerd. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** wordt gerealiseerd door de isolatiematerialen demontabel te ontwerpen door middel van mechanische bevestiging.

Gevelbekleding/plaatmateriaal

De keuze voor de afwerking van de gevel hangt van hoe groot de circulariteit is van het materiaal. Ook wordt er gekeken naar de uitstraling, hoe demontabel het materiaal is en hoe gemakkelijk het onderhoud is.

In bijlage 5 staan verschillende plaatmateriaal en afwerkingen. In tabel 3 zijn de verschillende materialen onder elkaar gezet. Met de materialen met elkaar te toetsen is er een score aan gebonden (-/+ / ++).

Tabel 3: Scorematrix afwerking/plaatmateriaal

Scorematrix afwerking/plaatmateriaal	1	2	3	4	5	6	7
Circulariteit	++	+	++	+	-	+	++
Uitstraling	++	+	-	-	+	++	-
Bevestiging op gevel	+	+	+	+	+	-	+
Demontabel	+	+	++	++	-	-	-
Onderhoud	+	-	+	+	-	-	+
Levensduur	++	+	+	+	+	+	+
Ecologische waarde	-	+	-	-	-	++	-
Totaal	8	4	5	4	-1	3	2

Het hergebruiken van het stalen plaatmateriaal van de huidige gevel scoort het beste met een totaalscore van 8. Door dit stalen plaatmateriaal opnieuw in te zetten in het gerenoveerde gebouw wordt waardebehoud binnen circulaire principes gerealiseerd. Dit stalen plaatmateriaal is bevestigd op de borstwering van de 1^e etage van gebouwdeel A. Er wordt geadviseerd de nieuwe HSB-gevelelementen ter plaatse van de borstwering op de 1^e etage van gebouwdeel A opnieuw af te werken met dit stalen plaatmateriaal.

Voor de afwerking van de overige HSB-elementen is er een alternatief plaatmateriaal nodig. Uit de scorematrix komt voort dat hout, HPL en composiet het beste scoren als alternatief plaatmateriaal voor de afwerking. Omdat de keuze uit deze materialen een grote invloed heeft op de uitstraling is de projectgroep ervan overtuigd dat de opdrachtgevers betrokken moeten worden in het maken van deze keuze. Om deze reden wordt de materiaalkeuze van de afwerking van de overige HSB-gevelelementen vooralsnog in het midden gelaten.

Voor gebouwgedeelte A is er voor de afwerking onder het kozijn van de begane grond een alternatieve afwerking gekozen. In hoofdstuk 0 is er besproken dat er verschillenden materialen vrijkomen. Eén van deze materialen zijn de metselwerk stenen, deze stenen zullen op deze locatie de nieuwe borstwering vormen. Hier is voor gekozen om de uitstraling te behouden en omdat het hergebruik van deze stenen erg circulair is. Voor het toepassen van de stenen is er alleen nieuwe specie nodig.

Overige materialen

De gevel bestaat grotendeels uit de bovenstaande materialen. Er zijn echter nog een aantal andere materialen die in de gevel voorkomen, deze worden hier kort beschreven.

Bevestigingsmaterialen

Ten eerste de bevestigingsmaterialen, het is van belang dat er losneembare bevestigingstechnieken worden gebruikt. Met bijvoorbeeld mechanische verbindingen kan de gevel makkelijk uit elkaar gehaald worden of van de constructie gehaald worden. Dit zorgt voor een modulaire gevel, hierbij kunnen makkelijk onderdelen vervangen worden zonder dat er materialen gesloopt hoeven te worden. Met gebruik van niet-losneembare bevestigingstechnieken, zoals lijm, kan de gevel heel moeilijker aangepast worden. De gehele levensduur van de gevel kan dan dus veel korter worden. Losneembare bevestigingstechnieken realiseren **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en zorgen dus voor een veel duurzamere gevel.

Luchtdichting

Het is van belang dat de nieuwe gevel qua luchtdichting minimaal aan de eisen van het bouwbesluit voldoet. Er moet dubbele kierdichting toegepast worden bij de ramen en deuren. Ook moeten er luchtdichte strips tussen de gevelelementen komen. Deze simpele ingreep kan voor veel energiebesparing zorgen. Het is hierbij dus van belang dat er zorgvuldig gedetailleerd moet worden bij het ontwerpen van de nieuwe gevel.

Beplating binnenzijde HSB-gevel

Voor de afwerking aan de binnenkant van de HSB-gevel wordt een beplating gekozen. Deze kunnen in tegenstelling van bijvoorbeeld stucwerk makkelijk gedemonteerd worden. Voor dit ontwerp is er gekozen voor het gebruik van Synthetische gipsplaten. Dit is een restproduct van bijvoorbeeld kolencentrales en het is oneindig te hergebruiken, hierdoor is het een duurzaam materiaal en door gebruik hiervan wordt waardebehoud gerealiseerd (KNAUF, 2019).

Vensterbanken

Bij de komst van een nieuwe gevel komen er ook nieuwe vensterbanken. Er wordt geadviseerd om de huidige vensterbanken te hergebruiken. Er is echter te weinig kennis over de huidige vensterbanken om te beoordelen of dit mogelijk is. Dit heeft dus nader onderzoek nodig.

Folies

Om vochtproblemen te voorkomen in de HSB-gevel moeten er folies worden toegepast in de gevel. Aan de binnenkant van de gevel wordt een damp-remmende folie toegepast. Aan de buitenzijde van de gevel, achter de gevelbekleding, wordt waterdichte en dampopen folie aangebracht. Deze folies zullen waarschijnlijk nieuw gekocht moeten worden.

9. Energieprestatie definitief ontwerp

Er is vastgesteld dat de HSB-gevel wordt opgebouwd uit OGB ($\lambda = 0,10 \text{ W/mK}$) en Isovlas ($\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$). Met de isolatiewaardes van deze materialen kan berekend worden welke dikte isolatiemateriaal nodig is om de eisen omtrent de Rc-waarde te behalen. Bij deze berekeningen worden koudebruggen buiten beschouwing gelaten.

Na de renovatie moet de gevel een Rc-waarde van 4,5 hebben. Om materiaal te besparen wordt de smalle OGB-plaat gebruikt in de HSB-gevel. De OGB-plaat is 12 mm dik en heeft zoals eerdergenoemd een isolatiewaarde van $0,10 \text{ W/mK}$. Met deze gegevens kan de dikte van het isolatiemateriaal berekend worden:

Berekening gevelisolatie

$$R_{c \text{ gevel}} = \sum \frac{d}{\lambda} = 4,5$$

$$d_1 = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 0,10 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_2 = 0,038 \text{ W/mK}$$

$$4,5 = \sum \frac{d}{\lambda} = 2 \left(\frac{0,012}{0,10} \right) + \frac{d_2}{0,038}$$

$$d_2 = \left(4,5 - 2 \left(\frac{0,012}{0,10} \right) \right) * 0,038 = 0,162 \text{ m} = 162 \text{ mm}$$

De dikte van het Isovlas isolatiemateriaal moet dus minimaal 162 mm zijn om de vereiste Rc-waarde van de gevel te halen.

Na de renovatie moet het dak een Rc-waarde van 6,0 hebben. Het dak wordt geïsoleerd met het drukvaste Gutex isolatiemateriaal ($\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$). Met deze gegevens kan de benodigde dikte van het isolatiemateriaal berekend worden.

Berekening dakisolatie

$$R_{c \text{ dak}} = \sum \frac{d}{\lambda} = 6,0$$

$$\lambda_3 = 0,10 \text{ W/mK}$$

$$d_3 = R_{c \text{ dak}} * \lambda_3 = 6,0 * 0,038 = 0,228 \text{ m} = 228 \text{ mm}$$

De dikte van het Gutex isolatiemateriaal moet dus minimaal 228 mm zijn om de vereiste Rc-waarde van het dak te halen.

Door de materiaaldiktes, die hierboven berekend zijn, toe te passen zullen de vooraf vastgestelde Rc-waardes behaald worden. Bij het behalen van deze Rc-waardes zal het energieprestatieniveau bevorderd worden en wordt het gebouw toekomstbestendig (definitie toekomstbestendig: een product met een vernieuwende uitstraling die voldoet aan de eisen van nu, waardoor deze weer een lange tijd mee gaat). De berekende materiaaldiktes worden meegenomen in het nieuwe ontwerp.

10. Opbouw gevel

In dit hoofdstuk wordt het ontwerp van de gevels weergegeven doormiddel van doorsnedes met onderbouwing en een 3D-impressie.

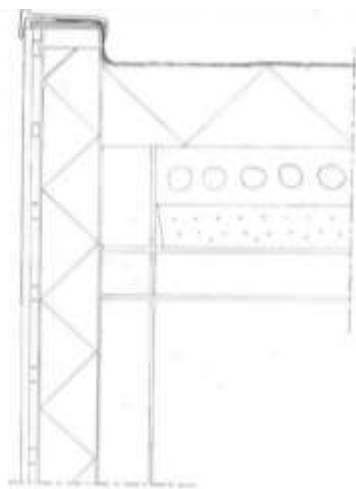
10.1 Opbouw gevel gebouwdeel A

Bij gebouwdeel A wordt de gevel vervangen door een HSB-gevel waarin de huidige stalen kozijnen worden hergebruikt (variant 1). De HSB-gevelelementen worden voor de stalen constructie geplaatst. Hierdoor zal de huidige thermische brug van de constructie verdwijnen. De gevelelementen worden mechanisch bevestigd aan de stalen constructie van het gebouw.

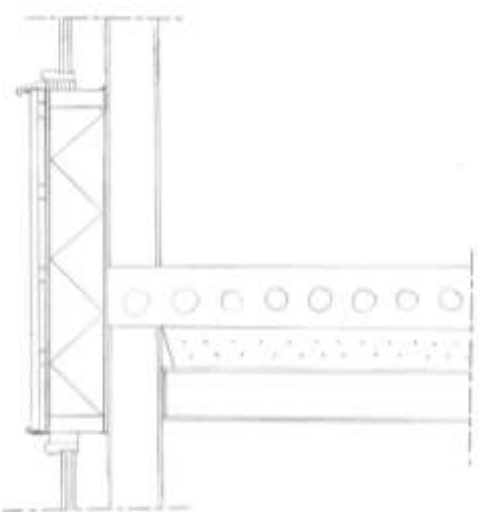
De borstwering van de begane grond bestaat uit een spouwmuur (zie figuur 22) waarvan de bakstenen hergebruikt zijn uit de gevel van de begane grond van gebouwdeel C. De behandeling van deze bakstenen wordt besproken in hoofdstuk 7. Het binnenspouwblad staat tegen de binnenkant van de stalenconstructie aan, deze bestaat ook uit de hergebruikte bakstenen. De bakstenen zijn 10 centimeter breed, dat is dus ook de breedte van de spouwbladen. Voor het isolatiemateriaal in de spouwmuur is Isovlas gebruikt met een dikte van 17 centimeter. De spouw zelf is 9 centimeter breed.

De HSB-gevelelementen worden bovenop de spouwmuur geplaatst en mechanisch tegen de stalen constructie bevestigd. De gevelelementen worden prefab geleverd. Nadat de stalen kozijnen zijn gezandstraald en geschilderd worden er nieuwe verbindingen opgezet. Ook worden de glaslatten vervangen waardoor de sponning groter wordt, hierdoor kan er HR++ glas ingezet worden. Vervolgens worden de kozijnen in de gevelelementen geplaatst. De opbouw van de HSB-gevel wordt weergegeven in figuur 21. In paragraaf 8.2 is de opbouw van de HSB-gevel verder toegelicht. Als gevelafwerking wordt op de borstwering van verdieping 1 gebruik gemaakt van de huidige stalen platen. Deze stalen beplating moet wel worden opgeknapt.

Om het dak te isoleren komt er op het dak een isolatielaag van 23 centimeter, dit wordt verder toegelicht in paragraaf 10.3. Door deze verhoging van het dak moet de dakrand ook verhoogd worden. De verhoging van de dakrand is opgelost door de HSB-gevel 25 centimeter door te laten lopen (zie figuur 20). De gevel zal hier afgewerkt worden met een duurzaam plaatmateriaal die dezelfde uitstraling en kleur heeft als de hergebruikte stalen beplating.



Figuur 20: Doorsnede dakrand gebouwdeel A



Figuur 21
gebouwdeel A



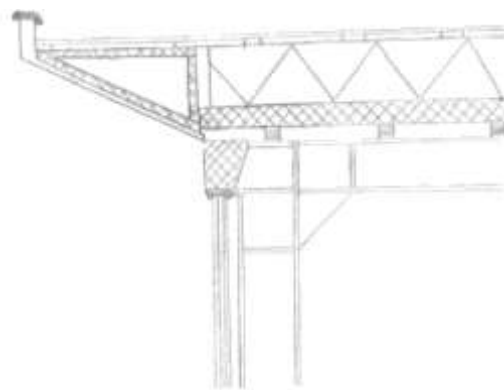
10.2 Opbouw gevel gebouwdeel C

In de figuren hiernaast is de gevelopbouw van gebouwdeel C weergegeven. De gevel van gebouwdeel C bestaat uit twee varianten, variant 1 en 2. De gevel van de begane grond is variant 2 en de eerste verdieping is variant 1 toegepast.

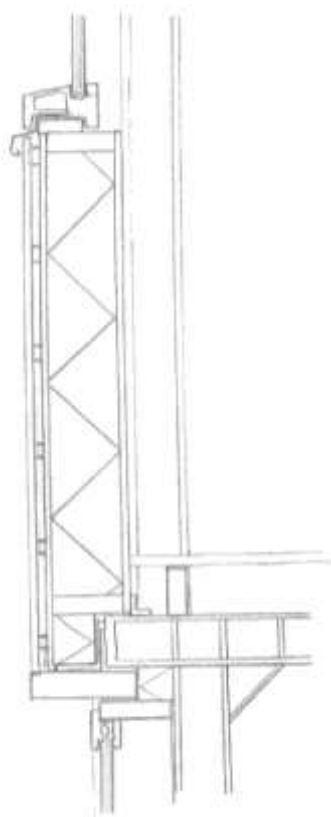
In gevel van de begane grond zijn de kozijnelementen hergebruikt die vrijkomen bij renovaties van de intervam-flats in Utrecht. Deze kozijnen passen erg goed tussen de kolommen achter de gevel, dit is goed te zien in het impressiebeeld in. De kozijnen worden schoongemaakt en behandeld. Hierdoor zullen ze er weer als nieuw uitzien. Het glas moet vervangen worden door HR++ glas. De aansluitingen en de luchtdichting in de kozijnen zullen vernieuwd moeten worden. Ook in de borstwering van deze kozijnelementen is het mogelijk om glas aan te brengen, hierdoor zal het glasoppervlak sterk toenemen. De kozijnen worden omkaderd door een houten constructie, deze wordt vervolgens mechanisch verbonden aan de stalen constructie van het gebouw. De ruimtes die voor de kolommen ontstaan worden opgevuld met het isolatiemateriaal Isovlas. Onder de kozijnelementen, ten hoogte van het maaiveld, wordt een harde isolatielaag geplaatst (zie figuur 25). Deze isolatielaag wordt beschermd door een kantplank die hiervoor is geplaatst.

Voor de gevel van verdieping 1 is variant 1 gebruikt. Ook deze stalen kozijnen worden opgeknapt zoals ze bij gebouwdeel A opgeknapt worden. Deze kozijnen worden ook tussen HSB-gevelelementen geplaatst. In gebouwdeel C kunnen de HSB-elementen bovenop de stalen constructie geplaatst worden omdat deze iets uitsteekt (zie figuur 24). Voor de gevelbekleding is gekozen voor rabatdelen. Het is ten eerste een hernieuwbaar product, ook kan hiermee aangetoond worden dat de gevelbekleding en uitstraling flexibel is.

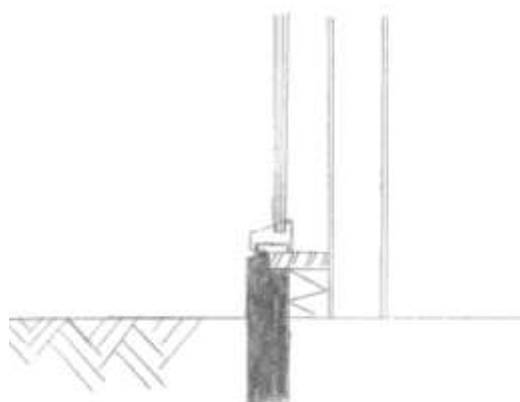
Net zoals gebouwdeel A wordt het dak door de nieuwe isolatielaag een stuk hoger (zie figuur 23). Hierdoor moet de dakrand ook aangepast worden. De houten dakrand die er nu zit moet door al het houtrot nu ook vervangen worden. Het idee is om een vergelijkbare houten constructie te maken als nieuwe dakrand. Deze dakrand zal wel een iets andere opbouw krijgen doordat die hoger zal worden.



Figuur 23: Doorsnede dakrand gebouwdeel C



Figuur 24: Doorsnede borstwering verdieping 1 gebouwdeel C



Figuur 25: Doorsnede borstwering begane grond gebouwdeel C

10.3 Kopgevel, dak en Trappenhuis

Met het ontwerp is de focus gelegd op de langsgevels van gebouwdeel A en C. De rest van de gebouwschil heeft minder aandacht gekregen. Dit is met de afbakening van het onderzoek bewust gekozen omdat er beperkte tijd is. Wel is dit onderdeel meegenomen met het ontwerpproces en is er een aanbeveling opgesteld. Deze aanbevelingen hebben echter wel nader onderzoek nodig.

Kopgevel

Om de uitstraling van het pand te behouden zou de kopgevels aan de buitenkant eigenlijk intact gehouden moeten worden. De muurschildering aan de buitenkant van de gevel heeft namelijk een groot aandeel aan de uitstraling. Daarom wordt er geadviseerd om aan de binnenkant van de kopgevel te isoleren. Hierbij zal er een isolatielaag aangebracht moeten worden in de ruimtes tegen de kopgevel aan. Ook zou de spouw van de kopgevel gevuld kunnen worden met isolatiemateriaal. Het vullen van de spouw met isolatiemateriaal alleen zal echter niet voldoende zijn om de energieprestaties te behalen.

Dak

Er is vanuit gegaan dat de dakconstructie nog van een goede kwaliteit is. Daarom hoeft er alleen maar een isolatielaag en nieuwe dakbedekking aangebracht worden. Bij een plat dak is het makkelijker om de isolatielaag bovenop het dak te plaatsen. Bij een warm dak wordt namelijk het dak minder blootgesteld aan temperatuurschommelingen, kunnen thermische bruggen makkelijker voorkomen worden en hoeft het plafond niet verlaagd te worden. Daarom wordt er aanbevolen bovenop het dakisolatie materiaal te plaatsen met een nieuwe dakbedekking daarbovenop.

Bovenop het dak moet drukvaste isolatie geplaatst worden omdat er mensen op het dak moeten kunnen staan. Uit onderzoek naar duurzame circulaire isolatiematerialen in paragraaf 8.3 is gebleken dat het drukvaste isolatiemateriaal van houtvezel van Gutex het meest geschikt is voor het dak. Daarop wordt bitumendakbedekking gelegd. Eerder in dit hoofdstuk staat de opbouw van het dak weergegeven in figuur 3 en 4. Bij een verhoging van het dak moet de dakrand ook verhoogd worden, ook dit wordt eerder besproken in dit hoofdstuk.

Trappenhuis

Voor het trappenhuis zijn er twee verschillende aanbevelingen opgesteld. Het eerste advies bestaat uit het toepassen van variant 3 (paragraaf 6.3). Hierbij wordt er een schil van glas of tweede huid façade om de gehele gevel geplaatst. Deze renovatie methode is gekozen zodat de huidige staat behouden blijft. Ook brengt deze methode verschillende voordelen mee die in paragraaf 6.3 benoemd zijn.

De tweede aanbeveling is het niet grondig renoveren van de gevel van het trappenhuis. Op deze manier wordt de huidige uitstraling behouden en worden er kosten bespaard. Ook is niets doen de meest circulaire optie. Bij deze methode zullen bij gebouwdelen A en C de binnenmuren geïsoleerd worden. Hierbij worden deze bouwdelen gescheiden van het trappenhuis en apart verwarmd. Het trappenhuis wordt in deze situatie dan niet verwarmd. Hier is voor gekozen omdat het trappenhuis alleen fungeert als entree, daarom is het voor de gebruikers van het pand niet nodig om deze te verwarmen.

10.4 3D-impressie



Figuur 26: 3D impressie voorgevel



Figuur 27: 3D impressie achtergevel

In de bovenstaande figuren staan de voor- en achtergevels van het ontwerp 3D weergegeven. Er zijn zowel van de huidige situatie en het ontwerp 3D modellen gemaakt. Dit met gebruik van de programma's SketchUp en Lumion pro. Meerdere beelden en vergelijkingen zijn in bijlage 9 te zien.

11. Financiële modellen

Door rekening te houden met de levensduur van producten, de toepassing van materialen en het maximale uit bestaande gebouwen te halen is het mogelijk om van een lineaire take-make-waste economie over te stappen naar een circulaire economie. Voor het toekomstbestendig bouwen van vastgoed maakt ABN-AMRO gebruik van vijf circulaire verdienmodellen, zie figuur 28 (Heel, 2017). Nadat alle circulaire verdienmodellen zijn toegelicht wordt gekeken welke verdienmodellen geschikt zijn om toe te passen voor de Vlampijpateliers, waardoor antwoord wordt gegeven de vraag: *‘Welke financiële modellen kunnen worden toegepast in het eindontwerp’*.



Figuur 28: Circulaire Verdien modellen (ABN AMRO, 2017)

11.1 Circulaire inputs

Grondstoffen, producten en materialen worden bij een circulaire economie zo ingezet dat ze waarde opleveren voor, tijdens en na gebruik, worden biobased materialen, direct hergebruik van bestaande bouwelementen en recycling bedoelt. Giftige stoffen of niet-recyclebare materialen worden niet toegepast. Vanaf de ontwerpfase wordt rekening gehouden hoe grondstoffen kunnen bijdragen aan de leefbaarheid van een gebouw tijdens de gebruiksfase en wordt nagedacht over het eind van de gebruiksduur. Voor slopers en recyclers, veranderen gebouwen in rijke grondstoffenbanken, zij worden grondstoffenleveranciers. De handelaren in bouwmaterialen worden ketenregisseurs.

- + Terugdringen afvalproblemen
- + Meer zicht op de retourestromen en restwaarde
- Concurrentie met bestaande of alternatieve grondstoffen/producten
- Beschikbaarheid vraag en aanbod
- Afhankelijk van ketenpartners
- Onzekerheid productspecificaties

Mogelijkheden voor circulaire inputs Vlampijpateliers:

- Gevelisolatie van Isohlas, biobased op basis van een vlasplant
- Het toepassen van HSB-elementen, hernieuwbaar en afkomstig uit andere bouwprojecten
- Het toepassen van OGB-platen, bestaat uit resthout en is milieuvriendelijk verlijmd
- Het toepassen van Gutex als dakisolatie
- Hergebruik van kunststof kozijnen afkomstig van Intervam-flats uit Utrecht

11.2 Product-dienstsysteem

Met een product-dienstsysteem blijft de producent eigenaar van een product en wordt een dienst geleverd aan de consument. Het voordeel van een product-dienstsysteem is dat de producent het product zo ontwerpt, dat het naast een lange levensduur makkelijk te repareren is en de restwaarde maximaal is. Dit leidt tot een optimale inzet van het product en grondstoffen. Er zijn meerdere varianten van een product dienstsysteem, namelijk het verkopen van een product waarbij diensten worden aangeboden, ook wel leasen genoemd. Hierbij wordt de zorg van de consumenten weggenomen. Dit kan door middel van pay-per-use of pay-per-output/performance. Wanneer de contractduur is afgelopen, neemt de producent het product terug voor hergebruik, de producent blijft hierbij eigenaar. Een andere optie bij een product-dienstsysteem zou remanufacture kunnen zijn,

waarbij na gebruik onderdelen gebruikt worden om een ander product aan te bieden. Hier zou mogelijk een leasemodel op aan kunnen sluiten (S. Remmerswaal, 2017).

Met een product-dienstsysteem blijft de producent eigenaar van een product en wordt een dienst geleverd aan de consument. Het voordeel van een product-dienstsysteem is dat de producent het product zo ontwerpt, dat het naast een lange levensduur makkelijk te repareren is en de restwaarde maximaal is. Dit leidt tot een optimale inzet van het product en grondstoffen. Er zijn meerdere varianten van een product dienstsysteem, namelijk het verkopen van een product waarbij diensten worden aangeboden, ook wel leasen genoemd. Hierbij wordt de zorg van de consumenten weggenomen. Dit kan door middel van pay-per-use of pay-per-output/performance. Wanneer de contractduur is afgelopen, neemt de producent het product terug voor hergebruik, de producent blijft hierbij eigenaar. Een andere optie bij een product-dienstsysteem zou remanufacture kunnen zijn, waarbij na gebruik onderdelen gebruikt worden om een ander product aan te bieden. Hier zou mogelijk een leasemodel op aan kunnen sluiten (S. Remmerswaal, 2017).

- + Lange termijnrelatie met de klant
- + Voorspelbare inkomsten
- + Slimmer gebruik van het product door beter ontwerp, onderhoud en gebruik
- + Informatie over de materialen en het product, producent blijft eigenaar
- + Waardering van de reststroom
- Afhankelijkheid ketenpartners

Mogelijkheden product-dienstsysteem voor het ontwerp Vlampijpateliërs:

- Water als dienst
- Klimatelementen
- Zonnepanelen
- Verlichting
- Gevels, wel is hierbij de vraag of een bedrijf een product-dienstsysteem zou willen aanbieden op gerenoveerde kozijnen.

11.3 Levensduurverlenging

Levensduurverlenging gaat over het behouden en verlengen van de levensduur door onderhoud, reparatie, revisie en renovatie. Bestaande gebouwen moeten waarbij dat mogelijk is gerestaureerd, gerenoveerd of getransformeerd worden (waardebehoud)^{5.2} Waardebehoud. Om de gebruiksduur van een gebouw te verlengen dient al bij de bouw van een gebouw rekening gehouden te worden met de levenscyclus (rethink), waarbij verschillende ontwerpprincipes worden toegepast. De verschillende ontwerpprincipes **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn demontabel, modulair, standaardisering van maatvoeringen en materialen, aanpassing van een gebouw (meerdere functies) en LEGOlisering, waarbij bepaalde onderdelen uit een systeem vervangen kunnen worden in plaats van in zijn geheel. Een methode om de kostprijs van een product over zijn levenscyclus in te schatten, is hierbij noodzakelijk, dit wordt Life Cycle Costing genoemd.

- + Onderhoud biedt kansen om kosten te minimaliseren
- + De mogelijkheid om producten te verbeteren en te upgraden
- + Gebouwen worden flexibel en adaptief gebouwd
- Bepaling van restwaarde nu nog lastig in te schatten
- Het aansporen voor bedrijven om levensduurverlenging toe te passen

Mogelijkheden voor levensduurverlenging Vlampijpateliërs:

- Renoveren van huidige stalen kozijnen, door zandstralen en het plaatsen van HR++ glas.
- Modulair ontwerpen van de gevel
- Demontabel ontwerpen van de gevel

11.4 Deelplatformen

Door het inzetten van deelplatformen wordt overcapaciteit of onderbenutting tegen gegaan, door producten of assets te delen of het gebruik te optimaliseren. In de bouwsector kun je hierbij denken aan het inzetten van machines en apparatuur, maar ook aan werknemers tussen afdelingen en bedrijven. In de exploitatiefase van een gebouw is het mogelijk om de waarde van het gebouw te optimaliseren, door het aanbieden van werkplekken, parkeerplaatsen, appartementen, zalen en sportruimten.

- + Hogere gebruiksgraad
- + Relatief lage investering
- Verzekeringstechnisch lastiger

Mogelijkheden voor deelplatformen Vlampijpateliers:

- Verhuren van ruimtes, zoals dit nu al wordt gedaan
- Aanbieden van werkplekken
- Kennis delen
- Lenen van gereedschap, machines, diensten en mensen tijdens de bouw

11.5 Waardeterugwinning

Op dit moment wordt bij het bepalen van de waarde van een gebouw vooral gekeken naar exploitatiekosten, de huuropbrengsten en de locatie. Bij een circulaire economie wordt een gebouw gezien als een grondstoffenbank. Afval afkomstig van een bestaand gebouw of product uit het productieproces kan worden ingezet als nieuwe grondstof.

Voordelen:

- Minder transportkosten
- Geen kosten voor het verwijderen van afval
- Producten hebben een restwaarde
- Momenteel is sloop vaak voordeliger dan demontage
- De restwaarde van producten/materialen is lastig te bepalen
- Kwaliteitsverschillen en onzekerheid
- Afhankelijkheid van ketenpartners

Mogelijkheden voor waardeterugwinning Vlampijpateliers:

- Vrijgekomen baksteen verwerken in nieuwe bakstenen
- Vrijgekomen stalen kozijnen hergebruiken in het nieuwe ontwerp

11.6 Financiële overwegingen

De vergelijking van de kosten voor het renoveren van stalen kozijnen in vergelijking met het plaatsen van nieuwe kozijnen is op dit moment niet mogelijk om tegen elkaar af te wegen. Dit omdat bij het plaatsen van nieuwe kozijnen, geen stalen kozijnen worden toegepast. Daarnaast is het gehele ontwerp van de gevel en afwerking gebaseerd op het hergebruiken van de huidige stalen kozijnen. Wanneer wordt gekozen om nieuwe kozijnen toe te passen, wordt de constructie en afwerking ook anders.

Ditzelfde is van toepassing bij de kunststof kozijnen. Het gehele ontwerp is aangepast op het hergebruik van deze kozijnen. Wanneer wordt gekozen om nieuwe kozijnen toe te passen, wordt de gevelopbouw en afwerking ook anders.

Voor de bakstenen is deze financiële vergelijking wel goed te maken. Op dit moment komen er 12.500 bakstenen vrij in het gebouw. In het nieuwe ontwerp zijn 10.000 bakstenen nodig. De koop voor 10.000 nieuwe bakstenen is € 2.510,- (VMN Vakmedianet, 2019). Bij het schoonmaken vervallen de kosten voor nieuwe bakstenen, maar komen er kosten voor het schoonmaken van de huidige bakstenen bij. De arbeidskosten voor het schoonmaken van de bakstenen is € 4.000, -. Hier komt € 325,- bij voor het huren van de schoonmaak apparaten. Bij het schoonmaken blijven er 2.500 stenen over, deze kunnen voor € 625, - verkocht worden. Dit geeft de volgende berekening.

Kosten schoonmaken bakstenen:

€ 4.000,- + € 325,- – € 625,- = € 3.700, -

De kosten voor de aanschaf van nieuwe bakstenen:

€ 2.510, -

Voor beide gevallen komen er kosten bij voor het slopen, de specie en het metselwerk zelf. De kosten hiervoor zijn in beide varianten hetzelfde. De kosten die gebruikt worden voor de berekening zijn verschillende per variant, hier komt het prijsverschil vandaan.

Het prijsverschil tussen de 2 varianten is: € 3.700 – € 2.510 = €1.190, -

Het reinigen van de bakstenen is duurder dan aanschaf van nieuwe bakstenen. Echter wordt door hergebruik van de bakstenen **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** gerealiseerd wat circulair is.

11.7 Conclusie financiële modellen

In dit hoofdstuk zijn de vijf verdienmodellen van onder andere ABN-AMRO toegelicht. Aan de hand van de voor- en nadelen van elk verdienmodel worden de mogelijkheden voor het ontwerp van de Vlampijpateliërs in kaart gebracht. De verdienmodellen die relevant zijn voor dit project zijn circulaire inputs, levensduurverlenging en waardeterugwinning.

Terugdringen afvalproblemen binnen circulaire inputs kan gerealiseerd worden door gebruik te maken van biobased materialen als Isovlas, Gutex en OGB-plaat. Bij het toepassen van circulaire inputs wordt waardecreatie gerealiseerd.

De mogelijkheid om producten te verbeteren en te upgraden kan binnen levensduurverlenging door de stalen kozijnen van de Vlampijpateliërs en de kunststof kozijnen van de intervam-flats te renoveren en opnieuw te gebruiken. Daarnaast kan levensduurverlenging ook gerealiseerd worden door demontabel ontwerpen met losneembare verbindingen. Door het toepassen van levensduurverlenging wordt preventie en waardebehoud gerealiseerd.

De restwaarde van producten binnen waardeterugwinning wordt benut wanneer de stalen en kunststof kozijnen opnieuw ingezet worden in de gevel. Ook kan de waarde van bakstenen teruggewonnen worden door deze te reinigen. Door het toepassen van waardeterugwinning wordt preventie en waardecreatie gerealiseerd.

De verdienmodellen product-dienstsysteem en deelplatformen zijn niet relevant voor dit project. Dit is ten eerste omdat er geen onderdelen van het eindproduct geleased worden. Deelplatformen zouden geraadpleegd kunnen worden, echter hebben aannemers vaak werknemers met hun eigen gereedschap. Om deze redenen worden deze verdienmodellen niet relevant geacht.

12. Conclusie

Doormiddel van dit verslag is antwoord gegeven op de hoofdvraag: *Op welke wijze kan er een circulair renovatieontwerp gemaakt worden voor de gevel van de Vlampijpateliers in Utrecht?* Voor het beantwoorden van deze hoofdvraag is een renovatieontwerp gemaakt.

Het renovatieontwerp bestaat uit details van verschillende gevelelementen (hoofdstuk 10). De overwegingen voor het bepalen van de opbouw van de gevel zijn gebaseerd op de drie opgestelde variant types (hoofdstuk 6). Voor het renovatieontwerp zijn de varianten 1 en 2 toegepast. De nieuwe gevel bij variant 1 bestaat uit een HSB-gevel die voor de huidige stalen constructie wordt geplaatst. Hierbij worden de huidige stalen kozijnen en de stenen van het metselwerk hergebruikt om de circulaire waarde te vergroten, ook wordt op deze manier de uitstraling behouden.

De opbouw van de gevel bij variant 2 bestaat uit het toepassen van een HSB-element. In dit HSB-element wordt een kozijn geplaatst afkomstig uit een renovatieproject in de omgeving, in het renovatieontwerp fungeert het kozijn als een nieuw gevelelement met een hoge circulaire waarde. Binnen het renovatieontwerp hebben de kopgevels, het dak en het trappenhuis geen variant toegewezen gekregen. Bij de kopgevel wordt aan de binnenzijde isolatie toegepast en bij het dak aan de buitenzijde. Voor het trappenhuis zijn er twee verschillende aanbevelingen gegeven. De eerste is geen renovatie toepassen en alleen de binnenmuren die het trappenhuis aan de twee gebouwdelen verbindt te isoleren. Het tweede advies is het toepassen van variant 3 (paragraaf 6.3).

In het renovatieontwerp zijn verschillende circulaire bouwkundige overwegingen gemaakt. Het toepassen van een HSB-gevel is gebaseerd op zijn duurzame eigenschappen en de flexibele afwerking. Een HSB-gevel heeft hoge circulaire waarde door de afkomst van het materiaal, de mogelijkheid tot demontabel bouwen en de opslag van CO₂. In het ontwerp is er gekozen voor het toepassen Isovlas en Gutex als isolatiemateriaal. De dikte van het Isovlas isolatiemateriaal moet minimaal 162 mm zijn om de vereiste Rc-waarde van 4,5 voor de gevel te behalen. De dikte van het Gutex isolatiemateriaal moet minimaal 228 mm zijn om de vereiste Rc-waarde van 6,0 voor het dak te behalen. Deze diktes zijn ruim toegepast in het ontwerp. Voor de afwerking van de gevel is er gekozen voor het toepassen van huidige gevelbeplating en bakstenen. Het nieuwe materiaal voor de gevelafwerking is flexibel, daarvoor worden duurzame producten als HPL-platen, composiet en houten afwerking aangeraden.

De verdienmodellen die relevant zijn voor dit project zijn circulaire inputs, levensduurverlenging en waardeterugwinning. Terugdringen afvalproblemen binnen circulaire inputs kan gerealiseerd worden door gebruik te maken van biobased materialen als Isovlas, Gutex en OGB-plaat. De mogelijkheid om producten te verbeteren en te upgraden kan binnen levensduurverlenging door de stalen kozijnen van de Vlampijpateliers en de kunststof kozijnen van de intervam-flats te renoveren en opnieuw in te zetten. Daarnaast kan levensduurverlenging ook gerealiseerd worden door demontabel ontwerpen met losneembare verbindingen.

13. Evaluatie en discussie

De opdracht was om een voorontwerp te maken voor de renovatie van de buitenschil van de Vlampijpateliers, hierbij zou de nadruk van het onderzoek liggen op circulariteit. Door de beperkte tijd is er op een hoog tempo onderzoek gedaan. Ook zijn er door de beperkte tijd een aantal onderwerpen niet meegenomen die wel meerwaarde hadden gehad aan het project. De projectgroep is echter erg tevreden over hoe de samenwerking en het project is gelopen. Ook is iedereen trots op het geleverde resultaat.

Het gedeelte over de financiële modellen had de projectgroep achteraf geen goed genoeg beeld over hoe dat gemaakt moest worden. Daardoor voldoet dat stuk uiteindelijk niet helemaal naar de verwachting. Ook is het ontwerp bouwkundig en bouwfysisch niet helemaal tot in detail uitgewerkt. Wanneer er met deze ontwerpen verder wordt gewerkt is dit wel noodzakelijk.

14. Bibliografie

- Benelux, B. S. (sd). *niet-geventileerde gevel op sandwichpaneel met metalen buitenplaat*. Opgehaald van [www.vmzinc.nl](https://www.vmzinc.nl/https://www.vmzinc.nl/onze-mogelijkheden/vmzinc-gevel/felsnaad-vmzinc/vmz-felsnaad-niet-geventileerde-gevel-op-sandwichpaneel-met-metalen-buitenplaat.html#): <https://www.vmzinc.nl/https://www.vmzinc.nl/onze-mogelijkheden/vmzinc-gevel/felsnaad-vmzinc/vmz-felsnaad-niet-geventileerde-gevel-op-sandwichpaneel-met-metalen-buitenplaat.html#>
- Berkela. (sd). *Betonnen wanden en gevels*. Opgehaald van [Berkela.home.nl](https://berkela.home.xs4all.nl/draagstructuur/draagstructuur%20betonwanden.html): <https://berkela.home.xs4all.nl/draagstructuur/draagstructuur%20betonwanden.html>
- BestWood. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Eco Bouwmaterialen: <https://www.eco-bouwmaterialen.nl/bestwood-flex50-flexibele-dampopen-houtvezelisolatie/>
- Biobased bouwen . (2019). *Verbouwing twee-onder-een-kapwoning Houten* . Opgehaald van [biobasedbouwen.nl](https://www.biobasedbouwen.nl/https://www.biobasedbouwen.nl/projecten/aanbouw-creert-prettige-leefruimte/): <https://www.biobasedbouwen.nl/https://www.biobasedbouwen.nl/projecten/aanbouw-creert-prettige-leefruimte/>
- Biobased Bouwen. (2019). *De potgieter in Amsterdam*. Opgehaald van [Biobasedbouwen.nl](https://www.biobasedbouwen.nl/https://www.biobasedbouwen.nl/projecten/de-potgieter-in-amsterdam/#tab-id-1): <https://www.biobasedbouwen.nl/https://www.biobasedbouwen.nl/projecten/de-potgieter-in-amsterdam/#tab-id-1>
- BOEI. (2019, november). *Boei Restaureren en herbestemmen van cultureel erfgoed*. Opgehaald van Uitgelichte projecten: <https://www.boei.nl/>
- Boels rental. (2020, januari 7). *Steenreiniger*. Opgehaald van [boels.nl](https://www.boels.nl/https://www.boels.nl/huren/steen-betonbewerken/knippen/steenreiniger): <https://www.boels.nl/https://www.boels.nl/huren/steen-betonbewerken/knippen/steenreiniger>
- Cistain. (April 2019). *Materiaal Gedreven Opdrachtgeverschap*. Utrecht: Economic Board Utrecht.
- Dam, I. T. (2019, mei 7). *Handleiding Materiaal Gedreven Opdrachtgeverschap*. Opgehaald van Economic Board Utrecht: <https://www.economicboardutrecht.nl/nieuws/handleiding-materiaal-gedreven-opdrachtgeverschap>
- Dewaele woningbouw. (2018, 09 11). *Deze isolatiemethodes gebruiken we bij een houtskeletbouw*. Opgeroepen op 17, 2020, van [dewaele.be](https://www.dewaele.be/https://www.dewaele.be/nl/nieuws/isolatie-bij-houtskeletbouw): <https://www.dewaele.be/https://www.dewaele.be/nl/nieuws/isolatie-bij-houtskeletbouw>
- Eco Bouwen. (2019, 07 07). *ecobouwen.nl*. Opgeroepen op 12 18, 2019, van Eco bouwen: <https://www.ecobouwen.nl/specialisaties/natuurlijk-plaatmateriaal/>
- Een uiterst duurzaam isolatiemateriaal. (2017). Opgeroepen op December 2019, van Rockwool: <http://www2.rockwool.nl/over-ons/voordelen-steenwol/duurzaamheid/>
- EPS. (2019). Opgeroepen op December 2019, van De Isolatieshop: <https://www.isolatiemateriaal.nl/eps/eps-platen/eps-100-2000x1000x30mm-rd080-2-m2/>
- Facadeclick. (2019). *Facadeclick circulair, goedkoper, eenvoudiger, mooier en technisch beter*. Opgehaald van [Facadeclick.be](https://facadeclick.be/https://facadeclick.be/advantages.html): <https://facadeclick.be/https://facadeclick.be/advantages.html>
- Gessel, F. (2015). *4C Omhulling Gevelopeningen*. ThiemeMeulenhoff bv.
- Gevelbekleding-info. (2018). *Soorten gevelbekleding*. Opgeroepen op December 18, 2019, van Gevelbekleding info: <https://www.gevelbekleding-info.nl/soorten-gevelbekleding/>

- Gevelconcept. (2019, maart 20). *Clickbrick: Duurzaam & Snel bouwen!* . Opgehaald van <https://www.gevelconcept.nl>: <https://www.gevelconcept.nl/snel-duurzaam-bouwen-met-clickbrick/>
- Gezond bouwen. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Isovlas: <https://www.isovlas.nl/>
- Glaspunt. (sd). *Enkel glas vervangen door Dubbel glas*. Opgeroepen op december 18, 2019, van glas.nl: <https://www.glas.nl/wattedoen/enkelglas-vervangen-dubbelglas>
- Glaswacht Den Haag. (2019). *Stalen kozijnen*. Opgeroepen op december 18, 2019, van dubbelglas-den Haag.nl: <https://dubbelglas-den Haag.nl/stalen-kozijnen/>
- Glaswolplaten. (2017). Opgeroepen op December 2019, van De Isolatieshop: <http://www2.rockwool.nl/over-ons/voordelen-steenwol/duurzaamheid/>
- Heel, P. v. (2017, augustus). *Toekomstbestendig Vastgoed Bouwen*. Opgehaald van abnamro.com: https://www.abnamro.com/nl/images/Documents/035_Social_Newsroom/Press_Releases/2017/ABN_AMRO_Rapport_-_Toekomstbestendig_vastgoed_bouwen.pdf
- HempFlax. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Eco Bouwmaterialen: <https://www.eco-bouwmaterialen.nl/hempflax-isolatie-panel-100kgm3/>
- Hogeschool, O. (2019). *Funderingsaanzet houtskeletwand met tussengevoegd isolerend deel*. Opgehaald van [Bouwknopenuitvoeren.be](http://www.bouwknopenuitvoeren.be): <http://www.bouwknopenuitvoeren.be/bouwknopen/uitvullingslaag-1>
- iCell. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Eco Bouwmaterialen: <https://www.eco-bouwmaterialen.nl/icell-dampopen-cellulose-isolatie-platen/>
- Industrieel bouwen . (sd). Opgehaald van Industrieelbouwen..nl.
- Isolatieplaten op basis van hout. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Gutex: <https://gutex-benelux.eu/assortiment/producten/produkt/gutex-thermosafe-homogen/>
- Isovlas. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Eco Bouwmaterialen: <https://www.eco-bouwmaterialen.nl/isovlas-pl-isolatie-platen/>
- KNAUF. (2019, 03 21). *"GIPS KOMT AMPER TERUG ALS BOUWMATERIAAL. DAT WILLEN WIJ VERANDEREN."*. Opgeroepen op 01 07, 2020, van <https://urbanminingcollective.nl/>: <https://urbanminingcollective.nl/ervaring/gips-komt-amber-terug-als-bouwmetaal-willen-veranderen/>
- LACHMEIJER, R. (2019, september 6). *Modulair bouwen: Dit recent opgeleverde wooncomplex is allesbehalve nieuw*. Opgehaald van [duurzaambedrijfsleven](https://www.duurzaambedrijfsleven.nl): <https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/infra/32305/modulair-bouwen-woningmarkt>
- Laterveer, R. (2020, Januari). Feedback eindproduct Vlampijpaterliers. (Projectteam, Interviewer)
- Linden, A. v. (2017). *Bouwfysica* . ThiemeMeulenhoff bv.
- Maltha maakt glas eindeloos. (2020). Opgeroepen op Januari 2020, van Maltha: <http://www.maltha.nl/nl-nl>
- Naturetherm. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Eco Bouwmaterialen: <https://www.eco-bouwmaterialen.nl/naturetherm-wall-hsb-buitenisolatie/>

- PIR. (2019). Opgeroepen op December 2019, van De Isolatieshop: <https://www.isolatiemateriaal.nl/pir/pir-2-zijdig-aluminium/pir-2-zijdig-aluminium-1200x600x20mm-rd091-23plpak-1656-m2/>
- Polyisocyanuraat. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Polyisocyanuraat>
- Portakabin B.V. (2010, juni). *Modulaire bouw: wat is de betekenis?* Opgehaald van Portakabin: <https://www.portakabin.nl/wat-is-modulair.html>
- Reijmers, J. (2015). *Jellema/ 4B omhulling Gevels*. ThiemeMeulenhoff bv.
- Rijkswaterstaat. (2018, juni 7). *Principes voor circulair ontwerpen*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/2018/06/principes-voor-circulair-ontwerpen.aspx>
- Rodeca. (2019, november). *Rodeca projecten*. Opgehaald van Rodeca Transparante Bouwelementen : <https://rodeca.nl/projecten/>
- S. Remmerswaal, A. H. (2017). *Van betalen voor bezit naar betalen voor gebruik. Verdienmodellen in de Circulaire Economie*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Sloopbedrijven, A. v. (2019). *gebruiktebouwmaterialen*. Opgehaald van gebruiktebouwmaterialen.com: <http://gebruiktebouwmaterialen.com>
- Steenwolplaten. (2019). Opgeroepen op December 2019, van De Isolatieshop: <https://www.isolatiemateriaal.nl/steenwol/steenwolplaten/rocksono-base-1200x600x40mm-rd105-15plpak-1080-m2/>
- Studios, S. (2019). *Oogstkaart materialen*. Opgehaald van <https://www.oogstkaart.nl/>: <https://www.oogstkaart.nl/>
- Supply, B. (sd). *Wat is het verschil tussen prefab bouwen en traditioneel metselwerk?* Opgehaald van [Buildingsupply.nl](https://buildingsupply.nl/): <https://buildingsupply.nl/blog/wat-is-het-verschil-tussen-prefab-bouwen-en-traditioneel-metselwerk/>
- Swinkels glas. (sd). *Glas in staalkozijn*. Opgeroepen op december 18, 2019, van <https://www.swinkelsglas.nl/>: <https://www.swinkelsglas.nl/glas-in-staalkozijn/>
- ThermoNatur. (2019). Opgeroepen op December 2019, van Eco Bouwmaterialen: <https://www.eco-bouwmaterialen.nl/thermonatur-hennep-en-jute-dampopen-isolatie-platen-1200x580mm/>
- Trespa. (2019). *Producten*. Opgeroepen op December 18, 2019, van Trespa: <https://www.trespa.com/nl/productinfo-nl/trespa-meteon-gevelbekleding>
- Verbouwing twee-onder-een-kapwoning Houten. (sd). Opgehaald van [Biobasedbouwen.nl](https://www.biobasedbouwen.nl/): <https://www.biobasedbouwen.nl/projecten/aanbouw-creeert-prettige-leefruimte/>
- VMN Vakmedianet. (2019, Januari 13). *BAKSTEEN, WF, VORMBAK*. Opgehaald van Bouwkosten: http://www.bouwkosten.nl/Materiaalprijzen/Bouw,_installatie,_terrein/_Baksteen,_WF,_vormbak/kostengegevens-Prijzen,_Normen_en_Tarieven/2355224-STABU_2.htm
- We make unique building materials from waste. (2019). Opgeroepen op December 2019, van StoneCycling: <https://www.stonecycling.com/>

15. Bijlagen

Bijlage 1: Overzicht herbruikbaarheid materialen

In de handleiding van (Cistain, April 2019) is een overzicht weergegeven over de herbruikbaarheid van materialen. Zie de onderstaande figuur.

Element	Onderhoud/ Levensduur	Technische aanpasbaarheid	Certificering/ Garanties
SITE			
1. Bestrating	++	++	++
2. Beplanting	++	-+	n.v.t.
3. Meubilair buitenruimte	++	++	++
STRUCTURE			
1. Fundering	++	--	-+
2. Staalconstructies	++	++	-+
3. Balkhout	++	++	-+
4. Betonconstructie	++	--	--
5. Stelconplaten	++	++	++
SKIN			
1. Gevelplaten	-+	-+	--
2. Systeemplafonds	-+	-+	--
3. Isolatieplaten hard (pir/pur)*	++	-+	++
4. Isolatieplaten zacht*	-+	-	--
5. Sandwichpanelen*	++	++	++
6. Isolatieglas**	-+	--	--
7. Dakpannen	++	--	-+
8. Bakstenen gevel**	++	--	-+
9. Buitendeuren hardhout	++	-+	-+
10. Kozijnen hout	-+	-+	--
11. Kozijnen aluminium	++	--	--
12. Kozijnen kunststof	++	--	--
13. Vloerafwerking hout	++	++	-+
SERVICES			
1. Kabelgoten	++	++	++
2. Hang- en sluitwerk	-+	--	-+
3. Elektr. installaties	--	-+	++
4. Sanitair**	-+	--	-+
SPACEPLAN			
1. Tussenwandsysteem	++	-+	-+
2. Stalen trappen prefab	++	-+	++
3. Binnendeuren hout	-+	--	-+
4. Binnendeuren hol**	--	--	--
5. Plaatmateriaal**	-+	--	--
STUFF			
1. Keuken	-+	--	-+
2. Verlichting	-+	--	-+
3. Noodbordjes	++	--	-+
4. Brandblussers	++	--	--
5. Bureau's/kasten/ stoelen etc.	++	-+	-+

* Voor deze materialen geldt dat de herbruikbaarheid hoog is maar de samenstelling van het element toxische stoffen in zich heeft. Dit maakt hergebruik minder aantrekkelijk.

** Voor deze materialen geldt dat het product op zichzelf goed herbruikbaar is maar dat de huidige verbindingen vaak niet demontabel zijn. Dit leidt tot een hoog kwaliteitsverlies bij demontage/sloop.

Bijlage 2: Posters varianten

Overige onderdelen

Dak:

- Redelijke staat: Isolatie en dakbedekking vernieuwen.
- Slechte staat: Gehele dak vervangen, zo circulair mogelijk.



Kopgevel:

- Modulair bouwen
- Demontabele gevel
- Hergebruik van bouwmaterialen
- Biosbased materialen

Verschillende opties:

- Houten gevelbekleding
- Gevelisolatie met steen strips
- Variant 3: Glazen gevel



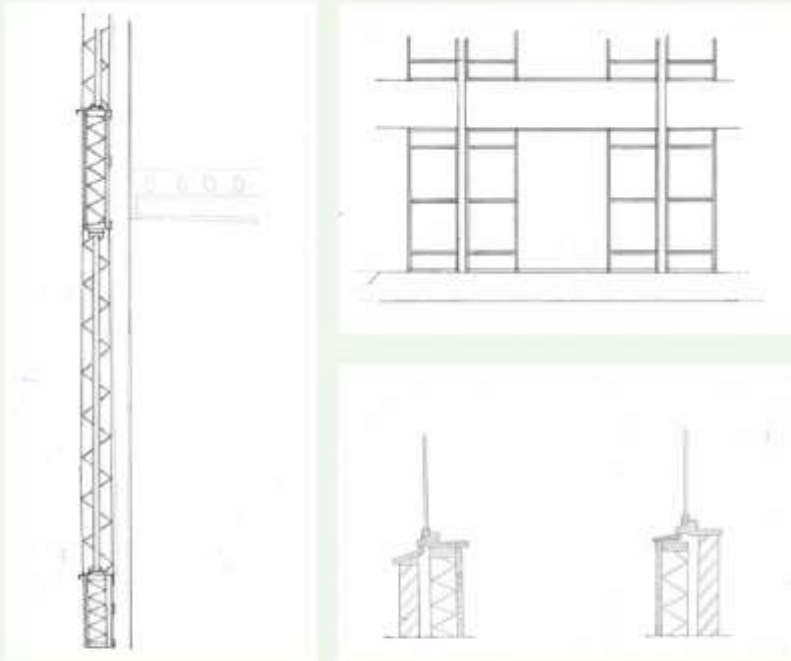
Trappenhuis:

Het trappenhuis kan intact gelaten worden, waarbij beide gebouwdelen geïsoleerd kunnen worden binnen het trappenhuis. Hierbij wordt het trappenhuis niet verwarmd.



Variant 1: Renoveren van de gevel

Ontwerpen:



Referenties:



Utrecht, Werkspoorkathedraal

Voordelen:

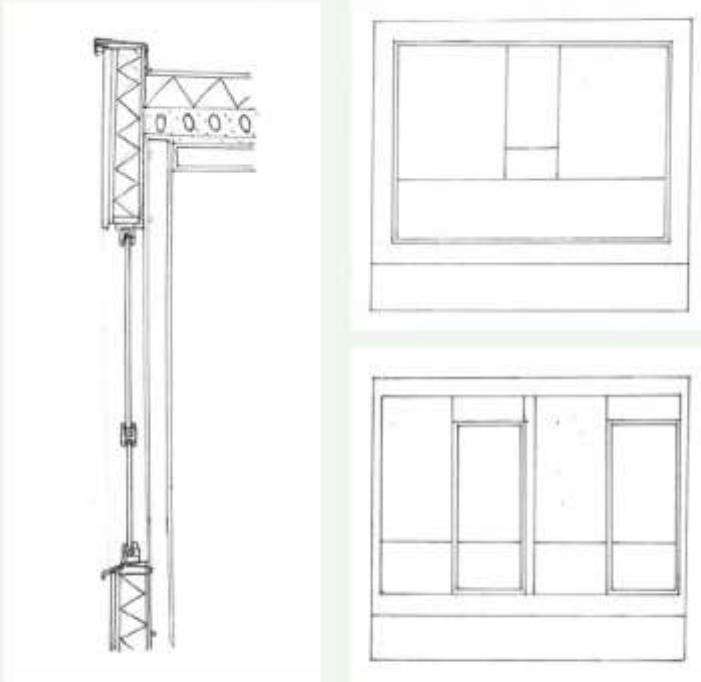
- Hergebruik van huidige stalen kozijnen
- Huidige uitstraling gevel blijft behouden
- Mogelijkheid tot het hergebruiken van materialen in de borstwering
- Demontabele gevel mogelijk
- Veel mogelijkheden voor hergebruik van materialen

Nadelen:

- Energetisch niet de ideale variant
- Geen triple glas mogelijk
- Stalen kozijnen blijven een koudebrug

Variant 2: Hergebruik van een gevel uit een renovatieproject

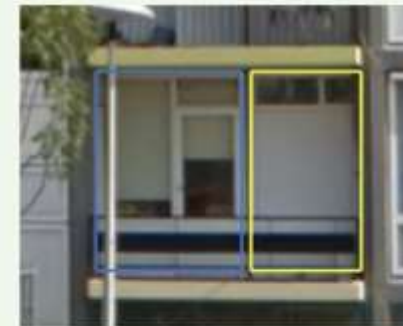
Ontwerpen:



Referenties:



Utrecht, Kanaleneiland
en Overvecht



Voordelen:

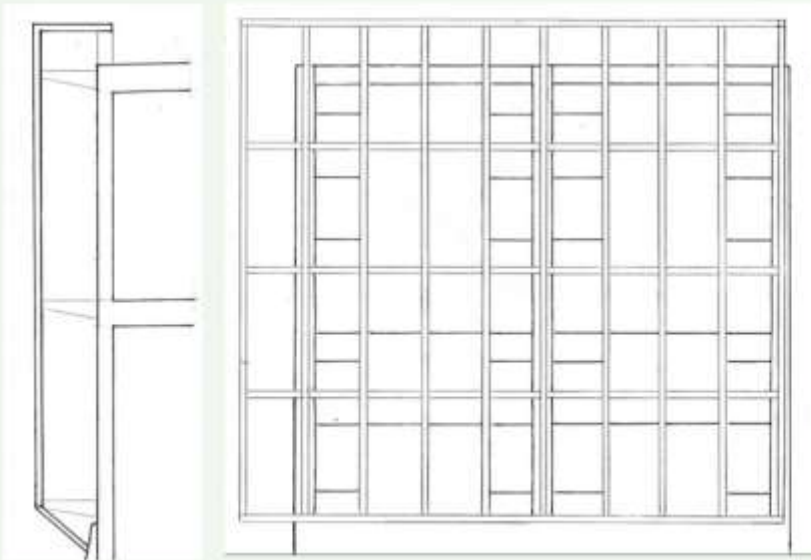
- Hergebruik van afvalmaterialen afkomstig uit renovatieprojecten in Utrecht
- Kunststof kozijnen isoleren relatief goed
- Mogelijkheid tot het hergebruiken van materialen in de borstwering
- Demontabele gevel mogelijk
- Flexibel in het uiterlijk

Nadelen:

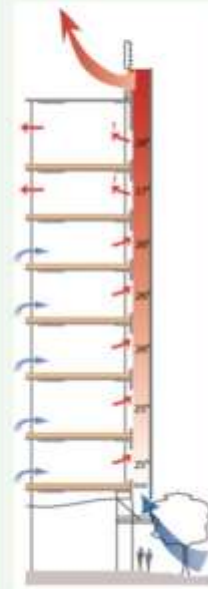
- Geen triple glas mogelijk
- Raamoppervlak neemt af
- Andere uitstraling gevel

Variant 3: Behoud gevel met een glazen schil

Ontwerpen:



Referenties:



Delft, Delftechpark



Voordelen:

- Huidig gebouw blijft intact
- Het daglicht blijft gelijk
- Triple glas is mogelijk

Nadelen:

- Hogere kosten
- Minder kans op hergebruiken van materiaal
- Uiterlijk gebouw veranderd

Bijlage 3: Keuze borstwering

Soort borstwering	Voordelen/nadelen	Verwijzing
Houtskeletbouw (HSB)	+ Modulair + Demontabel + Lichte draagconstructie + Flexibel in toepassen isolatiemateriaal + Flexibel in afwerking + Hernieuwbare grondstof + Lange levensduur - Niet maatvast	(NBVT, 2017) (Reijmers, 2015)
Geprefabriceerde betonnen gevels	+ Modulair + Demontabel (qua bevestigen) + Weinig onderhoud + Lange levensduur + Samengesteld uit natuurlijke grondstoffen - Lastig herbruikbaar, wel recyclebaar - Zware constructie	(Reijmers, 2015)
Sandwichpanelen	+ Modulair + Demontabel + Hoge isolatiewaarde - Voegen blijven zichtbaar - Panelen zijn lastig te vervangen - Geen dempende functie - Beperkte keuze in kozijnen - Harde persing isolatie nodig	(Reijmers, 2015) (SABprofiel, 2019)
Staalframebouw	+ Modulair + Demontabel + Isolatie tussen de profielen mogelijk, waardoor slanker gebouwd kan worden. + Onderhoudsvrij + 100% recyclebaar	(Reijmers, 2015) (Schock, 2019)
Baksteen	+ Lange levensduur + Flexibel in afwerking + Goede thermische eigenschappen + Goede akoestische eigenschappen - Weersafhankelijk - Lange bouwtijd - Niet modulair (Clickbrick is wel modulair) - Niet demontabel (Clickbrick is wel demontabel)	(Reijmers, 2015) (Supply, sd) (Gewelconcept, 2019)

Bijlage 4: Materiaalkeuze isolatiemateriaal

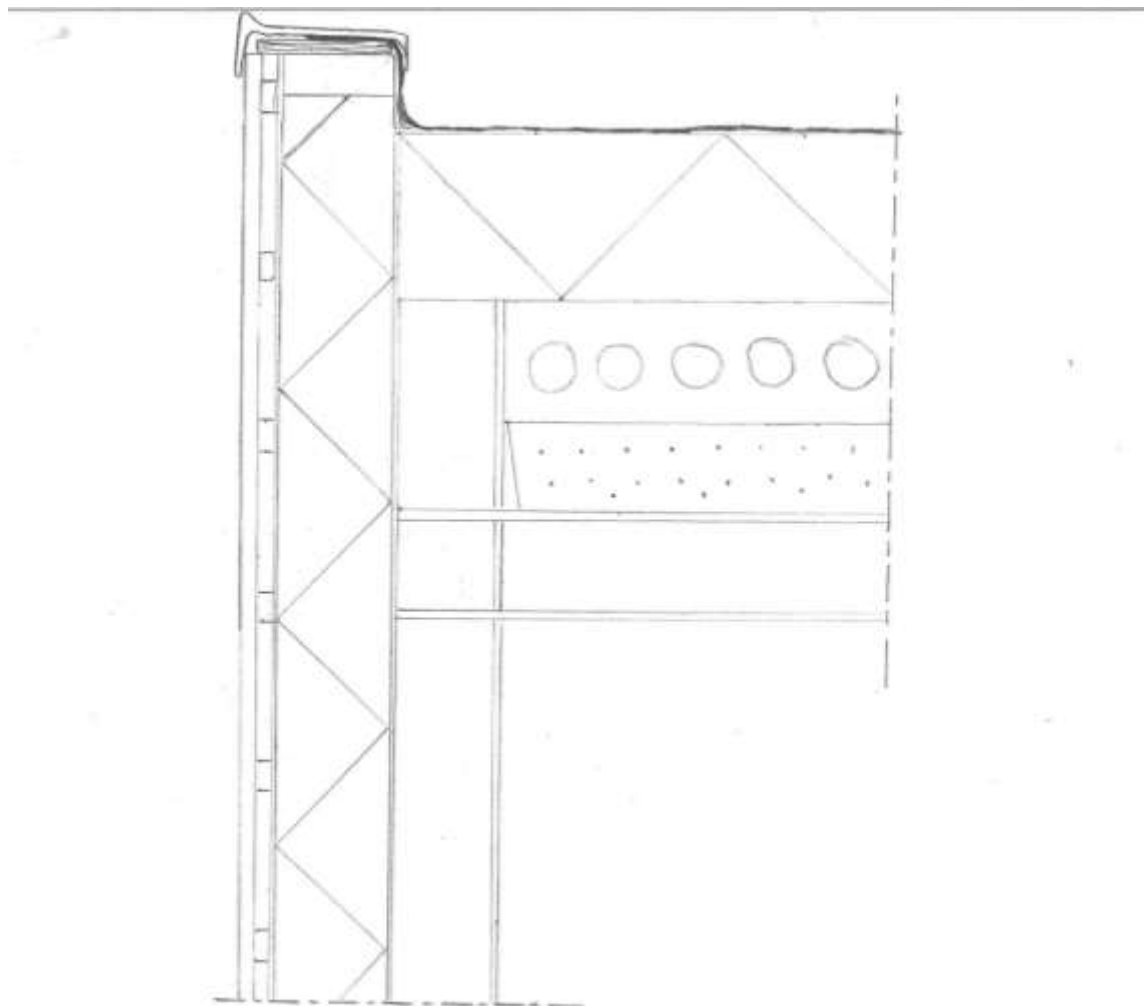
Nr.	Isolatiemateriaal	Warmtegeleidings-coëfficiënt [W/mK]	Type	Voordelen/nadelen	Verwijzing
1	Steenwol	0,038	Op steen-basis	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Lage milieubelasting + 100% recyclebaar + Niet schadelijk/giftig - Niet natuurlijk - Niet hernieuwbaar - Niet drukvast	(Steenwolplaten, 2019) (Een uiterst duurzaam isolatiemateriaal, 2017)
2	Glaswol	0,035/0,037	Op basis van zand en glas	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Lage milieubelasting + Recyclebaar + Niet schadelijk/giftig - Niet natuurlijk - Niet hernieuwbaar - Niet drukvast	(Glaswolplaten, 2017)
3	PIR	0,022	Op basis van kunststof	+ Hele hoge akoestische isolatiewaarde + Drukvast - Niet natuurlijk - Niet hernieuwbaar - Milieubelastend - Schadelijke/giftige stoffen kunnen vrijkomen - Niet hoogwaardig recyclebaar	(PIR, 2019) (Polyisocyanuraat, 2019)
4	EPS	0,038	Op basis van kunststof	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Drukvast - Niet natuurlijk - Niet hernieuwbaar - Milieubelastend - Schadelijke/giftige stoffen kunnen vrijkomen - Niet hoogwaardig recyclebaar	(EPS, 2019)
5	Gutex	0,038	Biobased: op basis van hout	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Niet milieubelastend + 100% recyclebaar + Niet schadelijk/giftig + Drukvast + Natuurlijk + Hernieuwbaar + Haalt CO2 uit atmosfeer en slaat het op	(Isolatieplaten op basis van hout, 2019)
6	Isovlas	0,038	Biobased: op basis van de vlasplant	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Niet milieubelastend + 100% recyclebaar + Niet schadelijk/giftig + Natuurlijk + Hernieuwbaar + Haalt CO2 uit atmosfeer en slaat het op + Snelle groeifase	(Isovlas, 2019) (Gezond bouwen, 2019)

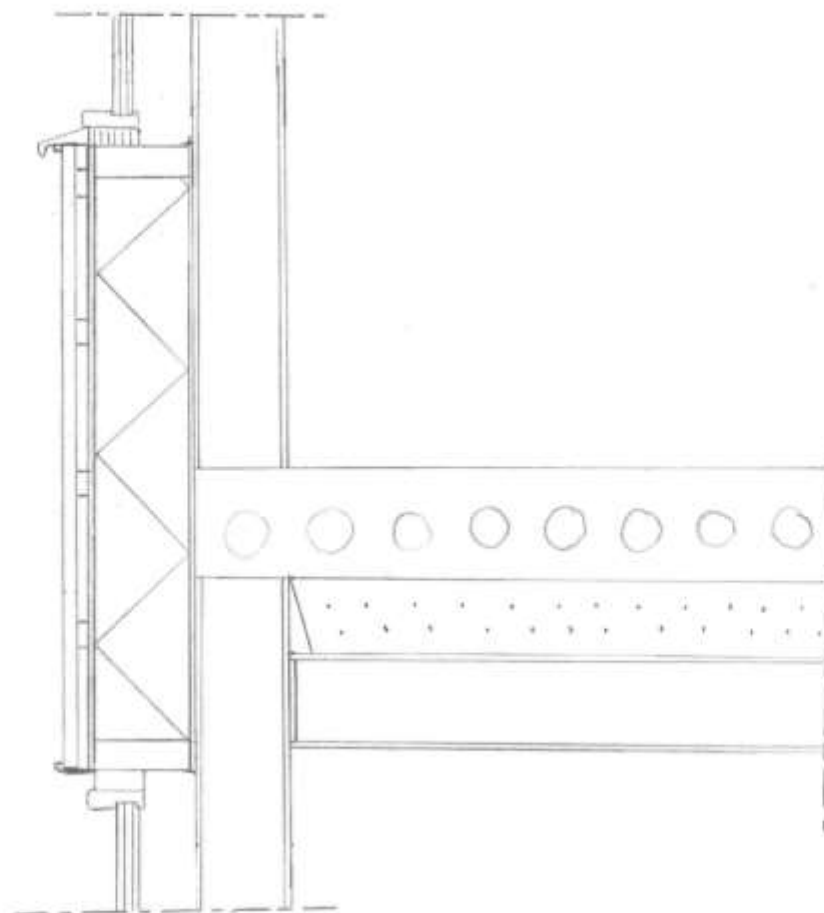
				- Niet drukvast	
7	iCell	0,036	Biobased: op basis van oude kranten	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Niet milieubelastend + 100% recyclebaar + Niet schadelijk/giftig + Natuurlijk + Hernieuwbaar + Haalt CO2 uit atmosfeer en slaat het op - Niet drukvast	(iCell, 2019)
8	HempFlax	0,040	Biobased: op basis van hennep	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Niet milieubelastend + 100% recyclebaar + Niet schadelijk/giftig + Natuurlijk + Hernieuwbaar + Haalt CO2 uit atmosfeer en slaat het op + Snelle groeifase - Niet drukvast	(HempFlax, 2019)
9	ThermoNatur	0,038	Biobased: op basis van hennep en jute	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Niet milieubelastend + 100% recyclebaar + Niet schadelijk/giftig + Natuurlijk + Hernieuwbaar + Haalt CO2 uit atmosfeer en slaat het op + Snelle groeifase - Niet drukvast	(ThermoNatur, 2019)
10	Naturetherm	0,043	Biobased: op basis van hout	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Niet milieubelastend + 100% recyclebaar + Niet schadelijk/giftig + Natuurlijk + Hernieuwbaar + Haalt CO2 uit atmosfeer en slaat het op - Niet drukvast	(Naturetherm, 2019)
11	BestWood	0,037	Biobased: op basis van hout	+ Hoge akoestische isolatiewaarde + Niet milieubelastend + 100% recyclebaar + Niet schadelijk/giftig + Natuurlijk + Hernieuwbaar + Haalt CO2 uit atmosfeer en slaat het op	(BestWood, 2019)

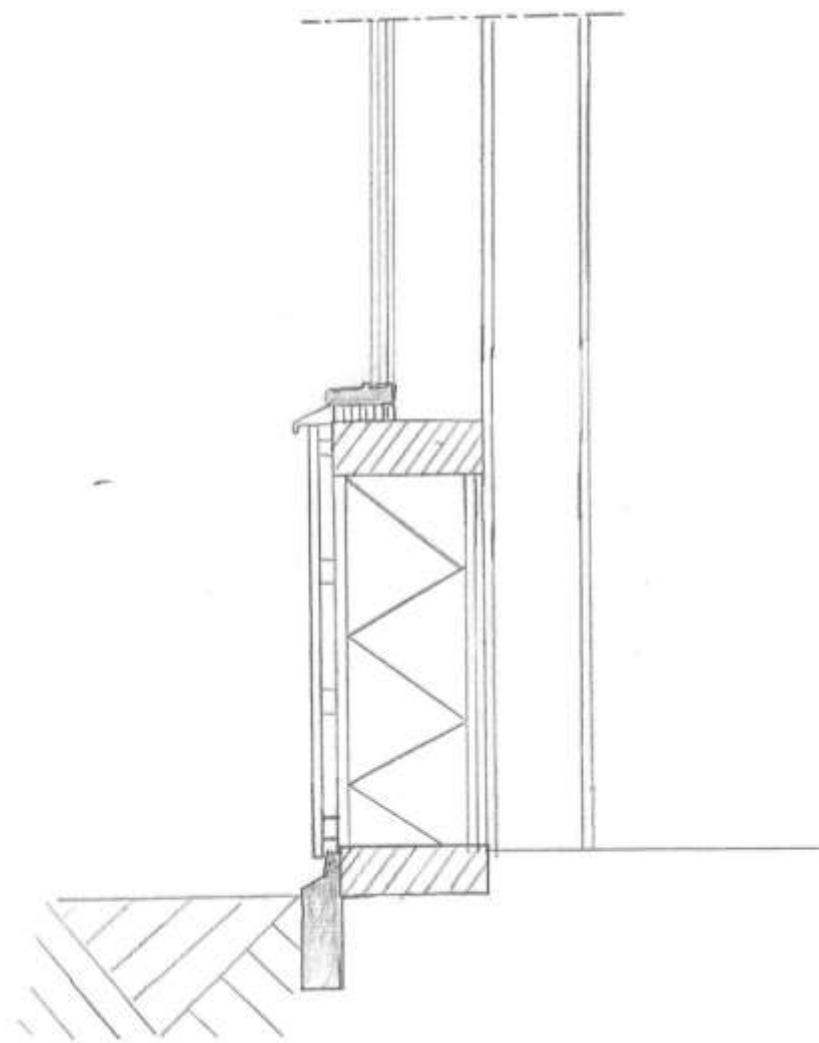
Bijlage 5: Materiaalkeuze gevelbekleding/plaatmateriaal

Nr.	Soort afwerking	Variant	Afkomst	Type	Voordelen/nadelen	Verwijzing
1	Hergebruik stalenafwerking huidige gevel.	1	Huidige gevel	Stalenplaat	+ Zeer hoog in circulariteit + Behoud uitstraling	-
2	Houten gebelbekleding	2	Bouwmarkt/hergebruik	Houten gevel-elementen	+ Hoog circulair + Uitstraling + Makkelijk te plaatsen + Ruime keuze soorten + Demontabel - Vraagt enig onderhoud	(Gevelbekleding-info, 2018)
3	HPL-platen	1 en 2	Bouwmarkt/hergebruik	HPL-plaat op basis van houtvezels	+ Veel te hergebruiken + Hoog in circulariteit + Makkelijk te plaatsen + Vele kleuren + Demontabel	(Trespa, 2019)
4	Composiet gevelbekleding	1 en 2	Bouwmarkt/ nieuw	Kunststof/ Hout/ Bindings-materiaal	+ Mogelijk hoog circulair + Makkelijk te plaatsen + Vele kleuren + Demontabel	(Gevelbekleding-info, 2018)
5	Crepi bepleistering	2	Nieuw	Specie en zand	+ Bescherming tegen vocht + Isolierend + Vele kleuren - Laag in circulariteit - Moeilijk te reinigen - Kleur vervaging	(Gevelbekleding-info, 2018)
6	Groen gevel	2	Nieuw/ Hergebruik voor de constructie	Hout/metaal en flora	+ Gemiddelde circulariteit + Ecologische waarde + Isolierend + Geluiddempend + Bevordering lucht kwaliteit + Unieke uitstaling - Hoog in onderhoud - Nieuwe technieken - Niet demontabel	(Gevelbekleding-info, 2018)
7	Spuitskurk	2	Nieuw	Kurkkorrels	+ Hoog in circulariteit + Waterdicht + Hoge isolatiewaarde + Geluiddempend + Onderhoudsvrij - Niet demontabel	(Gevelbekleding-info, 2018)

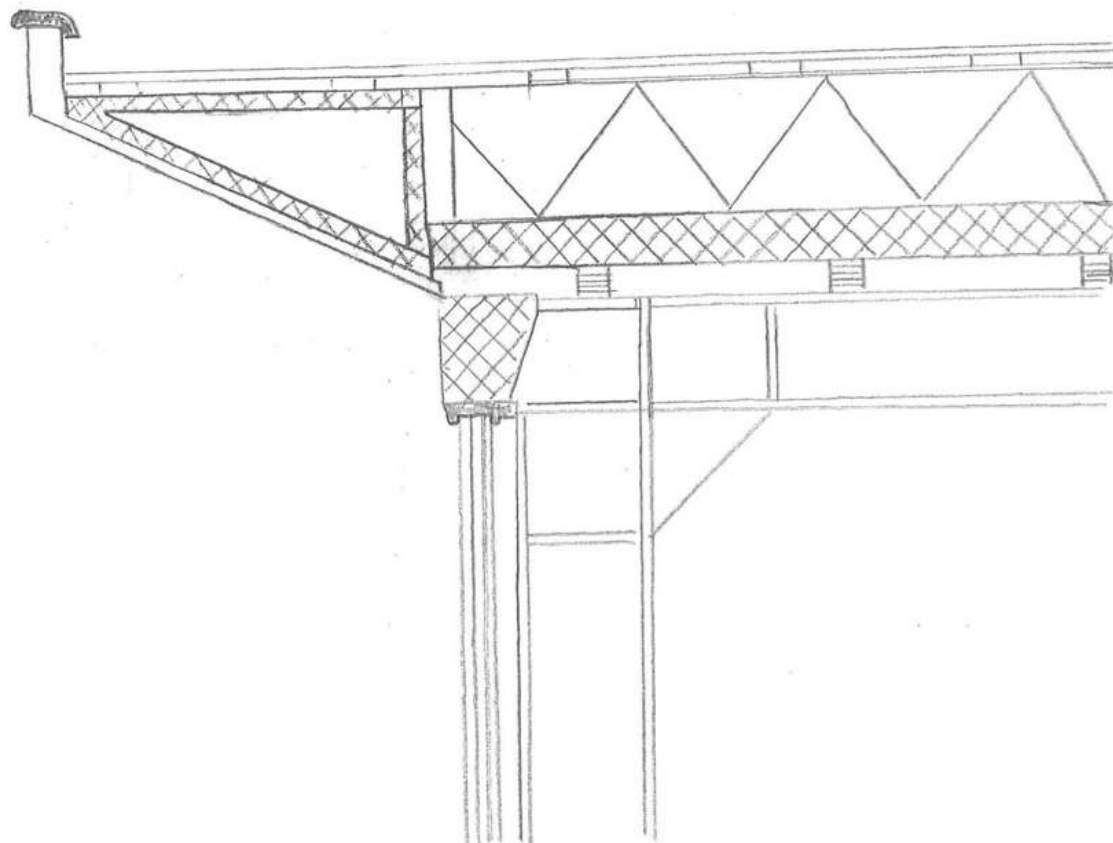
Bijlage 6: Detailtekeningen nieuwe situatie gebouwdeel A

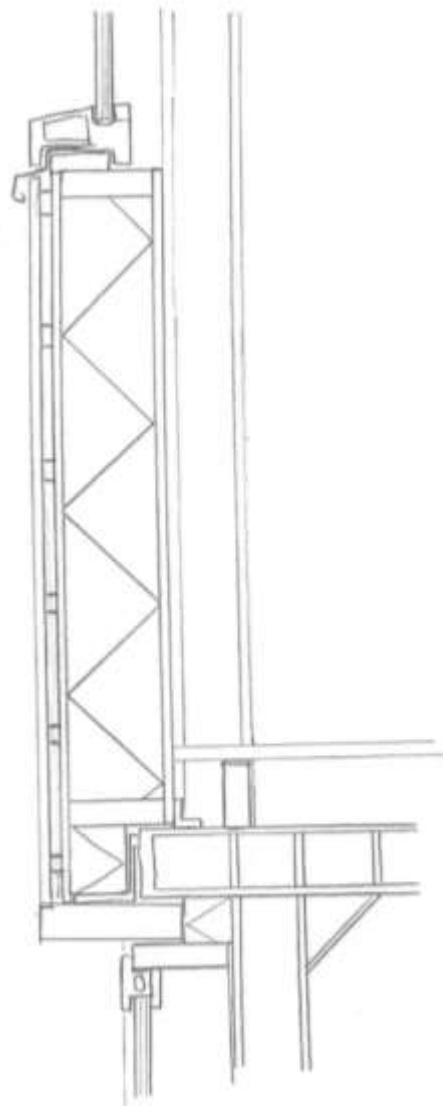


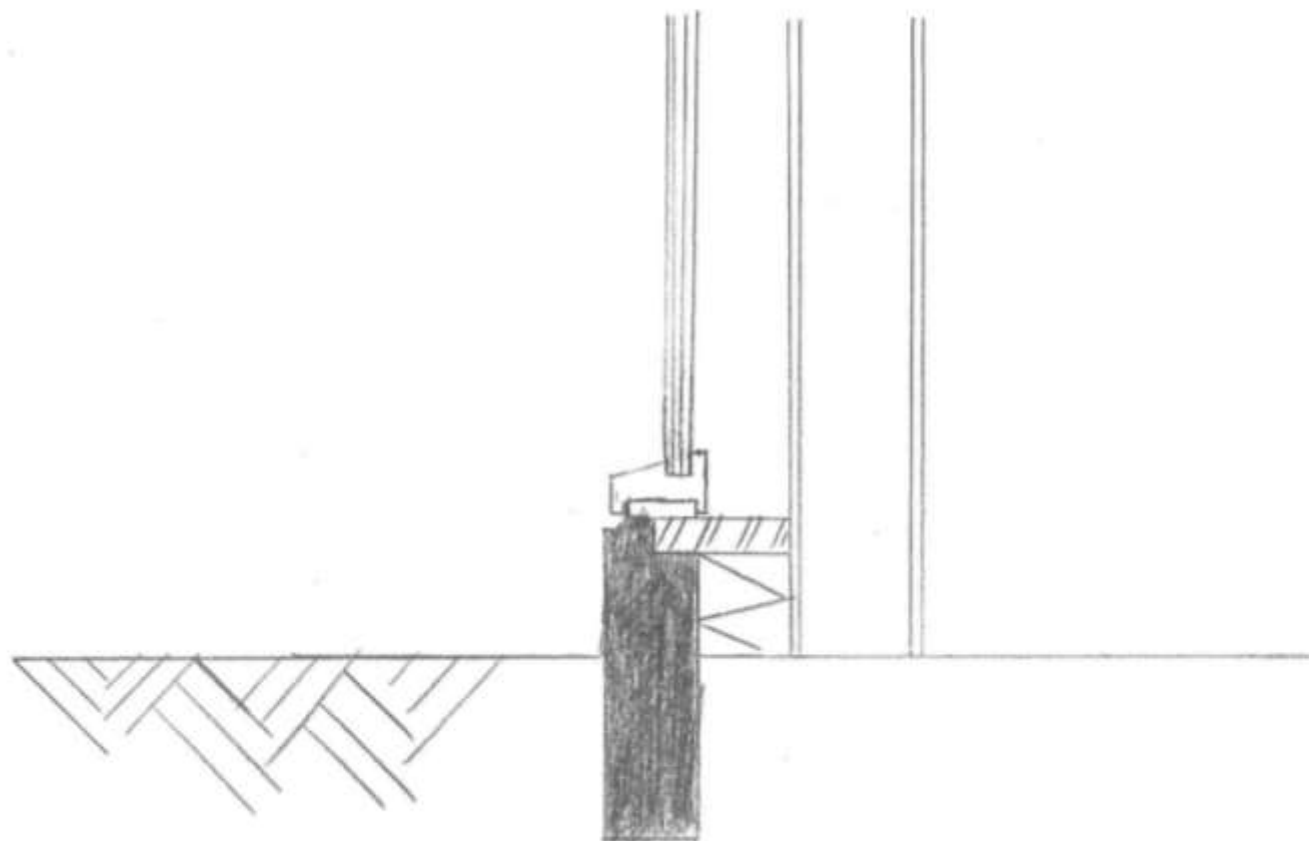


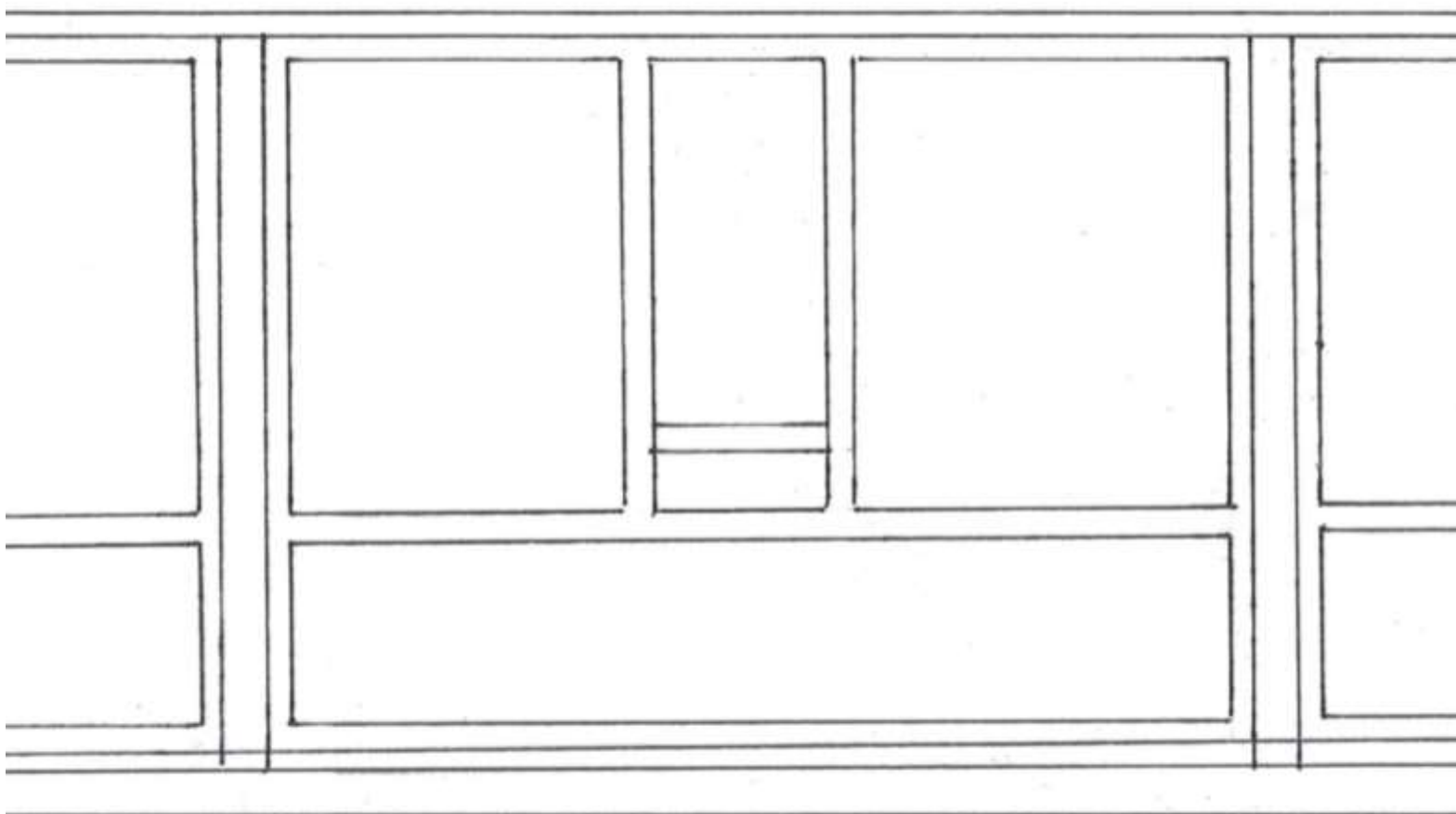


Bijlage 7: Detailtekeningen en vooraanzicht nieuwe situatie gebouwdeel B







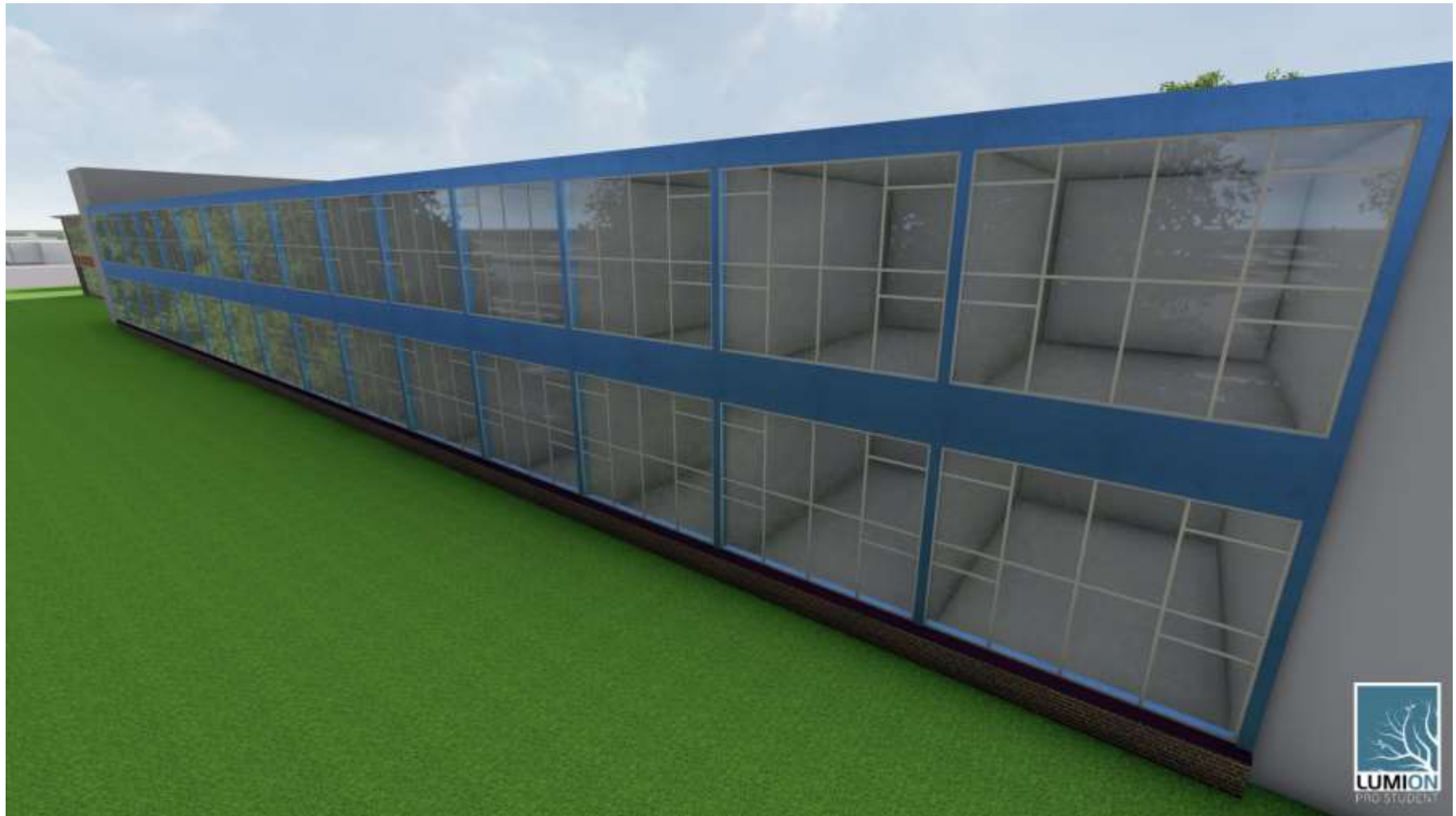


Bijlage 8: Feedback expert

Op woensdag 8 januari 2020 heeft het projectteam met expert Rogier Laterveer, docent BBE, rond de tafel gezeten (Laterveer, 2020). Aangezien het projectteam zich al in de eindfase van het project begeeft is er feedback gevraagd op het eindproduct. Uit de feedback kwam voort dat de link naar circulariteit duidelijker benadrukt kan worden. Daarnaast adviseerde Rogier bij elke keuze toe te lichten welke R'en gerealiseerd worden. Ook gaf hij aan dat het eventueel nog nuttig is om een circulair projectontwikkelaar te benaderen voor feedback op het project. Tot slot merkte Rogier op dat het hergebruik van materiaal op eigen terrein meer mogelijk is dan in het huidige ontwerp. Bijvoorbeeld door de bakstenen opnieuw in te zetten in de gevel. Een ander idee is hout dat niet meer bruikbaar is als plaatmateriaal versnipperen en gebruiken als isolatiemateriaal.

Bijlage 9: 3D impressies









Voor:



Na:



Voor:



Na:

