

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen:
bouwkunde

Masterthesis

Optimalisatie van de totale bouwkosten van een gevelsysteem

Arne Paesmans
Marjolein Soeffers

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

PROMOTOR :

ir. Abel DANE

PROMOTOR :

Mevr. Katrien BRUYNINCKX

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen | Agoralaan Gebouw H - Gebouw B | BE 3590 Diepenbeek

Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE 3590 Diepenbeek
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE 3500 Hasselt



2022
2023

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen:
bouwkunde

Masterthesis

Optimalisatie van de totale bouwkosten van een gevelsysteem

Arne Paesmans

Marjolein Soeffers

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

PROMOTOR :

ir. Abel DANE

PROMOTOR :

Mevr. Katrien BRUYNINCKX



KU LEUVEN

Woord vooraf

Bij de start van deze masterproef was er veel interesse om specifieke bouwkosten te onderzoeken. Deze interesse werd gewekt doordat wij tijdens onze opleiding als industrieel ingenieur slechts beperkte informatie kregen over de financiële kant van de bouwwereld. Daarom wilden wij graag meer inzicht krijgen hierin. Hoewel er al veel onderzoek uitgevoerd is naar bouwkosten en faalkosten, werd tijdens de masterproef snel duidelijk dat weinig kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn over deze onderwerpen. Dit heeft geleid tot enkele tegenslagen, zoals het moeilijk koppelen van theoretische informatie en reducties aan de werkelijke bedrijfscijfers. Ook hebben we van vele bedrijven geen reactie gekregen op de vraag om in gesprek te gaan over hun materialen. Daarnaast zijn de prijsoffertes van de verschillende gevelsystemen verschillend opgesteld, wat het vergelijkende deel van het onderzoek bemoeilijkte.

Desondanks de tegenslagen was deze masterproef een unieke ervaring, waarbij we contacten legden met verschillende bouwbedrijven. Bovendien hebben we tijdens dit onderzoek kennis opgedaan die we tijdens onze opleiding niet hebben kunnen verwerven, waardoor we op een bijzondere manier onderzoek konden uitvoeren.

Tot slot willen we nog enkele personen bedanken die ons geholpen hebben met het verwezenlijken van dit onderzoek. Allereerst willen we onze interne en externe promotoren, ir. Ad Dane van de UHasselt en ir. Katrien Bruyninckx van Artem, bedanken om ons te begeleiden tijdens onze masterproef. Ook willen we Maarten Wauters van steenfabrikant Vandersanden en Walter Wevers van het aannemersbedrijf Spaansen bedanken voor de fijne samenwerking. Daarnaast willen we de projectleiders van Artem bedanken om ons wegwijs te maken in hun respectievelijke projecten. Tot slot bedanken we ook Artem, UHasselt en KU Leuven om ons de kans te geven om aan deze masterproef te mogen werken.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Lijst van tabellen.....	7
Lijst van figuren	9
Abstract	11
Abstract in English	13
1 Inleiding	15
2 Literatuurstudie	17
2.1 Het bouwproces	17
2.2 Begroting.....	17
2.3 De bouwkosten.....	18
2.4 De faalkosten	18
2.5 Metselverbanden	20
2.6 Lean in de bouw.....	21
3 Analyse huidige werkmethode	25
3.1 Beschrijving huidig gevelsysteem	25
3.2 Casestudies.....	27
3.2.1 Afgewerkte projecten.....	27
3.2.2 Projecten in uitvoering.....	29
3.3 Interviews met projectleiders.....	31
3.3.1 Project: Zilverwit – Gijs Cools.....	31
3.3.2 Project: Bloesemhof – Simon Huygen.....	31
3.3.3 Project: Bewel – Gijs Cools.....	31
3.3.4 Project: Syus – Jochem Van Aken	31
3.3.5 Project: Hof ter Dorpe – Gijs Cools.....	32
3.3.6 Project: Land Van Aa – Maarten Leenaerts	32
3.4 Detailcalculatie met betrekking tot casestudies.....	32
4 Optimalisatie werkmethode huidig gevelsysteem	35
4.1 Planning	35
4.2 Werfinrichtingsplan	36

4.3	Building Information Modeling (BIM).....	37
4.4	5S-methode	38
4.5	Conclusie optimalisaties.....	38
5	Analyse alternatieve gevelsystemen	39
5.1	E-Board	39
5.1.1	Beschrijving	39
5.1.2	Prijsofferte.....	40
5.2	Signa.....	41
5.2.1	Beschrijving	41
5.2.2	Prijsofferte.....	42
5.3	StoCleyer B	43
5.3.1	Prijsofferte.....	43
5.4	Betonicasco en Gevelklaar	44
5.4.1	Prijsofferte.....	46
6	Vergelijking gevelsystemen	47
6.1	Voor- en nadelen.....	47
6.2	Verspillingen en indirecte kosten	49
6.3	Conclusie vergelijking gevelsystemen	50
7	Optimalisatie door middel van alternatieve gevelsystemen	51
7.1	Denktraject projectleider.....	51
7.2	Uitbreiding stroomdiagram.....	52
7.3	Randvoorwaarden	52
7.4	Optimalisatie van de kosten	53
8	Besluit.....	55
	Referentielijst.....	57
	Bijlagen.....	61
8.1	Bijlage A: Interviews met projectleiders.....	61
8.1.1	Zilverwit - Gijs Cools.....	61
8.1.2	BEWEL – Gijs Cools.....	63
8.1.3	Syus Leuven – Jochem Van Aken	65

8.1.4	Hof ter Dorpe – Gijs Cools.....	67
8.1.5	Land Van Aa Turnhout – Maarten Leenaerts.....	69
8.2	Bijlage B: Prijsofferte E-Board	72
8.3	Bijlage C: Prijsofferte Signa.....	74
8.4	Bijlage D: Detailtekeningen ribcassettevloer en kanaalplaatvloer	75
8.5	Bijlage E: Prijsofferte Spaansen - Gevelklaar.....	76
8.6	Bijlage F: Prijsofferte Spaansen - Betoncasco	77

Lijst van tabellen

Tabel 1: Technische gegevens verschillende isolatiematerialen.....	40
Tabel 2: Directe en indirecte kosten van het huidig gevelsysteem	40
Tabel 3: Materiaalprijzen E-Board en Zero E-Board.....	46
Tabel 4: Prijzen plaatsing en voegwerk E-Board.....	47
Tabel 5: Prijzen o.b.v. prijsofferte Spaansen.....	49
Tabel 6: Voor- en nadelen verschillende gevelsystemen	54
Tabel 7: Besluit projectleidersvergadering verspillingen en randvoorwaarden	49
Tabel 8: Samenvattende tabel met eenheidsprijzen van alle gevelsystemen per vierkante meter (*inclusief plaatsing)	54

Lijst van figuren

Figuur 1: Faalkosten in functie van het bouwproces	19
Figuur 2: Halfsteensverband.....	20
Figuur 3: Klezorenverband	20
Figuur 4: Wildverband	20
Figuur 5: Stapelverband.....	20
Figuur 6: Acht verspillingen	21
Figuur 7: 5S-methode.....	23
Figuur 8: Klassieke gevelopbouw uit kalkzandsteen a) 3D gevelopbouw b) snede met afmetingen gevelopbouw	25
Figuur 9: Zilverwit te Rotselaar	27
Figuur 10: Bloesemhof in Nieuwerkerken	28
Figuur 11: Bewel in Diepenbeek	28
Figuur 12: De Lei in Leuven.....	29
Figuur 13: Hof ter Dorpe in Oud Turnhout	29
Figuur 14: Land van Aa in Turnhout	30
Figuur 15: Voorbeeld lean planning.....	35
Figuur 16: Werfinrichtingsplan Zilverwit	36
Figuur 17: Werfinrichtingsplan met aanduiding positionering materialen.....	37
Figuur 18: 3D-model kalkzandsteen van het project Land van Aa.....	38
Figuur 19: E-Board.....	39
Figuur 20: Signa-gevelsysteem.....	41
Figuur 21: StoCleyer B gevelsysteem	43
Figuur 22: Plaatsing Gevelklaarsysteem van Spaansen	44
Figuur 23: RoboBricksysteem	44
Figuur 24: Detailtekening a) ribcassettevloer b) kanaalplaatvloer	45
Figuur 25: Detail wandverbinding.....	45
Figuur 26: Denkmodel van een projectleider voor keuze gevelsysteem	51
Figuur 27: Verschillende situaties	53

Abstract

Deze masterproef analyseert het optimaliseren van de totale bouwkosten van een gevelsysteem in samenwerking met het aannemersbedrijf Artem. Het doel van dit onderzoek is het verlagen van de totale bouwkosten die gepaard gaan met het installeren van een gevelsysteem.

Het onderzoek start met een literatuurstudie waarbij de termen 'bouwkosten' en 'faalkosten' worden gedefinieerd. Vervolgens wordt een analyse gemaakt van het momenteel toegepaste gevelsysteem aan de hand van bestaande werfplannen, interviews en calculaties. Hiervoor worden drie afgewerkte en drie lopende projecten onderzocht met betrekking tot lean management en kosten.

Daarnaast worden vier alternatieve gevelsystemen onderzocht op het vlak van technische eigenschappen en kosten, die zich beperken tot de werf en het transport. Hierna worden de verschillende gevelsystemen met elkaar vergeleken, waarbij de voor- en nadelen van ieder systeem worden afgewogen.

Uit de analyse blijkt dat geen eenduidige overkoepelende oplossing bestaat om de totale bouwkosten te verlagen. Prijzen en technische specificaties variëren waardoor elk project in zijn eigenheid beschouwd moet worden. Daarnaast wordt op basis van de van Artem verkregen gegevens vastgesteld dat de huidige werkingsmethode voldoet aan de stappen van lean management en werfinrichting. Toch blijft specifieke optimalisatie van deze methode mogelijk in de toekomst.

Abstract in English

This master's thesis analyses the optimization of the total construction cost of a wall system in collaboration with the contractor company Artem. This research aims to reduce the total construction costs incurred by the wall system.

First, a literature review is conducted to define the terms 'construction costs' and 'failure costs'. Next, the currently applied wall system is analyzed using construction plans, interviews and cost calculations. For this purpose, three finalized projects and three projects in progress are examined regarding lean management and costs.

In addition, four alternative façade systems are investigated in terms of technical characteristics and costs, limited to the site and transport. The different facade systems are then compared, considering the advantages and disadvantages of each system.

It follows from the analysis that the construction costs of a wall system depend on each project. As a result, there is no single overarching solution for reducing overall construction costs. This means that prices and wall systems will vary, so each project has to be considered separately. In addition, based on the data obtained from Artem, the current working method is found to comply with the steps of lean management and site design. However, specific optimizations of this method remain possible in the future.

1 Inleiding

In de steeds duurder wordende maatschappij is het moeilijk voor aannemers om concurrentieel te blijven en tegelijkertijd projecten rendabel te houden. Hierdoor zijn kostenbeheer en besparingen noodzaak. Drie jaar geleden werd de wereld geteisterd door een pandemie en slechts één jaar geleden startte de oorlog in Oekraïne. De prijzen van grondstoffen en producten blijven stijgen en competitief zijn (en blijven) in de bouwsector is een nog grotere uitdaging geworden.

In het kader van dit eindwerk werd samengewerkt met het aannemersbedrijf Artem gevestigd in Dessel. Dit bedrijf is een klasse acht aannemer¹ en is een dochterbedrijf van Groep Van Roey. Artem staat hoofdzakelijk bekend om de bouw van sociale woningen, maar daarnaast ontwikkelen zij ook steeds vaker sportcomplexen, scholen, ziekenhuizen, appartementsgebouwen en meer [1].

In deze scriptie wordt een analyse gemaakt van de totale bouwkosten van het huidige gevelsysteem dat momenteel gehanteerd wordt door Artem. Eerst wordt een literatuurstudie uitgewerkt om alle begrippen te definiëren. Daarna wordt een onderzoek uitgevoerd naar alle directe kosten, indirecte kosten en faalkosten in de huidige situatie. Dit onderzoek omvat het grondig doorlichten van de meetstaat en het afnemen van interviews met projectleiders om inzicht te krijgen in de werkingmethode en de mogelijke uitdagingen van het huidig toegepaste systeem.

Daarnaast wordt gezocht naar andere mogelijke bestaande gevelsystemen. Deze systemen worden geëvalueerd en vergeleken op het vlak van technische toepasbaarheid en totale bouwkosten.

Tot slot zal een advies geformuleerd worden in het kader van dit onderzoek.

Het is belangrijk om te vermelden dat alle prijzen in deze paper dateren van voor de pandemie of de oorlog in Oekraïne. Op deze manier krijgen we een duidelijker beeld van de besparingsmogelijkheden.

¹ Aannemer met de hoogste erkenning in de bouw en die projecten mag uitvoeren met een kostprijs meer dan 5 330 000 euro [2].

2 Literatuurstudie

In het eerste deel van deze masterproef wordt een literatuurstudie uitgevoerd om meer kennis te verkrijgen over reeds uitgevoerd onderzoek en om de begrippen bouwkosten en faalkosten te definiëren. Daarnaast worden ook de verschillende metselverbanden van het buitenspouwblad onderzocht. Tot slot worden de verschillende lean basisprincipes en de verspillingen in de bouwsector geanalyseerd.

2.1 Het bouwproces

Om een gebouw, zowel residentieel als niet-residentieel, te realiseren, volgt men een specifiek stappenplan. Dit stappenplan wordt het bouwproces genoemd. Tot op heden wordt op een traditionele manier te werk gegaan volgens een transformatiemodel. Dit model ziet het productieproces als een transformatie van inkomende producten naar uitgaande producten. Het proces is pas voltooid als alle onderdelen van dit proces een omvorming hebben doorgemaakt. Vertaald naar het bouwproces, betekent dit dat de constructie van een gebouw opgesplitst wordt in verschillende fases. Elke fase moet volledig worden doorlopen alvorens een nieuwe fase van start kan gaan [3].

Het transformatiemodel is geschikt voor een reguliere omgeving waarbij het proces onder controle kan staan en onvoorziene omstandigheden snel beheerst kunnen worden. Een klassieke productiehhal is hiervan een goed voorbeeld. Het bouwproces is echter niet eenvoudig te controleren. Gebouwen hebben steeds een uniciteit en worden ter plaatse geproduceerd, waardoor onvoorziene omstandigheden kunnen voorkomen, zoals weersomstandigheden of een minder vlotte samenwerking met onderaannemers. Daardoor neemt de bouwperiode toe en ontstaan bijkomende kosten [4].

2.2 Begroting

Bij de constructie van een gebouw zijn kosten onvermijdelijk. Hierbij kan een onderscheid worden gemaakt tussen zes overkoepelende kosten. Deze kosten zijn: grondkosten, bouwkosten, inrichtingskosten, bijkomende kosten, onvoorziene kosten en belastingen [5].

De eerste overkoepelende kosten zijn de grondkosten. Dit houdt in: het uitgraven van grond, het afvoeren van grond en het bouwrijp maken van het perceel. In risicovolle gebieden kan er grondonderzoek plaatsvinden [5].

De bouwkosten zijn “de kosten die voortvloeien uit aangegane verplichtingen ten behoeve van de fysieke realisatie (= het bouwen) van de bouwwerken” [5, p. 15] of anders verwoord: alle kosten die bij het bouwproces komen kijken [5].

Inrichtingskosten zijn kosten voor de inrichting van het gebouw, zoals bijvoorbeeld voor het plaatsen van een keuken [5].

De bijkomende kosten zijn de kosten die bijdragen aan het bouwproces, maar geen rechtstreekse invloed hebben op het proces zelf, zoals de kosten voor projectmanagement, verzekeringen en stabiliteitsstudies [5].

Daarnaast zijn er de onvoorziene kosten. Hieronder worden alle kosten gerekend voor bijkomende werken op vraag van de bouwheer tijdens de uitvoeringsperiode die niet binnen het bestek vallen [5].

Tot slot, de belastingen, deze kosten hebben hoofdzakelijk betrekking op de belasting over de toegevoegde waarde (BTW) [5].

2.3 De bouwkosten

De algemene definitie van bouwkosten werd in het vorige onderdeel §2.2 Begroting besproken. Hierbij is het belangrijk om een onderscheid te maken tussen directe en indirecte bouwkosten. De directe kosten kunnen omschreven worden als alle kosten die rechtstreeks aan een object of product gelinkt kunnen worden, zoals bijvoorbeeld materialen en grondstoffen. De indirecte kosten zijn alle kosten die niet geregistreerd worden in functie van het bouwproces, zoals bijvoorbeeld werfinrichting. Deze kosten kunnen óf niet rechtstreeks in verband gebracht worden met het productieproces, óf het vergt te veel tijd om deze kosten direct in rekening te brengen [6].

Naast de directe en indirecte bouwkosten vallen ook de kwaliteitskosten onder de bouwkosten. De kwaliteitskosten worden beschreven als alle kosten om ongewenste kwaliteitsafwijkingen te constateren en te vermijden. Daarnaast omvatten deze kosten ook de kosten om deze afwijkingen te herstellen. Hieronder vallen de faalkosten [7].

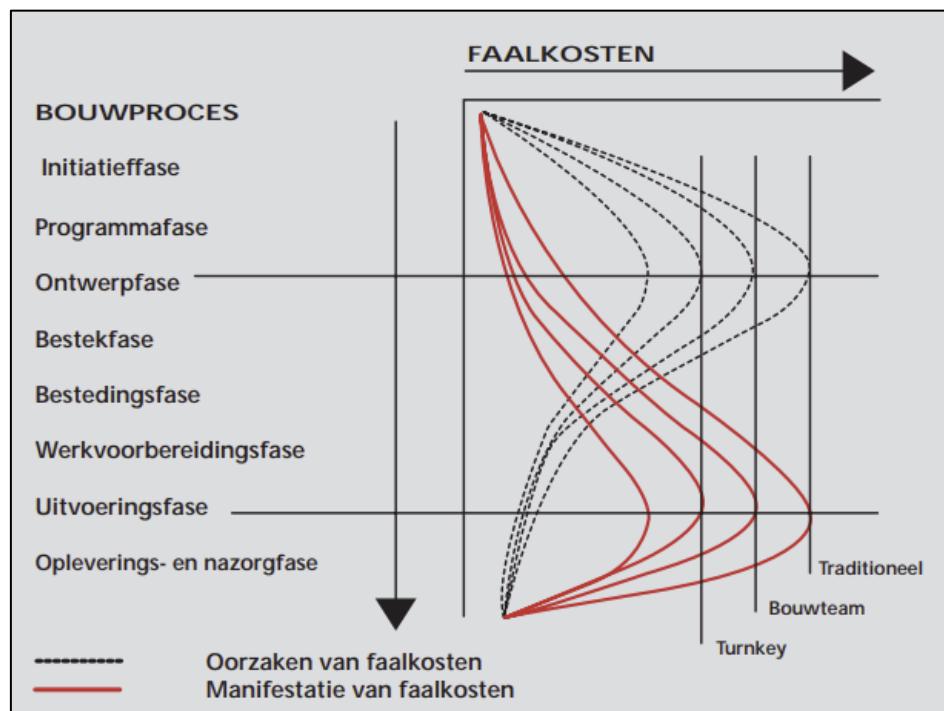
2.4 De faalkosten

Faalkosten kunnen op verschillende manieren gedefinieerd worden, steeds met een andere insteek of betekenis. Faalkosten in deze paper zijn 'alle kosten die voortkomen uit het niet efficiënt verlopen van het bouwproces of het niet voldoen van het eindproduct aan de vooropgestelde kwaliteitseisen waardoor bijkomend kosten gemaakt moeten worden om hieraan te voldoen' [7]–[9].

De gemiddelde waarde van de faalkosten is 13,5% van de totale bouwkosten. Dit percentage schommelt binnen een spreidingsgebied door de uniciteit van ieder project en de locatie van de verschillende projecten. Deze faalkosten komen het meeste voor in de volgende twee fases van het bouwproces, namelijk de ontwerpfase en de uitvoeringsfase [10].

Voor het analyseren van de faalkosten dient eerst het volledige bouwproces geanalyseerd te worden. De meeste faalkosten kennen hun oorsprong in de ontwerpfase. Deze kosten zijn fouten en/of tekortkomingen die pas tevoorschijn komen tijdens de uitvoeringsfase. Door het laattijdig opmerken zullen de kosten hoger zijn, dan wanneer ze opgemerkt worden in de ontwerpfase. Het is daarom belangrijk dat alle faalkosten zo snel mogelijk gedetecteerd worden [9].

Figuur 1 geeft de faalkosten in functie van het bouwproces weer. Hierin kan opgemerkt worden dat de faalkosten die optreden tijdens de uitvoeringsfase veroorzaakt worden gedurende de ontwerpfase. Figuur 1 bevestigt eveneens bovenstaande alinea [9].



Figuur 1: Faalkosten in functie van het bouwproces [7, p.8]

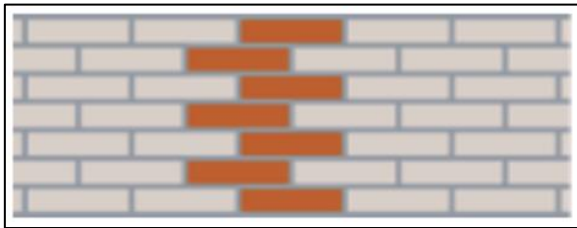
Vervolgens worden enkele voorbeelden van uitvoerende faalkosten besproken met hun onderliggende oorzaak. Zo is tijdsdruk een grote oorzaak voor faalkosten. Deze kosten zorgen voor onder andere kwaliteitsverlies door de trage besluitvorming en de lange levertermijnen. Hierdoor moet de uitvoeringsfase snel gaan en dit kan leiden tot kosten door onvoldoende zorg. Daarnaast wordt tijdens de voorbereidende fase niet voldoende nagedacht over het kritieke pad [7]. Dit kritieke pad of deze rode draad in het proces is maatgevend voor de doorlooptijd van het project en moet uitgevoerd worden in een vaste volgorde. Een vertraging op het kritieke pad leidt tot een vertraging van het gehele proces [11]. Bijvoorbeeld, wanneer leveringen op zich laten wachten, kent het totale project een langere doorlooptijd [7].

Ook is de overgang tussen verschillende fases een cruciaal punt. Tijdens deze overgang kan informatie verloren gaan, zoals de laatste versies van ontwerpplannen. Dit probleem zorgt voor onvoldoende kennis in de volgende fase. Hierdoor kunnen fouten optreden, die leiden tot extra kosten [7].

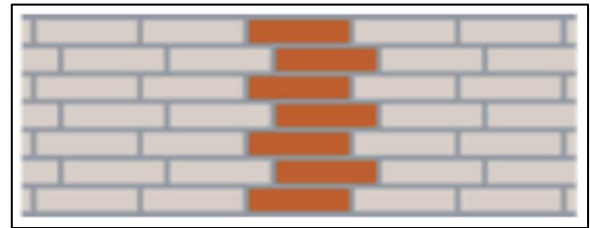
Tot slot kan de mens ook een oorzaak zijn voor het ontstaan van faalkosten. Een voorbeeld hiervan is een niet-samenwerkende cultuur en attitude. Voor een goede samenwerking zullen verschillende partijen naar elkaar moeten luisteren. In de bouwsector blijkt dit een moeilijke opdracht. Iedere partij wil zijn eigen werk zo efficiënt en zo goed mogelijk uitvoeren, zelfs als dit ten koste gaat van een andere partij. Verder is communicatie hierbij een belangrijk aspect. Het melden van problemen wordt tot op heden eerder afgestraft, eerder dan dat er samen gezocht wordt naar een oplossing. Hierdoor worden problemen vaak verzwegen die achteraf pas boven water komen, waardoor een duurder herstel nodig is [7].

2.5 Metselverbanden

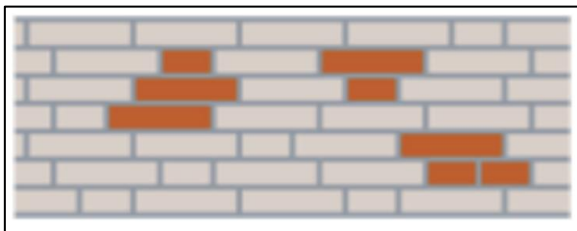
Op vlak van metselwerk bestaan er verschillende metselverbanden. Hierbij heeft elk verband zijn eigen methode en regels waar rekening mee gehouden dient te worden. Enkele mogelijke metselverbanden zijn: stapelverband, halfsteensverband, wildverband en klezorenverband. Deze metselverbanden zijn zichtbaar in Figuur 2-5. In specifieke bouwwerken is het ene verband gemakkelijker uit te voeren dan het andere door de positie van ramen en deuren, maar toch wordt het metselverband vaak op voorhand bepaald door de architect en bouwheer om esthetische redenen. Het gekozen metselverband kan invloed hebben op de uitvoeringstermijn van het metselwerk. Hierdoor is het belangrijk om niet enkel esthetisch maar ook uitvoeringsgericht te denken [12].



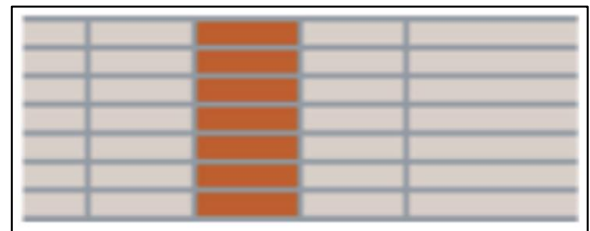
Figuur 2: Halfsteensverband [12]



Figuur 3: Klezorenverband [12]



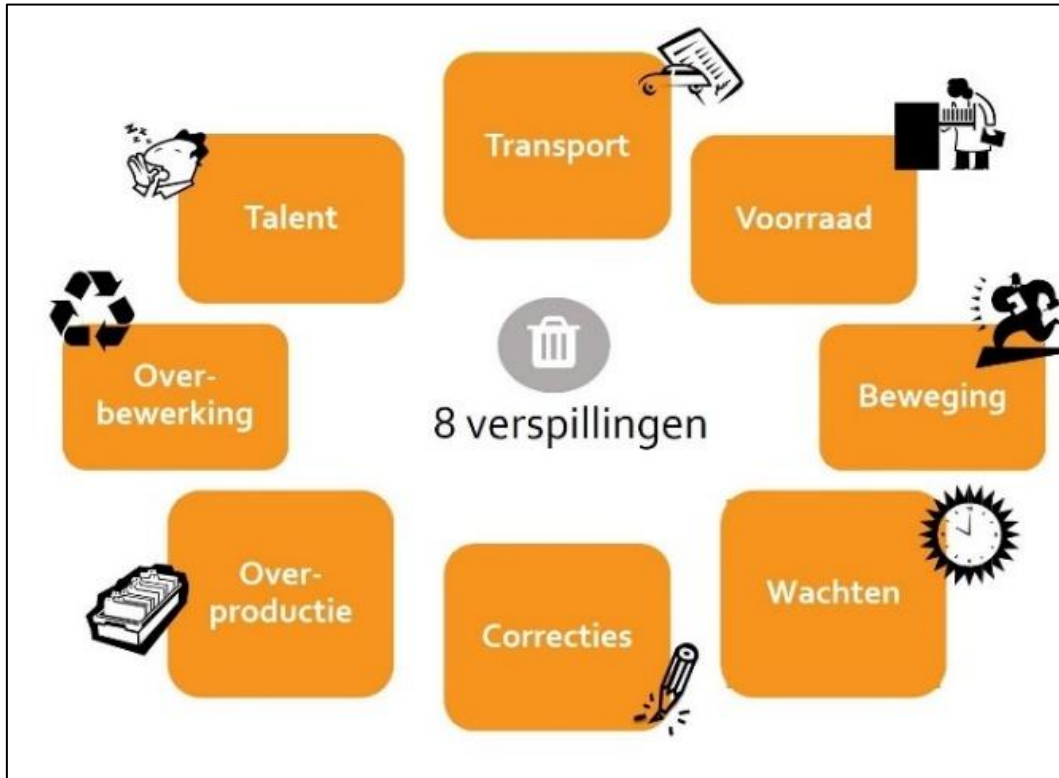
Figuur 4: Wildverband [12]



Figuur 5: Stapelverband [12]

2.6 Lean in de bouw

Lean management is een methode waarbij zoveel mogelijk waarde voor de klant gerealiseerd wordt met zo weinig mogelijk inefficiënte kosten door het vermijden van verspillingen, aangezien dit faalkosten kan veroorzaken. Aan de hand van deze methode kan op de werf efficiënter gewerkt worden aan een hogere kwaliteit en met winst [11], [13]. De verspillingen kunnen opgedeeld worden in acht soorten verspillingen. Deze verspillingen worden opgesomd en beschreven in onderstaande alinea's.



Figuur 6: Acht verspillingen [14]

1. Transport

De eerste verspilling is het transport. Dit omvat het transport van materialen, materieel en personen. De verspilling kan op de werf optreden door materialen en materieel over onnodig lange afstand te transporteren. Overmatige verplaatsingen kunnen leiden tot vertragingen, schade of defecten. Wanneer het transport slechts beperkt plaatsvindt, zullen te hoge voorraden op de locatie aanwezig zijn. Door deze hoge voorraden wordt een andere verspilling 'voorraad' bevordert [15]–[17].

2. Voorraad

Het beschikken over een voorraad aan materialen heeft niet altijd een gunstig effect. Voor het stockeren van materialen is voldoende opslagruimte nodig. Echter is op een werf de plaats beperkt om dit op een gestructureerde manier te stockeren. Dit leidt tot een inefficiënte werfinrichting, mogelijke schade aan materialen of diefstal en langere zoektijden. Hierdoor ontstaan de verspillingen 'overbodige beweging' en 'wachten'. Eveneens dienen gestockeerde materialen voorgefinancierd te worden wat een kost is zonder enige opbrengst op dat moment [15]–[17].

3. **Beweging**
De verspillingen in bewegingen zijn alle onnodige bewegingen van personen. Een voorbeeld hiervan is het zoeken naar gereedschap en materialen in een ongeorganiseerde werfinrichting. Ook taken zoals tillen, buigen, strekken en reiken zijn overbodige bewegingen en dienen geminimaliseerd te worden om het gezondheids- en veiligheidsniveau te verhogen. Eveneens zorgen overbodige bewegingen tot vermoeidheid van de werknemers, wat leidt tot een vermindering in productiviteit en mogelijk het ontstaan van defecten [15]–[17].
4. **Wachten**
Wachten heeft verschillende negatieve effecten op het project. Allereerst leidt het wachten van arbeiders tot onproductiviteit aangezien de arbeiders niets kunnen doen behalve wachten op verdere instructies. Ten tweede zorgt wachten voor een vertraging van het project wat leidt tot een langere doorlooptijd. Tot slot zal de wachtperiode opgevuld worden met activiteiten die geen waarde toevoegen aan het project [15]–[17].
5. **Overbodige bewerkingen**
Overbodige bewerkingen kunnen eveneens benoemd worden als ‘overprocessing’. Dit betekent: meer arbeid uitvoeren, meer onderdelen toevoegen of meer (overbodige) stappen aan het proces toevoegen dan noodzakelijk voor de vraag van de klant. Dit leidt tot vertragingen in het project, waardoor de kosten toenemen [15]–[17].
6. **Overproductie**
De zesde verspilling is het overproduceren. Hierbij wordt meer geproduceerd dan strikt noodzakelijk is voor de klant. Hoewel het aantrekkelijk is om zoveel mogelijk te produceren als er tijd is om te werken, kan dit leiden tot overbelasting van machines en personeel, waardoor het risico op het ontstaan van voorraad verhoogt. Eveneens leidt het overproduceren tot een tekort aan voorraad voor de komende periode. Hierdoor dient de voorraad eerder aangevuld te worden dan voorzien. Dit is niet altijd mogelijk en is afhankelijk van de levertermijn van het materiaal. Hierdoor zullen wachttijden ontstaan bij het personeel door het tekort aan materiaal [15]–[17].
7. **Defecten**
Defecten zijn producten die niet geschikt zijn als eindproduct zoals gevraagd door de klant. Hierdoor resulteren de defecten in de afbraak of het verwijderen van het product. Daarnaast kan mogelijk een herbewerking plaatsvinden, maar ook dit zorgt voor extra kosten. Aangezien deze kosten niet meteen leiden tot toegevoegde waarde voor de klant zijn defecten ook verspillingen [15]–[17].
8. **Onbenutte kennis**
Onbenutte kennis is de achtste vorm van verspilling. Hierbij worden de vaardigheden en capaciteiten van de werknemers niet optimaal benut. Dit betekent dat de organisatie niet het maximale uit de menselijke hulpbronnen haalt. Dit leidt tot ongemotiveerde of ontevreden werknemers. Onbenutte kennis wordt ook ‘verspilling van onbenut menselijk talent’ genoemd [15]–[17].

Hieruit kan geconcludeerd worden dat niet alle verspillingen vermeden kunnen worden in het bouwproces. Het is bijvoorbeeld onmogelijk om de factor 'beweging' uit te schakelen, maar dit kan maximaal beperkt worden door onder andere het efficiënt inrichten van de werf [11].

Een mogelijke oplossing om lean te werk te gaan in de bouw is het toepassen van de 5S-methode. Deze methode zorgt ervoor dat de verspillingen op de werkvloer beperkt worden door te focussen op orde en netheid. Daarom staat de 5S-methode ook voor: scheiden, schikken, schoonmaken, standaardiseren en standhouden, zoals zichtbaar in Figuur 7. Dit zorgt ervoor dat gewerkt wordt in een nette werkomgeving waarbij alles vlot bereikbaar is. Hierdoor verhoogt eveneens de werkveiligheid en productiviteit van de werf. Een mogelijke oplossing voor het toepassen van deze methode is gebruikmaken van een georganiseerde materiaalcontainer of het opstellen van een werfinrichtingsplan [11].



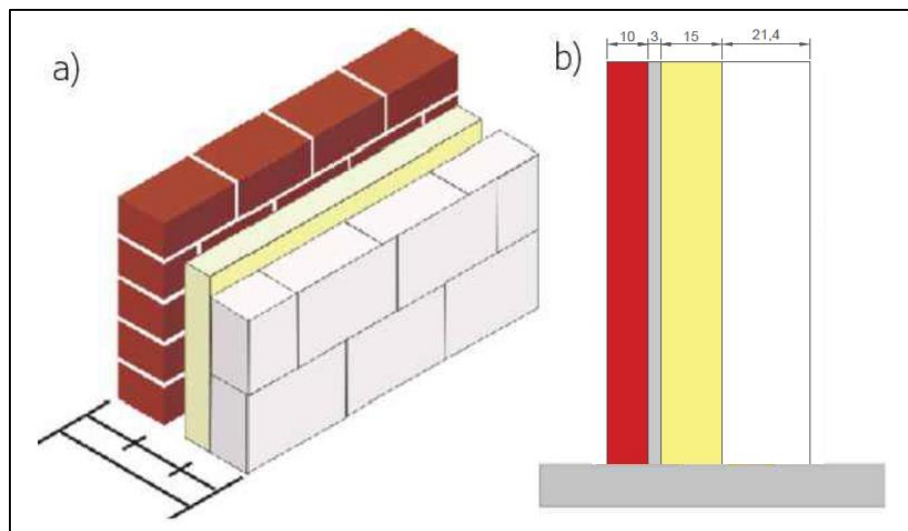
Figuur 7: 5S-methode [18]

3 Analyse huidige werkmethode

3.1 Beschrijving huidig gevelsysteem

Dit onderzoek start met een noodzakelijke beschrijving van het huidige gevelsysteem, zoals aangeboden door Artem. Hierna kan een vergelijking gemaakt worden tussen het huidige gevelsysteem en alternatieve gevelsystemen, en dit op vlak van directe, indirecte en faalkosten.

Het huidig toegepaste gevelsysteem van Artem voor nieuwbouwprojecten kent een klassieke opbouw. Dit betekent dat de muur is opgebouwd uit een binnenmuur van kalkzandsteen. Vervolgens wordt een isolatiemateriaal bevestigd aan de buitenzijde van deze muur. Hierna wordt een luchtspouw voorzien en de façadesteen als buitenmuur gemetseld. Om de façadesteen te bevestigen aan de binnenmuur wordt gebruik gemaakt van spouwankers. Tot slot wordt aan de binnenzijde van de binnenmuur een pleisterlaag aangebracht ter afwerking. De binnenmuur kan zowel een niet-dragende als een dragende functie vervullen. Figuur 8 geeft de klassieke gevelopbouw weer.



Figuur 8: Klassieke gevelopbouw uit kalkzandsteen a) 3D gevelopbouw b) snede met afmetingen gevelopbouw [14]

Kalkzandsteen heeft verschillende voordelen. Het is een sterk materiaal en biedt goede geluidsisolatie, waardoor het zeer geschikt is voor appartementen of andere gebouwen waar geluidsoverlast een probleem kan zijn. De kalkzandsteenblokken ($\rho = 1750 \text{ kg/m}^3$) bestaan uit een massief geheel met een hoger soortelijk gewicht (ρ) ten opzichte van snelbouwstenen ($\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$) [19]. Verder is het een duurzaam materiaal, aangezien het bestaat uit kalk en zand die 100% recyclebaar zijn [20]. Deze stenen worden geplaatst door middel van een hijskraan. Muren uit kalkzandsteen worden sneller opgebouwd dan snelbouwstenen door hun grote afmetingen. Tot slot is kalkzandsteen vocht- en vuurbestendig, wat een voordeel biedt in openbare gebouwen [21].

Toch heeft werken met kalkzandsteenblokken ook nadelen. Zo zijn de bestaande blokken moeilijk te verzagen en daarom zijn complexe vormen moeilijk in de praktijk. Daarnaast kan er niet gewerkt worden bij een temperatuur lager dan -3°C , omdat de lijm tussen de blokken dan niet uithardt [22]. Eveneens is bij het plaatsen van deze stenen een hijskraan vereist en druk- en trekschoren om hoge muren te stabiliseren tot een volledige uitharding is voltooid.

Als isolatiemateriaal kan gekozen worden voor polyurethaan (PUR), minerale wol (MW), polyisocyanuraat (PIR), geëxtrudeerd polystyreen (XPS) of geëxpandeerd polystyreen (EPS).

Voor ieder isolatiemateriaal kan een thermische weerstand (R-waarde) en warmtegeleidingscoëfficiënt (λ -waarde) bepaald worden [23]. Hoe hoger de R-waarde en hoe lager de λ -waarde hoe beter isolerend. Dit is belangrijk voor het energieprestatiecertificaat (EPC-waarde) van de woning. Op basis van deze waardes kan de nodige dikte van het isolatiemateriaal bepaald worden. De materiaalkeuze wordt meestal bepaald door de architect in samenspraak met een EPB-verslaggever. Verder spelen factoren zoals brandweerstand, drukvastheid, dampdoorlatendheid en milieu-impact een rol bij deze keuze. Tabel 1 geeft de technische gegevens weer van de verschillende isolatiematerialen met bijhorende diktes [24].

Tabel 1: Technische gegevens verschillende isolatiematerialen

Materiaal	R-waarde [m^2K/W]	Dichtheid [kg/m^3]	λ -waarde [W/mK]	Dikte [cm]
PUR	3,85; 5,38	30	0,026	10; 14
MW	3,84	30-40	0,032-0,041	14
PIR	5,85	30-32	0,019-0,022	12
XPS	2,46; 3,08; 4,31	30-40	0,027-0,038	8; 10; 14
EPS	3,33	20	0,036	12

Bij renovatieprojecten zijn alternatieve methodes mogelijk. Hierbij kan het gevelsysteem volledig afgebroken worden om vervolgens opnieuw opgebouwd te worden in kalkzandsteen. Daarnaast kan ervoor gekozen worden om enkel het uitzicht te veranderen. Bij deze methode wordt de oorspronkelijke gevel behouden en wordt een nieuwe isolatielaag geplaatst tegen de bestaande gevel. Vervolgens worden op de isolatie enkele voorbereidende lagen aangebracht waar achteraf het pleisterwerk op aangebracht wordt. Dit, om de uiteindelijke muurdikte te minimaliseren. Indien deze methode wordt toegepast zullen de bestaande deur- en raamkozijnen opnieuw aangebracht moeten worden om aan de nieuwe gevelopbouw te voldoen.

Tevens zijn andere mogelijke afwerkingsmethodes zoals hout, staal of glaswanden ook mogelijk. Deze afwerkingsmaterialen komen in de onderzochte projecten in beperkte mate aan bod naar vraag van de klant, maar zullen in dit onderzoek niet verder besproken worden.

3.2 Casestudies

Om de huidige werkingmethode en de verschillende gebruikte gevelsystemen van Artem te analyseren, werden drie afgewerkte projecten en drie projecten-in-uitvoering ter beschikking gesteld. Deze projecten worden hieronder opgesomd en toegelicht. Het is belangrijk om te vermelden dat al deze projecten van grote omvang zijn.

3.2.1 Afgewerkte projecten

3.2.1.1 *Zilverwit - Rotselaar*

Het allereerste afgewerkte project is het project Zilverwit te Rotselaar. Dit nieuwbouwproject bestaat uit 52 assistentiewoningen en 41 residentiële appartementen verdeeld over vier verschillende gebouwen. Verder bevat dit project een gemeenschappelijke ruimte en tuin [25]. Het project is van start gegaan op 1 januari 2020.

Dit project gaat uit van het huidige gevelsysteem waarbij tegen de ruwbouw uit kalkzandsteen, isolatie wordt voorzien, vervolgens een spouw en ter afwerking een façadesteen. Figuur 9 geeft het project Zilverwit te Rotselaar weer.



Figuur 9: Zilverwit te Rotselaar [25]

3.2.1.2 Bloesemhof - Nieuwerkerken

Het volgende project, genaamd Bloesemhof, is eveneens een afgewerkt project. Dit project is gelegen te Nieuwerkerken en bestaat uit 22 appartementen, zeven woningen en een ondergrondse parkeergarage. Figuur 10 geeft het project Bloesemhof weer [26]. Ook dit project realiseert het huidig toegepaste gevelsysteem. Het project ging van start in mei 2021.



Figuur 10: Bloesemhof in Nieuwerkerken [26]

3.2.1.3 Bewel - Diepenbeek

Het laatste afgewerkte project is het project Bewel te Diepenbeek. Dit nieuwbouwproject bestaat uit een nieuw kantoorgebouw ter vervanging van het oude kantoorgebouw. Het oorspronkelijke kantoorgebouw werd vervangen door een nieuwe parking met een groene buitenomgeving. De gevelopbouw van dit project bestaat uit glasgordijnen met een aluminium frame [27]. Het project is van start gegaan op 19 februari 2022. Figuur 11 geeft het project Bewel weer.



Figuur 11: Bewel in Diepenbeek [27]

3.2.2 Projecten in uitvoering

3.2.2.1 Syus - Leuven

Het eerste project-in-uitvoering is het project De Lei te Leuven, weergegeven in Figuur 12. Dit project omvat de renovatie van 168 studentenkoten. Hierbij wordt de bestaande gevelbekleding uit betontegels vervangen door een isolatiepaneel met crepi ter afwerking. Startdatum: 8 februari 2023.



Figuur 12: De Lei in Leuven

3.2.2.2 Hof ter Dorpe – Oud Turnhout

Het tweede project-in-uitvoering is het project Hof ter Dorpe gelegen in Oud Turnhout. Dit project omvat 40 appartementen, vier gezinswoningen en twee handelsruimtes. Het gevelsysteem bestaat uit een buitenmuur opgebouwd uit metselwerk, isolatie, een luchtspouw en een façadesteen. Voor deze steen werd op vraag van de architect een uitzonderlijk formaat gebruikt. Dit project ging van start op 4 april 2022. Figuur 13 geeft het project Hof ter Dorpe weer.



Figuur 13: Hof ter Dorpe in Oud Turnhout [28]

3.2.2.3 Land van Aa - Turnhout

Het laatste project is het project Land van Aa te Turnhout. Dit project omvat vier gebouwen bestaande uit 25 wooneenheden en een collectieve ruimte. Twee van deze gebouwen zijn onderkelderd.

Voor de gevelbouw wordt een gevelsysteem gehanteerd dat bestaat uit kalkzandsteen, minerale wol, een luchtsponw en een façadesteen. Om voldoende hechting te verkrijgen tussen de verschillende kalkzandstenen wordt hier gebruik gemaakt van hechtingslijm. De façadesteen wordt gemetseld met mortel. Het project ging van start op 15 maart 2022. Figuur 14 geeft het project Land van Aa weer.



Figuur 14: Land van Aa in Turnhout [29]

3.3 Interviews met projectleiders

Om meer inzicht te verkrijgen en het huidige gevelsysteem te analyseren, worden verschillende interviews afgenomen bij drie projectleiders van Artem over de beschreven projecten in §3.2 aan de hand van een vooropgestelde vragenlijst. Deze vragenlijst bestaat uit algemene vragen over de werf en specifieke vragen met betrekking tot opgetreden fouten en management van het project. Vervolgens wordt een online interview afgenomen over de ingevulde vragenlijst om bijkomende vragen te stellen en onduidelijkheden weg te werken. De volledige vragenlijsten van de projectleiders met aanvullingen zijn terug te vinden in Bijlage A.

In de volgende alinea's wordt een korte samenvatting beschreven van de belangrijkste elementen uit de vragenlijsten en interviews gegroepeerd per project.

3.3.1 Project: Zilverwit – Gijs Cools

Voor het project Zilverwit was Gijs Cools de projectleider. Op vlak van levertermijnen en tijdsbestedingen werd op voorhand een planning gemaakt. Op basis hiervan kon ingeschat worden wanneer de verschillende materialen aanwezig moesten zijn. Op de werf werd ook een ruimte voorzien voor de stockage van geleverde materialen. Daarnaast werden afspraken gemaakt met de leverancier in verband met de levertermijnen. Dit hield in dat de projectleider contact op nam met de leverancier één week voor de start van het gevelmetselwerk en dat vervolgens in die week alle materialen geleverd werden. Dit principe is gekend als just-in-timeleveringen (JIT).

Daarnaast kan gesteld worden dat bij dit project op voorhand werd nagedacht over de positionering van materialen, de werfkeet en de materiaalcontainer op de werf. Dit werd vastgelegd en gecommuniceerd via een werfinrichtingsplan. Ook werd gewerkt met een zeswekenplanning en met een wekelijkse grondige opkuis van de werf om alles ordelijk te houden.

Tot slot werden tijdens het metselproces enkele fouten gemaakt. Zo werden de raamopeningen foutief gepositioneerd en moesten deze opnieuw gemetseld worden. Verder kwam de lagenmaat niet uit. Dit betekent dat de vaste dikte van een laag stenen en voegsel niet behouden bleef. Hierdoor kwam de laatste laag stenen bovenaan niet uit.

3.3.2 Project: Bloesemhof – Simon Huygen

Bij dit project was Simon Huygen projectleider. Hij heeft geen interview afgelegd, noch een vragenlijst ingevuld. Hierdoor is er geen verdere informatie ter beschikking over dit project.

3.3.3 Project: Bewel – Gijs Cools

Het project Bewel stond onder leiding van Gijs Cools. Aangezien het gevelsysteem bestaat uit een combinatie van glas en aluminium, valt dit project buiten het huidige gevelsysteem. Dit project wordt wel meegenomen in de detailcalculatie op vlak van indirecte kosten.

3.3.4 Project: Syus – Jochem Van Aken

Dit project betreft een renovatieproject, met Jochem Van Aken als projectleider. Tijdens de afname van dit interview was de werf nog niet van start gegaan. Hierdoor is geen informatie beschikbaar over levertermijnen en tijdsbestedingen. Over de plaatsing van materialen, werfketen en containers werd vooraf nagedacht door het opstellen van een werfinrichtingsplan. Ook werd van tevoren vastgelegd om te werken met de 5S-methode en een lean planning.

3.3.5 Project: Hof ter Dorpe – Gijs Cools

Gijs Cools is projectleider voor deze werf. Bij deze werf werd dezelfde methode op vlak van levertermijnen gehanteerd als bij de werf Zilverwit. Dit betekent dat de materialen pas op de werf geleverd werden vanaf het moment dat de planning dit toeliet. Bij dit project is een façadesteen gebruikt met uitzonderlijk formaat. De levertermijn van deze stenen is langer dan die van een standaard baksteen. Hierdoor kon de werf mogelijk vertraging oplopen, maar dit heeft zich niet voorgedaan.

Dit project werd uitgevoerd vanaf december 2022. In de planning werd vooropgesteld om op 5 mei 2023 de gebouwen wind- en waterdicht te hebben. Van 20 januari 2023 tot 24 januari 2023 heeft het echter gesneeuwd in België. Hierdoor liep de werf vertraging op.

Verder wordt de werf zelf wekelijks opgeruimd en de werkplekken van de arbeiders dagelijks. Hierbij wordt de 5S-methode niet toegepast. Tot slot wordt voor dit project een planning opgesteld waarbij het lean principe wordt toegepast.

3.3.6 Project: Land Van Aa – Maarten Leenaerts

Deze werf heeft als projectleider Maarten Leenaerts. Op vlak van levertermijn en tijdsbesteding wordt er een vooropgestelde planning gemaakt. Hierdoor kan eveneens ingeschat worden wanneer de materialen geleverd dienen te worden. De kalkzandstenen worden na minimaal 15 werkdagen geleverd en de gevelsteen kan op afroep geleverd worden na een bestelperiode. Op afroep leveren houdt in dit geval in dat de bestelling geleverd kan worden op 2 à 3 werkdagen. Hierdoor is er nooit overbodige overschot op de werf en blijft de stockageruimte eerder beperkt. Door middel van het op voorhand lokaliseren van de stockageplaats aan de hand van een werfinrichtingsplan kon er kritisch nagedacht worden over de meest efficiënte plaats van de torenkraan.

Ten tweede is er ook gevraagd naar management en netheid. Zo wordt de werf regelmatig opgeruimd, maar niet volgens de 5S-methode (aangezien deze niet gekend/bekend was). Verder wordt er gebruik gemaakt van een zeswekenplanning aan de hand van post-its, maar deze planning is enkel voor Maarten zelf. Idealiter zou deze planning aangevuld moeten worden met de planning van de onderaannemers.

3.4 Detailcalculatie met betrekking tot casestudies

Om in dit onderzoek een cijfermatige analyse uit te voeren van de kosten worden de detailcalculaties van de verschillende projecten, besproken in §3.2, ter beschikking gesteld.

De allereerste stap van de analyse is het opsommen en sorteren van alle relevante kosten uit de calculaties. Hierbij worden enkel de kosten in rekening gebracht die verband houden met de werf of het transport van en naar de werf. Andere kosten worden achterwege gelaten. De beschouwde directe kosten zijn enkel de kosten in verband met het gevelsysteem. De indirecte kosten zijn alle kosten met betrekking tot de werfinrichting, algemene personeelskosten en tijdelijke installaties.

In het onderdeel 'Directe kosten', weergegeven in Tabel 2, worden de verschillende materialen van het huidige gevelsysteem opgesomd. Hierbij wordt systematisch van het binnenspouwblad naar het buitenspouwblad gewerkt. Verder worden de arbeidsuren omgerekend naar een eenheidsprijs in vierkante meter, aangezien het rendement afhankelijk is van het gekozen metselverband en het formaat van de façadesteen. De arbeider is de metser van zowel de kalkzandsteen als de façadesteen.

Om de vergelijking tussen de verschillende projecten mogelijk te maken, worden de prijzen van de directe en indirecte kosten herleid naar een eenheidsprijs in vierkante meter of naar een prijs per maand. In Tabel 2 worden alle projecten genoteerd met de verschillende directe en indirecte kosten.

Tabel 2: Directe en indirecte kosten van het huidig gevelsysteem

		Hof Ter Dorpe	Bloesemhof	De Lei	BEWEL	Land van Aa	Zilverwit	Gemiddelde
Directe kosten								
Kalkzandsteen 15 cm	m ²	€ 25,95	€ 23,20	€ 0,00	€ 0,00	€ 24,77	€ 23,95	€ 24,47
Kalkzandsteen 17,5 cm	m ²	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 29,35	€ 0,00	€ 29,35
Kalkzandsteen 21,4 cm	m ²	€ 0,00	€ 32,03	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 32,03
Isolatie PUR 10 cm	m ²	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 12,00	€ 12,00
Isolatie PUR 14 cm	m ²	€ 25,63	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 25,63
Isolatie PIR 12 cm	m ²	€ 0,00	€ 13,66	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 13,66
Isolatie XPS 8 cm	m ²	€ 0,00	€ 18,80	€ 17,20	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 17,90
Isolatie XPS 10 cm	m ²	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 12,00	€ 12,00
Isolatie XPS 14 cm	m ²	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 30,77	€ 0,00	€ 30,77
Isolatie EPS 12 cm	m ²	€ 0,00	€ 0,00	€ 21,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 21,00
Isolatie MW 14 cm	m ²	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 21,65	€ 0,00	€ 21,65
Voegwerk	m ²	€ 14,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 15,00	€ 0,00	€ 14,50
Façadesteen (gevelsteen)	m ²	€ 32,20	€ 25,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 30,53	€ 33,00	€ 30,18
Façadesteen (steenstrips)	m ²	€ 0,00	€ 32,61	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 32,61
Gevelbepleistering	m ²	€ 110,00	€ 0,00	€ 71,60	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 90,80
Arbeider	m ²	€ 64,93	€ 87,40	€ 55,91	€ 46,35	€ 67,68	€ 63,70	€ 64,32
Indirecte kosten								
Werfinrichting	p.m.	€ 5.966,69	€ 5.135,28	€ 3.893,33	€ 4.422,65	€ 6.342,67	€ 6.462,36	€ 5.370,50
Indirecte personeelskost	p.m.	€ 28.921,88	€ 11.875,00	€ 22.966,67	€ 23.209,09	€ 13.422,22	€ 39.803,38	€ 23.366,37
Transport (personeel + materiaal)	p.m.	€ 601,38	€ 1.597,56	€ 2.010,40	€ 1.649,16	€ 672,49	ONB.	€ 1.306,20
Stortcontainer	p.m.	€ 1.426,56	€ 959,76	€ 414,00	€ 226,20	€ 721,14	ONB.	€ 749,53
Torenkraan (Zwaar)	p.m.	€ 8.410,09	€ 7.243,72	€ 0,00	€ 0,00	€ 6.153,79	€ 7.424,17	€ 7.307,94
Torenkraan (Snelmontage)	p.m.	€ 5.741,25	€ 3.710,25	€ 5.805,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 1.550,00	€ 4.201,63
Kraanpersoneel	h	€ 36,07	€ 37,30	€ 36,78	€ 0,00	€ 36,78	€ 36,40	€ 36,67
Werfwegen	m ²	€ 7,48	€ 7,50	€ 10,59	€ 7,47	€ 6,04	€ 10,00	€ 8,18
Gevelstellingen	m ² /p.w.	€ 0,30	€ 0,28	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,28	€ 0,28	€ 0,29
Klein materieel/ladders	p.m.	€ 2.250,00	€ 2.500,00	€ 650,00	€ 409,09	€ 1.333,33	€ 0,00	€ 1.428,48

Uit Tabel 2 wordt geconcludeerd dat de prijs van het kalkzandsteen toeneemt naarmate de steen breder wordt. Verder is de prijs van het isolatiemateriaal afhankelijk van het gekozen materiaal en de dikte van de isolatie. Opmerkelijk is dat de prijs voor 10 cm XPS slechts € 12,00 bedraagt en de prijs voor 8 cm XPS € 17,90. Dit valt mogelijk te verklaren door het tijdstip van de calculatie. Project Zilverwit is gecalculeerd in 2018, Bloesemhof eind 2020 en De Lei begin 2022. De materiaalprijzen zijn in de loop der jaren gestegen, waarbij de oorlog in Oekraïne en de pandemie invloed hebben gehad. Een andere mogelijke oorzaak is het gebruiken van A-merken in plaats van B-merken waardoor de prijs eveneens toeneemt.

Ook wordt vastgesteld dat steenstrips als façadesteen een hogere prijs hebben dan gevelstenen. Echter dient bij de klassieke gevelsteen nog gevoegd te worden wat een extra kostprijs met zich meebrengt. Deze kost kan achterwege gelaten worden bij het gebruik van steenstrips, aangezien deze voornamelijk voegloos worden uitgevoerd. Dit resulteert in een hogere prijs per oppervlakte aangezien de voeg van 1 cm achterwege gelaten wordt en dus meer steenstrips nodig zijn wanneer voegloos gewerkt wordt. Het is eveneens onmogelijk om de materiaalkost te veranderen. De prijs kan alleen dalen wanneer in grote oplagen besteld wordt of wanneer een financiële korting^{II} wordt afgesproken. Tot slot wordt voor de arbeider een gemiddelde kost van € 64,32 gerekend. Deze kost is afhankelijk van het gekozen metselverband en zal door de loonindexering^{III} doorheen de jaren toenemen.

^{II} Een korting die wordt toegepast indien aan de afgesproken betaaltermijn wordt voldaan [30].

^{III} Het automatisch verhogen van de lonen indien de prijzen van goederen en diensten boven de spilindex stijgen [31].

Bij de indirecte kosten is de personeelskost het grootste bedrag per maand, namelijk gemiddeld € 23 366,37. Dit bedrag fluctueert naar gelang de duur en de omvang van de werf. De op één na hoogste kost is die voor de zware torenkraan en bedraagt € 7 307,94. Hierbij is een afweging tussen het gebruik van een snelmontagekraan of een zware torenkraan van groot belang, aangezien er een gemiddeld prijsverschil is van € 3106,31 per maand. De kostprijs van het kraanpersoneel is € 36,67 per uur.

4 Optimalisatie werkingmethode huidig gevelsysteem

In het onderdeel 'Optimalisatie werkingmethode huidig gevelsysteem' wordt een samenvatting gegeven van specifieke werkingmethodes die geoptimaliseerd kunnen worden ongeacht het gekozen gevelsysteem.

4.1 Planning

Uit de interviews met de projectleiders blijkt dat per project een planning wordt opgesteld. De toegepaste methode verschilt bij elke projectleider. Hierdoor is er geen algemene structuur aanwezig.

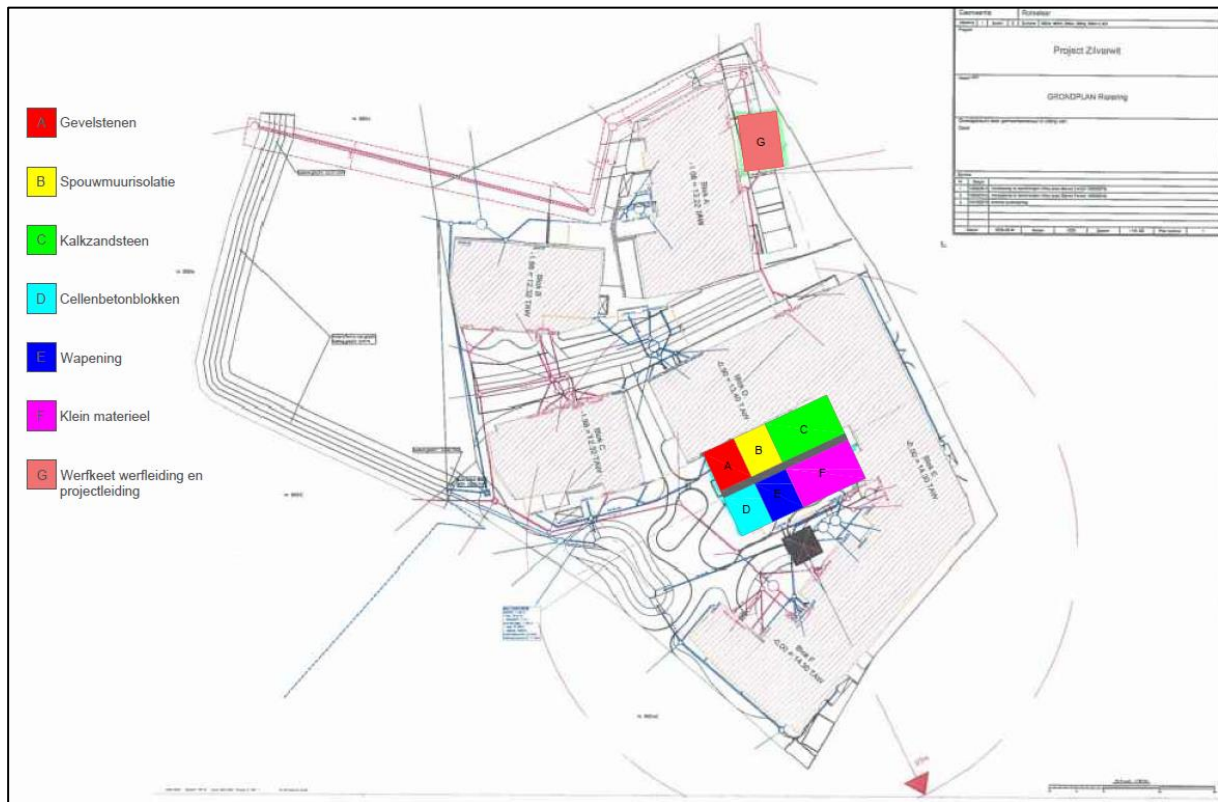
Een mogelijke verbetering omvat het toepassen van een lean planning. Hierbij worden alle betrokken partijen, zoals onderaannemers en leveranciers, in de planning mee opgenomen tijdens een gezamenlijke vergadering. Hierdoor ontstaat betere communicatie tussen de verschillende partijen en kunnen knelpunten eerder opgemerkt worden. Eveneens kan het kritisch pad geoptimaliseerd worden. Dit resulteert in het verminderen van de faalkosten zoals besproken in §2.4 Faalkosten.

Vervolgens dient de planning onderhouden te worden. Dit betekent dat een personeelslid controle uitvoert op deze planning. Wanneer hier niet langer aan voldaan wordt, zullen alle betrokken partijen tijdig op de hoogte gebracht worden. Vervolgens kunnen wijzigingen doorgevoerd worden in samenspraak met alle partijen om tot een nieuwe haalbare planning te komen. Figuur 15 geeft een voorbeeld weer van een gestructureerde lean planning.



Figuur 15: Voorbeeld lean planning [32]

Door het toepassen van deze structuur worden de verspillingen zoals overbodige bewegingen en wachttijden gereduceerd. Een mogelijke verbetering van het werfinrichtingsplan van het project Zilverwit is zichtbaar in Figuur 17.



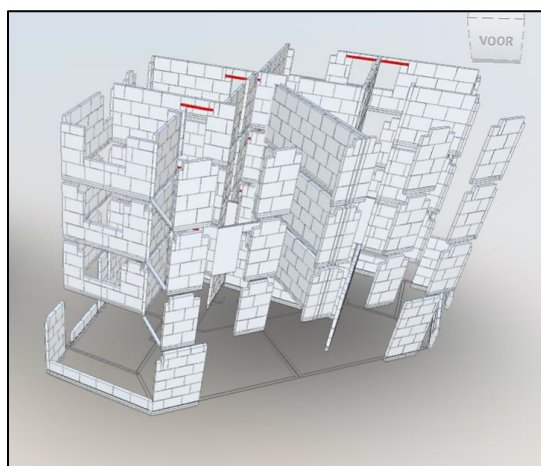
Figuur 17: Werfinrichtingsplan met aanduiding positionering materialen

4.3 Building Information Modeling (BIM)

Vervolgens wordt in de ontwerpfase van de projecten gebruik gemaakt van BIM. In dit softwarepakket wordt een 3D-model getekend van het project om zo kritische punten en eventuele clashdetecties^{IV} op te sporen. Tot op heden wordt enkel het binnenspouwblad geïmplementeerd in dit model. Toch kan het toevoegen van het buitenspouwblad ook voordelen bieden. Zo kunnen eventuele problemen tussen metselpatronen en deur-/raamopeningen tijdig opgemerkt worden en de horizontale en verticale uitlijning worden gecontroleerd. Hierdoor zullen de faalkosten, optredend op de werf, beperkt worden. Daarnaast kan aan de hand van het model de exacte hoeveelheid benodigde stenen bepaald worden. Dit heeft als gevolg minder verspilling en dus reductie van faalkosten door het minimaliseren van extra onnodige voorraad.

Toch mogen deze modellen niet beschouwd worden als 100% correct. Tijdens het modelleren kunnen fouten in het model sluipen of tijdens het uitwerken op de werf kunnen aanpassingen plaatsvinden om het ontwerp in de praktijk haalbarer te maken. Hierdoor wordt aangeraden om een procentuele foutmarge te voorzien op het ontwerp. Zo worden extra benodigde stenen voorzien om het risico op een tekort te vermijden en mogelijke defecten op te vangen. Figuur 18 geeft het 3D-model in kalkzandsteen van het project Land van Aa weer.

^{IV} Een techniek waarbij wordt nagegaan of er conflicten ontstaan in het ontwerp [33].



Figuur 18: 3D-model kalkzandsteen van het project Land van Aa

4.4 5S-methode

Uit de afgenomen interviews blijkt dat de 5S-methode slechts beperkt wordt toegepast op de verschillende werven. De oorzaak hiervan is het gebrek aan kennis over deze methode bij de projectleiders. Toch worden de werven wekelijks opgeruimd om netheid en overzicht te bewaren. Dit is een onderdeel van de 5S-methode, namelijk het onderdeel schoonmaken.

De 5S-methode bestaat uit vijf basisprincipes die allemaal gevolgd dienen te worden om een effectief resultaat te verkrijgen. Hierbij dienen alle project- en werfleiders op de hoogte gebracht te worden van de verschillende stappen vermeld in §2.6 Lean in de bouw.

Door het correct toepassen van deze methode wordt een nette werkomgeving gecreëerd, waardoor verschillende locaties en materialen vlot bereikbaar zijn. Eveneens zorgt de samenhang van de vijf stappen voor meer open ruimte, die gebruikt kan worden voor andere activiteiten. Daarnaast zal de productiviteit verhogen door het sneller terugvinden van materialen, waardoor faalkosten verminderd worden. Ook worden problemen zichtbaar bij het structureel toepassen van deze methode. Tot slot wordt de kwaliteit van het werk verhoogd door het verminderen van beperkte ruimtes en het vormen van een duidelijk gestructureerde omgeving [11].

4.5 Conclusie optimalisaties

Voorgaande optimalisaties worden vergeleken met de huidige kosten. Hierbij worden geen aanpassingen doorgevoerd aan de werkingsprincipes van het huidige gevelsysteem. Daarom zullen de directe kosten in dit onderdeel buiten beschouwing gelaten worden.

Door de planning en de werfinrichting aan te passen en BIM meer toe te passen, kunnen faalkosten beperkt worden en indirecte kosten eventueel verminderen door het verkorten van de bouwperiode. Wanneer een werfperiode verkort wordt met slechts één maand, zal een gemiddelde vermindering van € 39 530,18 optreden.

Hoewel deze optimalisaties leiden tot een efficiëntere werf, geeft dit geen volledige garantie op het beperken van de werkingsperiode, noch op het verminderen van de kosten. Dit is medeafhankelijk van andere externe factoren zoals bijvoorbeeld de noodzakelijke kennis van metseltechnieken, levertermijnen en weersomstandigheden. Deze factoren worden in §7.3 Randvoorwaarden besproken. Hierdoor is het niet mogelijk om een specifieke cijfermatige analyse uit te voeren voor het beperken van de faalkosten, aangezien deze kosten niet ter beschikking zijn.

5 Analyse alternatieve gevelsystemen

Naast het optimaliseren van de huidige situatie worden ook alternatieve gevelsystemen onder de loep genomen. Hieronder wordt een opsomming gemaakt van mogelijke andere oplossingen. Hierbij wordt elk systeem beschreven en worden richtprijzen per systeem vermeld. Vervolgens wordt een tabel weergegeven met daarin alle voor- en nadelen van de verschillende systemen. De nadelen worden bepaald op basis van de eigen interpretatie van de uitvoering en in overleg met de projectleiders en de leverancier van het gevelsysteem. In de technische fiches van de alternatieve gevelsystemen en op de bijbehorende internetsites zijn immers geen nadelen terug te vinden.

5.1 E-Board

5.1.1 Beschrijving

Het allereerste alternatieve gevelsysteem is E-Board. Dit is een gevelsysteem bestaande uit een pakket van EPS-isolatiepanelen, bevestigingsmaterialen en keramische steenstrips. Hierbij worden de strips rechtstreeks bevestigd op het isolatiemateriaal met lijm-mortel. In dit systeem wordt geen luchtsponw voorzien. Deze methode werd ontwikkeld door steenfabrikant Vandersanden en kent toepassingen in zowel de renovatie als in nieuwbouwprojecten [34].

Het EPS-isolatiepaneel heeft aan vier zijden een tand- en groefverbinding om een goede verbinding tussen de verschillende panelen te garanderen. Hierdoor zal het indringen van water beperkt worden. Verder bevatten de panelen horizontale lijnen om de uitvoering van het plakken van de steenstrips te vergemakkelijken. Eveneens zijn er groeven voorzien om de hechting tussen de steenstrips en de panelen te optimaliseren. Het is belangrijk dat in de uitvoering van de panelen rekening wordt gehouden met het waterpas positioneren van de onderste panelen. Indien dit niet correct wordt uitgevoerd zal dit problemen veroorzaken in de hoogte van het gebouw, zoals het schuin plaatsen van de steenstrips [34]. Figuur 19 geeft het E-Boardsysteem weer.



Figuur 19: E-Board [34]

In het geval van renovaties wordt het isolatiepaneel rechtstreeks tegen het bestaande buitenspouwblad bevestigd. Hierdoor wordt een dikkere muuropbouw gecreëerd en worden afbraakwerken van de reeds bestaande gevel beperkt. Een gevolg van deze werkingsmethode is het voorzien van nieuwe kozijnen voor de ramen en deuren over de volledige muuropbouw van het renovatieproject [34].

Dit systeem kan eveneens gebruikt worden bij nieuwbouwprojecten. Door E-Board toe te passen, zal de muuropbouw minder dik zijn dan bij een klassieke muuropbouw met luchtpouw en gevelstenen. Aangezien het E-Boardsysteem enkel bestaat uit een isolatiepaneel met steenstrips zal voor het binnenspouwblad kalkzandsteen gekozen worden [34].

5.1.2 Prijsofferte

Vervolgens wordt op basis van de verkregen prijsofferte van Vandersanden een prijs per vierkante meter bepaald voor zowel het E-Boardsysteem met voeg als het systeem zonder voeg (Zero E-Board). In Bijlage B wordt de prijsofferte van het systeem weergegeven. Tabel 3 geeft de prijzen van E-Board en Zero E-Board weer.

Tabel 3: Materiaalprijzen E-Board en Zero E-Board

<i>Materiaal</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Prijs</i>
E-Board (met voeg)	m ²	€ 134,20
Zero E-Board (zonder voeg)	m ²	€ 148,70

De prijzen in Tabel 3 zijn inclusief EPS-panelen met een dikte van 140 mm, standaard handvorm steenstrips en systeemaccessoires zoals mortellijm, compriband en slagpluggen. Afhankelijk van het gekozen type en de dikte van de steenstrips kan deze richtprijs variëren.

Aangezien dit systeem gebruiksvriendelijk is en opleidingen beschikbaar zijn, bestaat de keuze om de werken zelfstandig uit te voeren of te laten uitvoeren. De bijhorende kosten voor zowel het plaatsen als het invoegen van de steenstrips kan teruggevonden worden in Tabel 4.

Tabel 4: Prijzen plaatsing en voegwerk E-Board

	<i>Eenheid</i>	<i>Prijs</i>
Plaatsing E-Board	m ²	€ 85,00
Plaatsing Zero E-Board	m ²	€ 95,00
Voegwerk	m ²	€ 20,00

5.2 Signa

5.2.1 Beschrijving

Het tweede alternatieve gevelsysteem is Signa. Dit systeem bestaat uit geprefabriceerde muurelementen bestaande uit Rockpanelplaten en afgewerkt met steenstrips. Rockpanel is een plaat met de hardheidseigenschappen van steen en bewerkbaar zoals hout [35]. Eveneens is dit systeem ontwikkeld door steenfabrikant Vandersanden. Deze panelen worden op maat geproduceerd met een maximale grootte van 1 m² per paneel. Standaard wordt een rechthoekige vorm geproduceerd, maar afhankelijk van de gevelafmetingen kunnen deze panelen in alle vormen vervaardigd worden. Vervolgens worden de steenstrips aangebracht in een op voorhand bepaald metselpatroon. Dit alles vindt plaats in een fabrieksomgeving [34]. Figuur 20 geeft het Signapaneel weer.



Figuur 20: Signa-gevelsysteem [34]

Hierna worden de afgewerkte panelen naar de werf getransporteerd en met behulp van een frame bevestigd aan de achterliggende constructie. Dit frame kan bestaan uit verzinkt staal, aluminium of hout. Tussen dit frame wordt isolatie aangebracht en een luchtsponw voorzien. Het is belangrijk dat deze isolatie bestaat uit rotswol aangezien het isolatiemateriaal flexibel is en pas na het plaatsen van het frame tussen het frame gepositioneerd kan worden [34]. Bij het toepassen van deze constructie zal bij de calculatie van het binnensponwblad rekening worden gehouden met het extra gewicht van het buitensponwblad dat bevestigd wordt aan de dragende muur.

De bevestiging van de Signapanelen kan plaatsvinden zonder steiger, maar aan de hand van een rolstelling in combinatie met een hijskraan. Op deze manier worden de handelingen op de werf beperkt. De panelen zijn eveneens zo ontworpen dat het gemiddelde gewicht de grens van 42,5 kg niet overschrijdt. Dit gewicht is namelijk de maximale grens voor het comfortabel tillen met twee personen [36].

Voor het vervaardigen van het Signasysteem wordt gebruik gemaakt van engineering software. In dit programma zullen de panelen afzonderlijk ontwikkeld worden. Hierbij worden de panelen eveneens genummerd op plaatsingsvolgorde. Dit wil zeggen dat elk paneel een specifieke positie op de wand heeft en volgens een vooraf vastgelegde volgorde gemonteerd dient te worden. Indien een paneel ontbreekt of een probleem optreedt in het productieproces zal het gehele proces stil komen te liggen [34]. Door gebruik te maken van deze software kunnen het aantal stenen per paneel bepaald worden. Zo kan het afval bij de productie beperkt worden. Ook zal afval beperkt worden op de werf door het productieproces te verplaatsen naar een fabriek.

Tot slot wordt voor de afwerking van de hoeken van het gebouw een afdekprofiel of hoekprofiel gebruikt. Hoekstroken worden niet geplaatst aangezien de achterliggende constructie kan buigen en of barsten [34].

5.2.2 Prijsofferte

Voor het alternatieve gevelsysteem Signa is geen concrete prijsofferte ter beschikking gesteld. Aangezien de complexiteit en de vorm van het gebouw een zeer belangrijke rol spelen. De prijs is afhankelijk van de repetitie en de hoeveelheid engineering nodig per vierkante meter. Om die reden werd contact opgenomen met Kobe Langenaeker, verantwoordelijke voor Signa bij Vandersanden. Hij heeft per e-mail richtprijzen ter beschikking gesteld.

De betrouwbaarheid van de prijsofferte kan in twijfel worden getrokken, aangezien deze slechts uitgeschreven werd in een e-mail. Bij de prijsvergelijking tussen de verschillende systemen dient rekening gehouden te worden met mogelijke afwijkingen op deze richtprijzen. Wanneer een prijsofferte wordt opgemaakt voor een project met gemiddelde repetitie en een eenvoudig patroon (tegelverband/blokverband) met maximaal twee verschillende diktes van stenen, kan een richtprijs opgesteld worden van +/- 250 €/m². Deze prijs is exclusief de achterliggende constructie. Indien de complexiteit toeneemt of de gemiddelde repetitie afneemt, zal de prijs per vierkante meter stijgen.

Voor de achterliggende constructie wordt op basis van de ondergrond een meerprijs aangerekend. De meerprijs voor het traditionele aluminium regelwerk bedraagt 150 tot 200 €/m² aan materiaalkost. Tot slot kan er voor de installatie op de werf een kost geteld worden van 60 €/m².

Een alternatieve mogelijkheid is de Signapanelen in de fabriek bevestigen op een prefab houtskeletbouwelement. Hierdoor zal de meerprijs voor de achterliggende structuur dalen tot 20 €/m² omdat er veel minder stelmogelijkheden noodzakelijk zijn. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de meerprijs van een prefab houtskeletbouwelement ten opzichte van een kalkzandstenen binnenspouwblad. Voor de plaatsing van deze panelen kan naar schatting een prijs aangerekend worden van 20 €/m² in plaats van 60 €/m². Bijlage C geeft de prijsofferte weer.

5.3 StoCleyer B

Het derde systeem bestaat uit het StoCleyer B systeem. Dit gevelsysteem wordt gebruikt ter vervanging van het buitenspouwblad. Hierbij wordt gebruik gemaakt van minerale gevelstrippen in plaats van façadestenen. Toch zou het bakstenen uiterlijk van de muur behouden blijven [37]. Het binnenspouwblad kan bestaan uit kalkzandsteen of metselwerk.

De gevelstrippen bestaan uit minerale steenstrips met een dikte van 4 mm. Allereerst wordt op het isolatiepaneel een voorbereidende laag aangebracht om voldoende hechting te garanderen. Vervolgens worden de steenstrips aan de hand van een combinatie van lijm en voegmortel bevestigd op deze voorbereidende laag. Door de combinatie van lijm en voegmortel, zullen de voegen na de plaatsing niet apart afgewerkt moeten worden. Tijdens de plaatsing zal altijd een horizontale metselkoord noodzakelijk zijn om de juiste maatlijn aan te houden. Het inkorten van deze steenstrips kan aan de hand van een kniptang of plaatschaar [37]. Figuur 21 geeft het StoCleyer B systeem weer.



Figuur 21: StoCleyer B gevelsysteem [37]

5.3.1 Prijsofferte

Voor het verkrijgen van de prijsofferte voor het systeem StoCleyer B werd het bedrijf telefonisch en per e-mail gecontacteerd. Hierop kwam geen respons. Vervolgens heeft projectleider Simon Huygen, op de projectleidersvergadering, telefonisch contact opgenomen met een werfleider. Op basis van dit gesprek volgde een richtprijs van 200-240 €/m². Deze prijs is inclusief de isolatie, voorbereidende lagen en minerale steenstrips. De prijs van het binnenspouwblad dient nog in rekening gebracht te worden. De betrouwbaarheid van de richtprijs kan in twijfel worden getrokken, aangezien deze slechts mondeling is besproken.

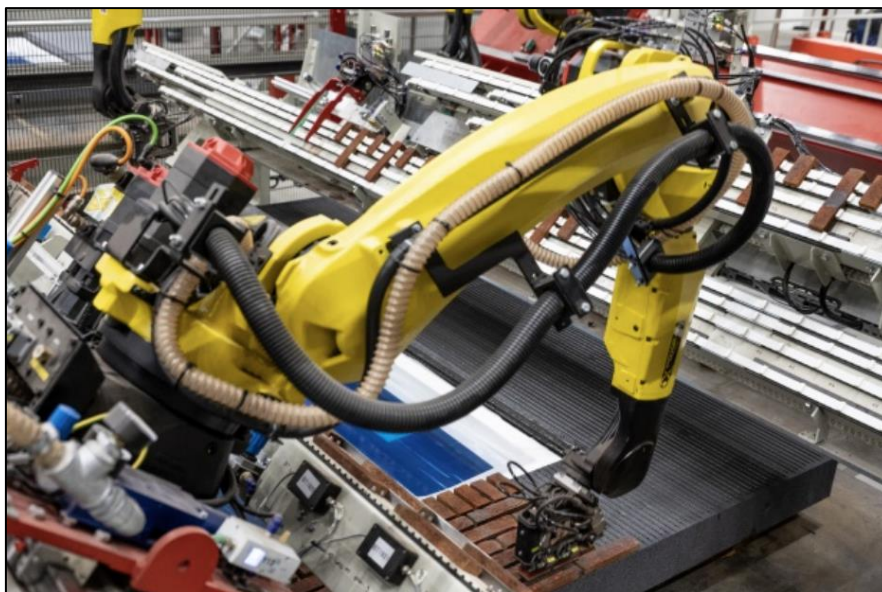
5.4 Betoncasco en Gevelklaar

Het vierde alternatieve gevelsysteem bestaat uit het systeem Betoncasco van het bedrijf Spaansen. Dit systeem bestaat uit volledig geprefabriceerde binnenwanden uit zelfverdichtend beton. Verder kan het Betoncascosysteem worden uitgebreid tot een Gevelklaarsysteem. Hierbij worden isolatie en baksteenstrips aangebracht tegen de modulaire wand. Vervolgens kan gekozen worden om dit basispakket uit te breiden door de wand te voorzien van kozijnen en wachtleidingen [38]. Figuur 22 geeft een voorbeeld in uitvoering van het Gevelklaarsysteem weer.



Figuur 22: Plaatsing Gevelklaarsysteem van Spaansen [38]

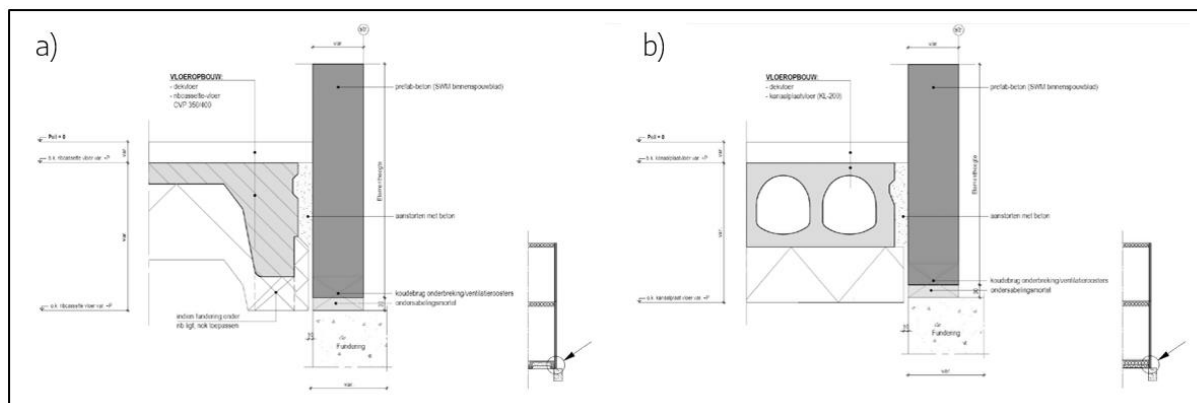
De steenstrips worden op de wanden bevestigd aan de hand van het RoboBricksysteem, weergegeven in Figuur 23. Dit is een systeem waarbij de baksteenstrips machinaal op het EPS-isolatiepaneel worden verlijmd en de voegen achteraf worden ingevoegd. Door gebruik te maken van het RoboBricksysteem zullen minder fouten ontstaan. Menselijke fouten worden immers buitenspel gezet. Verder wordt onder constante temperaturen en luchtvochtigheden geproduceerd. Hierbij wordt gestreefd naar een hogere duurzaamheid [38].



Figuur 23: RoboBricksysteem [38]

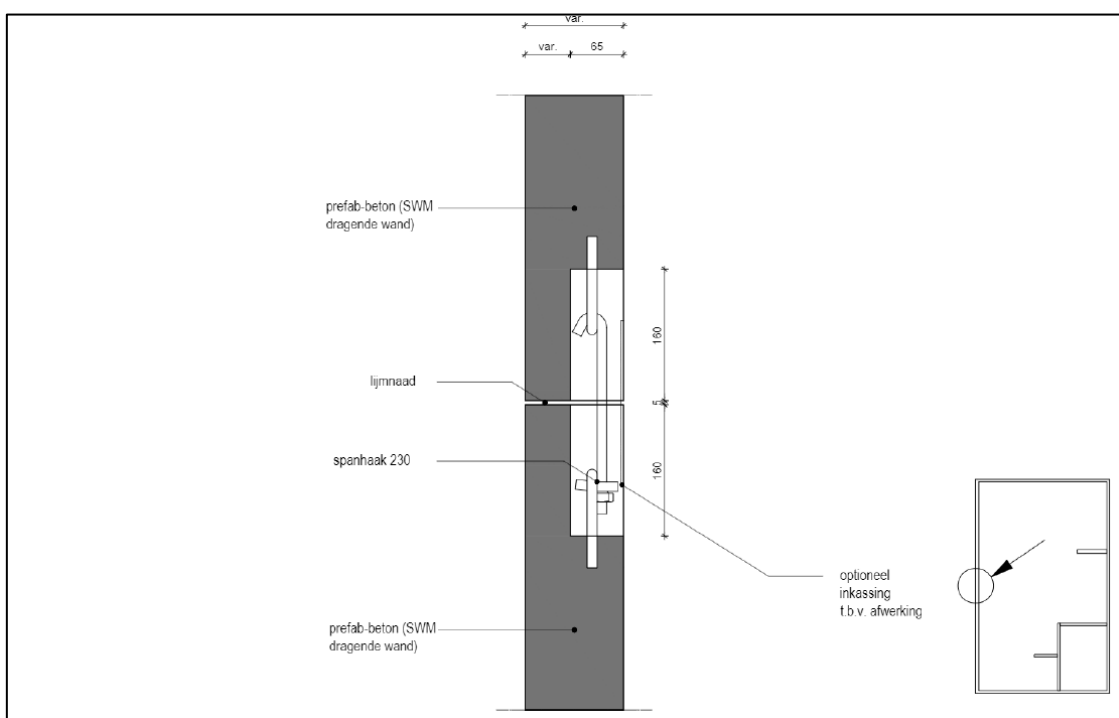
Binnen dit gevelsysteem is de voorbereidende fase van groot belang aangezien de volledige wand wordt getekend met een engineering software. Op basis van deze tekeningen worden de panelen geproduceerd. Door deze machinale werkingmethode zijn grote werkoppervlakken het meest rendabel. Wanneer kleinere vlakken geproduceerd worden, neemt de efficiëntie af.

Vervolgens worden deze gevelpanelen getransporteerd naar de werf met behulp van vrachtwagens. Hier worden ze met een hijskraan correct gepositioneerd en bevestigd aan de fundering. De wanden worden voor de betonnen vloerplaat geplaatst waardoor een kimlaag overbodig is, aangezien koudebruggen door deze uitvoeringsmethode geminimaliseerd worden. Figuur 24 toont de uitvoering bij een ribcassettevloer en een kanaalplaatvloer. De detailtekeningen zijn uitvergroet zichtbaar in Bijlage D.



Figuur 24: Detailtekening a) ribcassettevloer b) kanaalplaatvloer [38]

Vervolgens worden de verschillende wanden met ankerstaven aan elkaar bevestigd. Tussen de verschillende panelen zal altijd een harde voeg ontstaan. Deze voeg wordt indien mogelijk weggewerkt met een regenwaterpijpaafvoer. Figuur 25 toont de bevestiging tussen de verschillende panelen.



Figuur 25: Detail wandverbinding [38]

5.4.1 Prijsofferte

Hieronder worden de verschillende prijzen van het Betoncascosysteem en het Gevelklaarsysteem besproken. Deze prijzen zijn afgeleid uit de prijsofferte en de gegevens in de e-mail van Walter Wevers. De prijsoffertes zijn toegevoegd als Bijlage E en Bijlage F. Tabel 5 geeft een overzicht van alle prijzen weer.

Tabel 5: Prijzen o.b.v. prijsofferte Spaansen

<i>Materiaal</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Prijs (inclusief plaatsing)</i>
Betoncasco	m ²	€ 73,50
Gevelklaar zonder binnenspouwblad	m ²	€ 251,00
Gevelklaar met binnenspouwblad	m ²	€ 324,50

Het Betoncascosysteem heeft een prijs van 73,50 €/m². Deze prijs is inclusief levering en plaatsing van het gevelsysteem. Het gevelsysteem mag enkel geplaatst worden door werknemers van Spaansen. De wand heeft een dikte van 15 cm en kan als dragend systeem gebruikt worden. Toch kan de werkelijke prijs nog verschillen van deze richtlijn, aangezien de prijs ook afhankelijk is van de transportafstand en de transportmethode. De prijs is ook afhankelijk van het aantal vierkante meters muuroppervlakte.

Het Gevelklaarsysteem heeft een richtprijs van 251,00 €/m². Deze prijs is exclusief het binnenspouwblad. Dit betekent dat de totale prijs van een Gevelklaarsysteem 324,50 €/m² bedraagt. Transport en montage zijn inbegrepen in deze prijs. Ook deze prijzen zijn afhankelijk van de totale oppervlakte van de gevel. Daarnaast lopen deze prijzen op naarmate er meer specifieke eisen zijn voor het project, zoals de keuze van de klasse van de steen, het type metselverband en het aantal verschillende stenen.

6 Vergelijking gevelsystemen

Na het onderzoek van de verschillende alternatieve gevelsystemen en de opvraging van de prijsoffertes wordt een vergelijking gemaakt tussen de verschillende systemen. Hierbij wordt eerst een vergelijking gemaakt op basis van de voor- en nadelen. Vervolgens worden de verspillingen en indirecte kosten ten opzichte van elkaar afgewogen.

6.1 Voor- en nadelen

Aangezien prijs niet de enige randvoorwaarde is wordt een tabel opgemaakt met de verschillende voor- en nadelen per gevelsysteem. Deze worden bepaald op basis van gesprekken met leveranciers, projectleiders van Artem, technische brochures en eigen interpretatie. In de toekomst dient de uitstoot van koolstofdioxide (CO₂) eveneens in rekening gebracht te worden omdat deze uitstoot steeds meer van belang wordt in de maatschappij. De voor- en nadelen per gevelsysteem zijn zichtbaar in Tabel 6.

Tabel 6: Voor- en nadelen verschillende gevelsystemen

Type gevelsysteem	Voordelen	Nadelen
Huidig	<ul style="list-style-type: none">● gekend systeem;● aanpassingen van het ontwerp ter plaatse mogelijk;● weinig voorbereiding noodzakelijk.	<ul style="list-style-type: none">● arbeidsintensief,● weersafhankelijk,● slechts schaars aandeel aan goed vakmanschap;● bouwafval,● steiger en torenkraan noodzakelijk;● voorraad nodig op de werf;● werfinrichting noodzakelijk.
E-Board	<ul style="list-style-type: none">● zelfde werkingsprincipe als het huidig metselwerk;● geen afbraakwerken noodzakelijk bij renovatie;● bij nieuwbouw is muuropbouw minder dik.	<ul style="list-style-type: none">● arbeidsintensief,● opleiding vereist voor plaatsing;● weersafhankelijk,● bouwafval,● steiger en torenkraan nodig;● voorraad nodig,● werfinrichting noodzakelijk.

Signa	<ul style="list-style-type: none"> ● minder handelingen op de werf; ● ontwerp vrijheid in metselverband; ● geen steiger nodig; ● minimaliseren van bouwafval/overschot op de werf; ● minder opslagruimte nodig op de werf; ● just-in-time leveringen; ● snelle plaatsing. 	<ul style="list-style-type: none"> ● als fout in productieproces, zal werk op de werf ook stilvallen (vaste volgorde van plaatsen panelen); ● rolsteiger en hijskraan nodig; ● kennis van ophangstelsel vereist; ● enkel uitvoering in platte vlakken; ● weersafhankelijk.
StoCleyer B	<ul style="list-style-type: none"> ● dunnere muuropbouw, ● ontwerp vrijheid, ● eenvoudige plaatsing, ● eenvoudige bewerking. 	<ul style="list-style-type: none"> ● arbeidsintensief, ● weersafhankelijk, ● steiger noodzakelijk, ● bouwafval, ● voorraad nodig, ● werfinrichting noodzakelijk.
Betoncasco	<ul style="list-style-type: none"> ● volledige muuropbouw mogelijk; ● voorzien van kozijnen/isolatie; ● ontwerp vrijheid, ● grote afmetingen, ● minder arbeid op de werf; ● geen steiger nodig; ● minimaliseren van bouwafval/overschot; ● just-in-time leveringen; ● minimale wandafwerking tussen wanden; ● complete engineering, ● geen voorkennis noodzakelijk bij plaatsing op de werf; ● ter voorbereiding enkel fundering en hoofdmaatvoering uitzetten. 	<ul style="list-style-type: none"> ● hijskraan noodzakelijk; ● transport naar de werf; ● weersafhankelijk, ● pas rendabel bij grotere projecten, niet bij één woning; ● ophangingen aan buitengevel zijn moeilijker; ● herstellingen aan gevel zijn ingewikkelder; ● kleine vlakken minder efficiënt; ● ondersabelingsmortel nodig.

6.2 Verspillingen en indirecte kosten

Buiten de directe kosten van de verschillende gevelsystemen dienen ook de verspillingen en indirecte kosten in rekening te worden gebracht. De indirecte kosten zijn kosten die niet rechtstreeks toewijsbaar zijn en afhankelijk zijn van de benodigde werfinrichting, torenkraan en bijkomende voorzieningen. De verspillingen behoren tot de faalkosten en zijn alle bijkomende kosten die niet noodzakelijk zijn zoals overbodige bewegingen, tijdverspilling, voorraad, etc. Deze kosten vormen samen met de directe kosten de totale bouwkosten.

Om de optredende verspillingen op te meten is een werfopmeting een mogelijke oplossing. Deze opmeting is echter slechts een momentopname terwijl verspillingen optreden over de volledige bouwperiode. Hierdoor zal het resultaat niet betrouwbaar zijn voor de volledige bouwperiode. Daarom werd tijdens de projectleidersvergadering op 31 maart 2023 besloten een rangschikking te maken tussen de verschillende systemen. Hierbij konden de projectleiders een score geven van één tot vier, waarbij het systeem met de hoogste score het gevelsysteem was met de meeste optredende kosten of verspillingen. Eveneens worden de randvoorwaarden in rekening gebracht. Hierbij geldt dat de hoogste score het systeem is met de grootste afhankelijkheid.

Tabel 7 geeft het finale besluit van de projectleidersvergadering weer.

Tabel 7: Besluit projectleidersvergadering verspillingen en randvoorwaarden

		<i>Huidig gevelsysteem</i>	<i>E-Board</i>	<i>Signa</i>	<i>Casco</i>
<i>Verspillingen</i>	Transport	4	3	2	1
	Voorraad	4	3	2	1
	Beweging	4	3	2	1
	Wachttijden	4	3	2	1
	Overproductie	4	3	2	1
	Overprocessing	4	3	2	1
	Defecten	4	3	2	1
<i>Randvoorwaarden</i>	Noodzakelijke kennis	4	3	2	1
	Weersomstandigheden	4	3	2	1
	Levertermijn product	1	2	3	4
	Goed bereikbare werf	1	2	3	4
	Speciale vormen	1	2	4	3
	CO ₂ uitstoot	4	3	2	1
	Voorbereiding	1	2	3	4
	Flexibiliteit	4	3	2	1

Tabel 7 toont aan dat volgens de projectleiders het huidige gevelsysteem de meeste verspillingen veroorzaakt en het Betoncascosysteem de minste verspillingen. Dit verschil kan verklaard worden door de uitgebreidere ontwerpfasen bij het Betoncascosysteem ten opzichte van het huidige gevelsysteem. Hierdoor zullen faalkosten in de uitvoeringsfase beperkt blijven zoals eerder vermeld in Figuur 1. Eveneens worden de handelingen op de werf beperkt, waardoor de verspillingen automatisch gereduceerd worden. Deze trend geldt voor alle verspillingen.

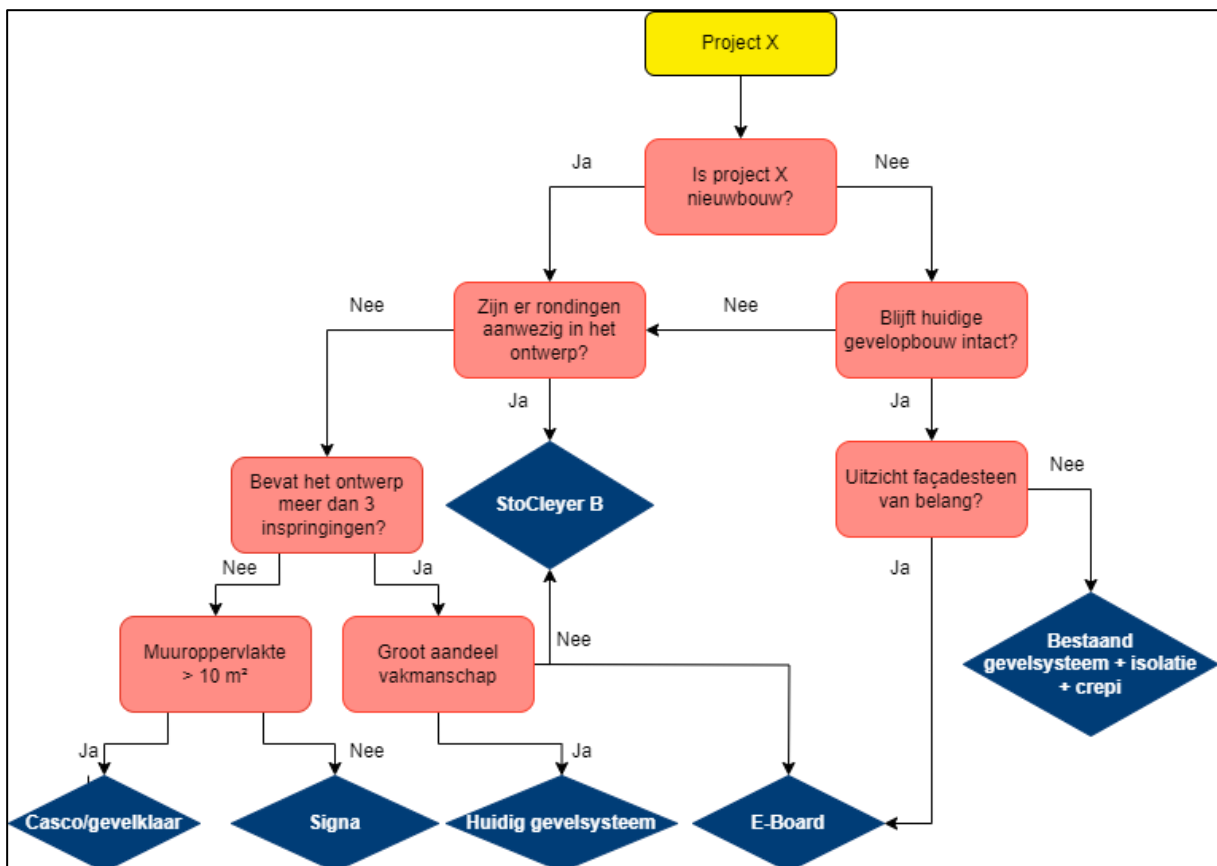
Bovendien is het huidige gevelsysteem het meest afhankelijk van noodzakelijke kennis en weersomstandigheden. Dit valt te verklaren door de nodige vakkennis en de benodigde tijd voor uitvoering. In vergelijking met de alternatieve gevelsystemen scoort het huidige gevelsysteem het best op het gebied van levertermijn en uitvoering van speciale vormen, omdat de alternatieve gevelsystemen respectievelijk meer tijd besteden aan voorbereiding van deze vormen, waardoor levertermijnen hoog oplopen. Daarnaast bestaan deze alternatieve systemen uit vaste vormen die vervaardigd moeten worden in een patroon om de complexe vorm te creëren.

6.3 Conclusie vergelijking gevelsystemen

Op basis van de vergelijking van de verschillende gevelsystemen kan geconcludeerd worden dat elk gevelsysteem specifieke voor- en nadelen heeft. Bij ieder systeem treden eveneens faalkosten op die onderverdeeld worden in zeven verspillingen. Hieruit blijkt dat op vlak van verspillingen het Betoncascosysteem het voordeligste is en het huidig toegepaste systeem het minst voordelig. Verder zijn alle systemen afhankelijk van randvoorwaarden. De resultaten zijn niet éénduidig verdeeld, waardoor geen optimaal gevelsysteem geselecteerd kan worden.

7 Optimalisatie door middel van alternatieve gevelsystemen

In het volgende onderdeel van de paper worden de verschillende oplossingen geanalyseerd vanuit het standpunt van de projectleider. Dit betekent dat rekening wordt gehouden met mogelijke randvoorwaarden, efficiëntie, toepasbaarheid en de complexiteit van het gebouw. Dit denkproces van de projectleider wordt uitgewerkt aan de hand van een stroomdiagram waarin de mogelijke oplossingen aan bod komen. Figuur 26 geeft dit stroomdiagram weer. Eveneens worden alle randvoorwaarden besproken. Tot slot wordt een vergelijking gemaakt op vlak van directe en indirecte kosten.



Figuur 26: Denkmodel van een projectleider voor keuze gevelsysteem

7.1 Denkttraject projectleider

Het denkproces van een projectleider start altijd met het analyseren van het verkregen project. Hierbij is het noodzakelijk om enkele vragen vooraf te stellen. Zo is de allereerste vraag: is het project een nieuwbouw- of renovatieproject? Bij een renovatieproject zijn sommige alternatieve gevelsystemen niet langer toepasbaar. Enkel het huidige systeem en het E-Boardsysteem zijn nog mogelijk. Vervolgens dient de vraag gesteld te worden of de huidige gevelopbouw intact blijft tijdens de renovatiewerken. Dit betekent dat het gevelsysteem volledig blijft bestaan en niet gestript wordt tot het binnenspouwblad, noch in zijn geheel afgebroken wordt. Wanneer dit van toepassing is wordt het belang van het behoud van het uitzicht besproken. Als dit niet van belang is, wordt aangeraden om te werken met een gevelafwerking in crepi, aangezien deze methode goedkoper is en bij

plaatsing dezelfde tijd vraagt als een E-Boardsysteem. Indien de façadesteen van belang is, wordt gekozen voor E-Board. Dit systeem kan geplaatst worden zonder de nodige vakkennis.

Indien het project bestaat uit een nieuwbouwproject volgt het stroomdiagram een andere richting. Hierbij speelt de complexiteit van het ontwerp een rol in het denkproces. Zo kan bijvoorbeeld niet zomaar elk systeem gepositioneerd worden in ronde vormen. Slechts één gevelsysteem, StoCleyer B, laat toe om zulke complexe vormen te realiseren. Ook als het ontwerp niet bestaat uit rondingen maar alsnog meer dan drie insprongen bevat, daalt het rendement van bepaalde systemen. Als het ontwerp minder dan drie insprongen heeft, is de muuroppervlakte van belang. Signa werkt met panelen van 1 m² en Betoncasco met volledige wandelementen. Het is daarom voordeliger te werken met Betoncasco in het geval van volledige wandoppervlaktes.

Eveneens wordt de nood aan vakkennis wat betreft het opbouwen van het metselwerk bekeken. Bij het huidige gevelsysteem wordt voorkennis van metselen vereist om faalkosten te minimaliseren. Dit is niet noodzakelijk bij de systemen StoCleyer B en E-Board. Dit beïnvloedt welke arbeiders op de werf aanwezig moeten zijn, hoe ervaren ze moeten zijn en wat ze kosten.

Opmerkelijk is dat dit denkmodel niet als enige waarheid beschouwd mag worden. Andere mogelijke oplossingen blijven evenzeer toepasbaar op de projecten. Hierbij kunnen andere voorwaarden doorslaggevend zijn zoals uitvoeringstermijn of levertermijn van de materialen.

Tot slot worden in dit denkmodel de directe en indirecte kosten van ieder systeem buiten beschouwing gelaten aangezien dit in onderdeel §7.4 Optimalisatie van de kosten, besproken wordt. Deze prijzen zijn afhankelijk van de uitvoeringstermijn op de werf in combinatie met de materiaalprijzen, waardoor dit te uitgebreid is om toe te passen in dit stroomdiagram.

7.2 Uitbreiding stroomdiagram

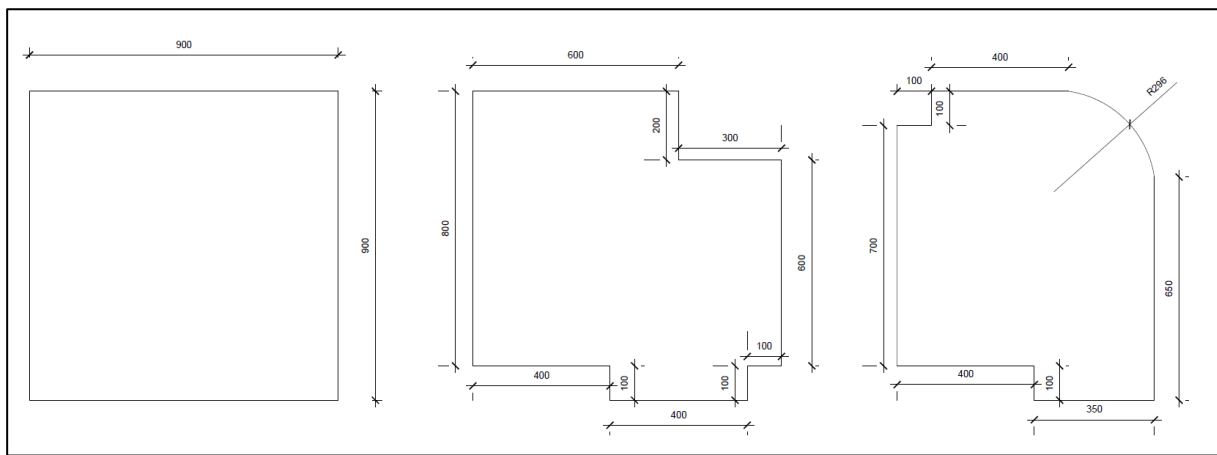
Een mogelijke uitbreiding op dit stroomdiagram is het implementeren van een bijkomende randvoorwaarde of ontwerpeis, namelijk de CO₂ uitstoot. Dit aangezien tijdens het klimaatakkoord van Parijs is beslist om tegen 2050 een CO₂-neutrale economie te ontwikkelen, met als doel de opwarming van de aarde te beperken [39]. Dit onderzoek focust op de kosten en dus eveneens de uitstoot die optreedt na productie. Het is echter moeilijk deze parameter in rekening te brengen aangezien de uitstoot van CO₂ door transport vaak niet wordt bijgehouden in de administratie. Indien het productieproces met bijhorende CO₂ in rekening zou worden gebracht, dient het stroomdiagram opnieuw doorlopen en aangepast te worden.

7.3 Randvoorwaarden

Bij een project horen randvoorwaarden. Dit zijn voorwaarden die invloed hebben op het doorloopp proces op de werf en op het finale product. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de uitvoeringstermijn en de keuze van gevelsysteem in het project.

Het stroomdiagram bestaat uit enkele randvoorwaarden zoals rondingen, insprongen en muuroppervlaktes. Op basis van deze randvoorwaarden kunnen drie types gebouwen onderscheiden worden.

Het allereerste type gebouw is een vierkante of rechthoekige woning zonder veel details. Het tweede type gebouw bestaat uit een complexere vorm met verschillende afmetingen. Dit omvat de klassieke woningbouw. Een derde type gebouw wordt gekenmerkt door hoge complexiteit en boogvormen. De verschillende situaties zijn zichtbaar in Figuur 27.



Figuur 27: Verschillende situaties

Verder speelt weersafhankelijkheid een belangrijke rol bij de planning en uitvoering van verschillende projecten. Zo kunnen bepaalde systemen niet gehanteerd worden op een veilige manier bij extreme weersomstandigheden met veel wind.

Tot slot is de opleverdatum van het project ook een randvoorwaarde. Deze datum wordt op voorhand vastgelegd in samenspraak met de bouwheer. Het kan voorkomen dat deze datum gaandeweg wijzigt en aangepast wordt aan de situatie. Maar bij sommige projecten mag de opleverdatum niet wijzigen. De levertermijn van onderdelen heeft in dat geval een grotere invloed op het project dan de prijs van het gevelsysteem.

7.4 Optimalisatie van de kosten

De volgende stap is het vergelijken van alle kwantitatieve gegevens. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde waarden van het huidig gevelsysteem berekend in §3.4 Detailcalculatie met betrekking tot casestudies. Daarnaast zijn de offertes van de alternatieve gevelsystemen ook toegevoegd.

In Tabel 8 worden alle cijfermatige gegevens per gevelsysteem van de directe materiaalkosten weergegeven. Hierbij is een opdeling gemaakt tussen de verschillende nodige materialen voor de muuropbouw. Wanneer de alternatieve gevelsystemen geen volledige opbouw in de prijsofferte aanwezig hadden, wordt voor de niet inbegrepen materialen de prijs van het huidige gevelsysteem toegepast. Onderaan Tabel 8 worden de totale waardes van de gehele muuropbouw per vierkante meter weergegeven.

Tabel 8: Samenvattende tabel met eenheidsprijzen van alle gevelsystemen per vierkante meter (*inclusief plaatsing)

Materiaal	Huidig gevelsysteem [€/m ²]	Huidig gevelsysteem met crepi [€/m ²]	E-Board [€/m ²]	Signa [€/m ²]	StoCleyer B [€/m ²]	Betonecasco* [€/m ²]	Gevelklaar* [€/m ²]
Binnenspouwblad	32,03	32,03	32,03	32,03	32,03	73,50	73,50
Isolatie	22,82	22,82	134,20	22,82	240,00	22,82	251,00
Buitenspouwblad	30,18	30,18		450,00		30,18	
Extra buitenafwerking	0,00	90,80		0,00		0,00	
Totaal	85,03	175,83	166,23	504,85	272,03	126,5	324,5

Tabel 8 toont aan dat het huidige gevelsysteem de laagste materiaalkosten heeft per vierkante meter. Het duurste systeem is het gevelsysteem Signa, voornamelijk vanwege het buitenspouwblad. Het tweede duurste is het systeem 'Gevelklaar'. Belangrijk hierbij op te merken is dat kozijnen en plaatsing ook mee verrekend zijn in deze prijs. Wanneer uitsluitend wordt gekeken naar de alternatieve gevelsystemen blijkt Betonecasco het goedkoopste systeem.

Toch zijn deze prijzen slechts richtwaarden door de afhankelijkheid van de totale muuroppervlakte en complexiteit van het gebouw, zoals eerder aangehaald.

Buiten de directe kosten dient eveneens de vergelijking gemaakt te worden op vlak van indirecte kosten en arbeidskosten. Het huidige gevelsysteem, E-Board en StoCleyer B zijn arbeidsintensief, waardoor meer arbeiders vereist zijn voor het plaatsen van deze wanden. Dit zorgt voor meer arbeidsuren in vergelijking met andere systemen. Het gevolg hiervan is dat de arbeidskosten hoger zullen zijn. Daarnaast is de kans op het veroorzaken van verspillingen en dus faalkosten hoger zoals vermeld in §2.4 Faalkosten. Dit is echter slechts een hypothese. Het is vooral afhankelijk van de mentaliteit van de arbeiders op de specifieke werkplaats.

Verder worden de indirecte kosten verrekend op basis van het aantal maanden in uitvoering. Indien de bouwperiode van het project afneemt met één maand zullen de indirecte kosten hierdoor verminderen met een gemiddelde waarde van €43 775,78. De indirecte arbeidsuren representeren 53% van de totale kostprijsvermindering, namelijk €23 366,37.

Toch zijn geen specifieke waardes bekend van het aantal arbeidsuren per gevelsysteem. Hierdoor kan de invloed van de verschillende systemen op de indirecte kostprijs niet exact bepaald worden. Enkel van de systemen Betonecasco en Gevelklaar is geweten dat de volledige bouwperiode zich beperkt tot enkele werkdagen. Deze vermindering is eveneens afhankelijk van de randvoorwaarden aangehaald in onderdeel §7.3 Randvoorwaarden.

8 Besluit

Tijdens het onderzoek werd vastgesteld dat de totale bouwkost beïnvloed wordt door verschillende randvoorwaarden zoals complexiteit van de constructie, voorkennis, levertermijn van materialen etc. Om die reden verschillen zowel de indirecte als de directe kosten per project.

Als conclusie wordt gesteld dat voor het optimaliseren van de totale bouwkosten van een gevelsysteem geen overkoepelde oplossing bestaat. Deze kosten zijn specifiek per project en zullen daardoor telkens per project geanalyseerd moeten worden.

Hoewel geen algemene oplossing bestaat, kan geconcludeerd worden dat het huidige gevelsysteem op vlak van directe kosten het goedkoopste systeem is. De alternatieve gevelsystemen worden duurder op vlak van directe kosten zoals bij het prefabriceren van materialen. Dit resulteert in hogere kosten in de voorbereidende fase, maar lagere kosten in de uitvoerende fase. Ook worden hierdoor faalkosten verlaagd. Eveneens bevatten alle gevelsystemen voor- en nadelen waardoor niet elk gevelsysteem geschikt is om toe te passen bij een project.

Daarnaast bevat het onderzoek enkele beperkingen. Zo is het implementeren van verspillingen in het onderzoek niet toepasbaar, omdat dit niet meetbaar is in praktijk. Hierdoor zijn de verminderingen in verspillingen slechts een hypothese bij het toepassen van de alternatieve gevelsystemen.

Verder voldoet de huidige werkmethode van Artem op vlak van management en werfinrichting. Hierbij wordt rekening gehouden met de positionering van de torenkraan en werfinrichting. Toch is optimalisatie steeds mogelijk zoals het toepassen van een lean planning, kleuren en symbolen in het werfinrichtingsplan en het implementeren van de 5S-methode.

Tot slot kan bijkomend onderzoek uitgevoerd worden naar één specifieke werf. Hierbij kan het volledige project worden opgevolgd op vlak van faalkosten en verspillingen zodat meer kwantitatief onderzoek uitgevoerd wordt. Ook is het interessant om enkele werven op te volgen waar de alternatieve gevelsystemen effectief uitgevoerd worden.

Referentielijst

- [1] groep Van Roey, 'Artem'. <https://www.groepvanroey.be/nl/ontdek-de-groep/bedrijven/artem> (geraadpleegd 17 februari 2023).
- [2] Afdeling kwaliteit en innovatie, 'ALGEMENE DIRECTIE KWALITEIT EN VEILIGHEID Erkenning van aannemers Indeling', Brussel, jul. 2009.
- [3] M. Noordhuis, *De waarde van ketensamenwerking*. Ridderkerk: Hollandridderkerk, 2015.
- [4] Lauri. Koskela, *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Helsinki: Technical Research Centre of Finland, 2000.
- [5] P. de Jong, 'Inleiding Bouwmanagement-1 Inleiding Bouweconomie', Delft, 2016.
- [6] Bouwdienst Projectteam ProSes, 'Hoofdrapport Kostenopstelling t.b.v. MKBA en S-MER', Den Haag, 2004.
- [7] F. A. Mulder, 'Kwaliteitsbeheer: inleiding tot de organisatie, methoden en technieken van het moderne kwaliteitsbeheer', Amsterdam, 1976.
- [8] L. Brokelman en H. Vermande, 'Faalkosten, de (bouw)wereld uit! Een praktische handleiding', Rotterdam, 2005.
- [9] P. J. Schoonderbeek, 'Faalkosten: Realistisch te Reduceren', Twente, 2010.
- [10] D. Dubbeling *e.a.*, 'Faalkosten en budgetoverschrijdingen', TU Delft, Delft, 2017.
- [11] A. Dane en K. Knispel, *Succesvol projectmanagement in de bouw*. Amsterdam: Pearson Benelux, 2022.
- [12] Steenfabriek De Rijswaard, 'Metselverbanden', 2023. <https://www.rijswaard.be/informatie/metselverbanden/> (geraadpleegd 14 februari 2023).
- [13] Y. Vereycken, E. Dessers, en G. Van Hootegem, 'Trends en innovaties in de bouwsector', Leuven, jan. 2017. Geraadpleegd: 7 mei 2023. [Online]. Beschikbaar op: <http://bouwtest.cevora.net/img/20160710-cevora-trends-en-innovaties-in-de-bouwsector-nl.pdf>
- [14] K. Janmaat, 'Lean in het onderwijs: het principe "waardedenken" ', *Morgens*, 2 december 2019. Geraadpleegd: 17 mei 2023. [Online]. Beschikbaar op: <https://www.morgens.nl/actueel/lean-in-het-onderwijs-het-principe-waardedenken/>
- [15] C. Didden en J. Jansen, 'Verminderen van faalkosten met behulp van 4D-plannen', UHasselt, Hasselt, 2020.
- [16] Lean.nl, 'Wat zijn de 8 verspillingen binnen Lean?' <https://www.lean.nl/wat-zijn-de-8-verspillingen-binnen-lean/> (geraadpleegd 22 mei 2023).
- [17] J. van Laar, 'Een Lean onderzoek naar de verspillingen binnen het productieproces van Demcon', University of Twente, Twente, 2019.
- [18] Portuur, '5S methode'. <https://www.portuur.eu/5s-lean-management/> (geraadpleegd 20 mei 2023).

- [19] Bouwbestel.nl, 'Soortelijk gewicht metselwerk'. <https://www.bouwbestel.nl/blog/soortelijk-gewicht-metselwerk.html> (geraadpleegd 20 mei 2023).
- [20] Nationale Milieudatabase, 'Hoe circulair is kalkzandsteen? ', 1 augustus 2022. <https://milieudatabase.nl/nl/actueel/nieuws/hoe-circulair-is-kalkzandsteen/> (geraadpleegd 20 mei 2023).
- [21] Vereniging Nederlands Kalkzandsteenplatform, 'Producteigenschappen'. <https://www.kalkzandsteen.nl/producten/producteigenschappen/> (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [22] Silka, 'HET VERLIJMEN VAN KALKZANDSTEEN', 2019.
- [23] Vlaanderen, 'U- en R-waarde '. <https://www.vlaanderen.be/epb-pedia/epb-plichtig-toepassing-en-eisen/epb-eisen/u-en-r-waarde> (geraadpleegd 22 mei 2023).
- [24] J. Devree, 'warmtegeleidingscoëfficiënt lambda'. <https://www.joostdevree.nl/shtmls/warmtegeleidingscoefficient.shtml> (geraadpleegd 22 mei 2023).
- [25] Under the roof, 'Zilverwit'. <https://undertheroof.be/realisaties/zilverwit/> (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [26] Vanhout Projects, 'Bloesemhof'. <https://vanhoutprojects.be/projecten/bloesemhof-nieuwerkerken/> (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [27] Bewel, 'Op werfbezoek in ons toekomstig kantoorgebouw in Diepenbeek', 31 mei 2022. <https://www.bewel.be/nieuws/werfbezoek-diepenbeek/> (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [28] Van Roey vastgoed, 'Hof ter Dorpe'. <https://info.vanroeyvastgoed.be/appartementen-oud-turnhout-hof-ter-dorpe> (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [29] architectuurwijzer, 'Land van Aa, een sociale mix van huurders en kopers '. <https://architectuurwijzer.be/land-van-aa-op-maat-van-de-bewoners/> (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [30] M. Miechielsen, 'Wat is het beste: een commerciële of een financiële korting?', mrt. 2015. Geraadpleegd: 7 mei 2023. [Online]. Beschikbaar op: <https://graydon.be/nl/resources/blog/economie/wat-het-beste-een-commerciële-een-financiële-korting>
- [31] L. Leekend en R. Gieghase, 'Automatische loonindexeringen: een opfrissing ', *monardlaw.be*, Brussel, 24 maart 2022. Geraadpleegd: 22 mei 2023. [Online]. Beschikbaar op: <https://monardlaw.be/nl/verhalen/automatische-loonindexeringen-een-opfrissing/>
- [32] G. C. Baijer, 'De meerwaarde van Lean plannen voor het beheersen van renovatie- en grootonderhoudswerkzaamheden het ontwikkelen van een hulpmiddel voor het opstellen en gebruiken van een Lean planning', Eindhoven, 2016.
- [33] BIMportal, 'Clashdetectie'. <https://www.bimportal.be/nl/lexicon/clashdetectie/> (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [34] Vandersanden, 'Producten & Oplossingen'. <https://www.vandersanden.com/nl-be/producten-oplossingen> (geraadpleegd 13 december 2022).
- [35] PontMeyer, 'Rockpanel of Trespa: wat is het verschil? '. <https://www.pontmeyer.nl/advies/Gevel/rockpanel-of-trespa> (geraadpleegd 7 mei 2023).

- [36] AP Hogeschool, 'Spot op: Hoeveel tillen? 25 kg en minder '.
<https://www.ap.be/veiligheidsinstituut/spotop/tillen> (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [37] Sto NV, 'StoCleyerB minerale gevelstrippen '. https://www.sto.be/s/inspiratie-informatie/creatieve-gevels/stocleyerb?language=nl_BE (geraadpleegd 7 mei 2023).
- [38] Spaansen, 'Spaansen Bouwsystemen bouwt prefab casco woningen'.
<https://www.spaansen.nl/bouwsystemen> (geraadpleegd 21 februari 2023).
- [39] Europees Parlement, 'Wat is CO2-neutraliteit en hoe bereiken we het tegen 2050?', 3 oktober 2019.
<https://www.europarl.europa.eu/news/nl/headlines/society/20190926STO62270/wat-is-co2-neutraliteit-en-hoe-bereiken-we-het-tegen-2050> (geraadpleegd 7 mei 2023).

Bijlagen

8.1 Bijlage A: Interviews met projectleiders

8.1.1 Zilverwit - Gijs Cools

<i>Algemeen</i>	
Werf naam:	Zilverwit
Werfleider:	Robin Meeusen
<i>Gevelsysteem:</i>	
Gebruikt gevelsysteem:	Metselwerk en gevelbepkeistering
Gebruikt materiaal voor gevelsysteem:	Gevelsteen en crepi
<i>Levertermijnen & tijdsbestedingen:</i>	
Besteltijd van materiaal:	Meestal hadden wij een stockage van gevelsteen op de werf. Als we merkten dat de gevelsteen op ging geraken, bestelden we 1 week op voorhand nieuwe paletten.
Levertijd van materiaal:	De gevelsteen hadden wij binnen de week op de werf.
Vooropgestelde periode voor uitvoering gevelsysteem (datum):	Zie planning
Effectieve periode voor uitvoering gevelsysteem (datum):	Conform planning
Duur van opmetselen gevel (dagen):	Zie planning
Hoeveel arbeiders hebben hieraan gewerkt:	Gefaseerd, ongeveer 6 man per blok
Werden deze werken uitgevoerd door een onderaannemer? Zo ja, welke?	Ja, Hueva
Werd er gebruik gemaakt van stellingen, rolstellingen of hoogtewerkers:	Gevelstelling
<i>Plaatsing:</i>	

Waar werden de stenen bij levering geplaatst op het terrein:	(Foto met aanduidingen)
Waar was de werfkeet geplaatst op het terrein:	
Waar was de materiaalcontainer geplaatst op het terrein:	
<i>Management:</i>	
Fouten en problemen tijdens uitvoeren gevelsysteem:	<p>Openingen van ramen die foutief gemaakt werden. Dit moest afgebroken worden en opnieuw gemetst worden.</p> <p>De lagenmaat die niet uitkwam. Dit wil zeggen dat elke voeg een afgesproken dikte heeft, uitgeteld zodanig dat de bovenkant van de muur uitkomt met 1 volle steen. Hierbij is de afmeting van 1 laag (1 steen + 1 voeg = lagenmaat) heel belangrijk. Hier mag niet van afgeweken worden maar er worden soms toch nog fouten in gemaakt.</p>
Hoeveel keer per week werd de werf opgeruimd/gecontroleerd?	Dagelijkse opruim van klein materiaal. Normaal 1 grote opkuis van de werf, 1x per week.
Werd er gebruik gemaakt van de 5S-methode? (Scheiden, Schikken, Schoonmaken, Standaardiseren en Standhouden)	Werd niet zo genoemd maar hier wordt natuurlijk wel naar gestreefd. Verschillende afvalcontainers.
Werd er gebruik gemaakt van een lean planning?	Nee, er werd hoofdzakelijk gewerkt met een zeswekenplanning en deze werd op regelmatige basis vergeleken met de langetermijnplanning.

8.1.2 BEWEL – Gijs Cools

<u>Algemeen</u>	
Werf naam:	BEWEL W21008
Werfleider:	Tubbeckx Eddy
<u>Gevelsysteem:</u>	
Gebruikt gevelsysteem:	Gordijngevel
Gebruikt materiaal voor gevelsysteem:	Aluminium/glas
<u>Levertermijnen & tijdsbestedingen:</u>	
Besteltijd van materiaal:	6/12/2021
Levertijd van materiaal:	Mei 2022
Vooropgestelde periode voor uitvoering gevelsysteem (datum):	2 ^{de} helft mei 2022
Effectieve periode voor uitvoering gevelsysteem (datum):	18 mei 2022
Duur van opmetselen gevel (dagen):	n.v.t. (volledige gevel in gordijngevel) Plaatsen profielen => 3weken Plaatsen glas en afweren => 1week
Hoeveel arbeiders hebben hieraan gewerkt:	Profielen => 5 st. Glas en afwerking => 4st. Steeds met autolaadkraan en 2 hoogwerkers
Werden deze werken uitgevoerd door een onderaannemer? Zo ja, welke?	Gordijngevel uitgevoerd door o.a. Group Ceysens
Werd er gebruik gemaakt van stellingen, rolstellingen of hoogtewerkers:	Hoogtewerkers
<u>Plaatsing:</u>	
Waar werden de stenen bij levering geplaatst op het terrein:	Geen gevelsteen gebruikt/geleverd. Profielen en glas worden geleverd naast het

Waar was de werfkeet geplaatst op het terrein:	kantoorgebouw.
Waar was de materiaalcontainer geplaatst op het terrein?	(Zie werfinrichtingsplan)
<i>Management:</i>	
Fouten en problemen tijdens uitvoeren gevelsysteem?	Nee
Hoeveel keer per week werd de werf opgeruimd/gecontroleerd?	Continu, min. 1x/week
Werd er gebruik gemaakt van de 5S-methode? (Scheiden, Schikken, Schoonmaken, Standaardiseren en Standhouden)	Afval in gescheiden afvalcontainers 5S-methode niet gebruikt.
Werd er gebruik gemaakt van een lean planning?	Ja

8.1.3 Syus Leuven – Jochem Van Aken

<u>Algemeen</u>	
Werf naam:	Syus Leuven
Werfleider:	Frederick Liekens
<u>Gevelsysteem:</u>	
Gebruikt gevelsysteem:	Gevelbepleistering op isolatie
Gebruikt materiaal voor gevelsysteem:	Caporal gevelsysteem
<u>Levertermijnen & tijdsbestedingen:</u>	
Besteltijd van materiaal:	/
Levertijd van materiaal:	/
Vooropgestelde periode voor uitvoering gevelsysteem (datum):	Januari 2023 – mei 2023
Effectieve periode voor uitvoering gevelsysteem (datum):	/
Duur van opmetselen gevel (dagen):	/
Hoeveel arbeiders hebben hieraan gewerkt:	/
Werden deze werken uitgevoerd door een onderaannemer? Zo ja, welke?	Pubrox uit Herentals
Werd er gebruik gemaakt van stellingen, rolstellingen of hoogtewerkers:	Gevelstelling
<u>Plaatsing:</u>	
Waar werden de stenen bij levering geplaatst op het terrein:	Zie werfinrichtingsplan
Waar was de werfkeet geplaatst op het terrein:	Zie werfinrichtingsplan
Waar was de materiaalcontainer geplaatst op het terrein:	Zie werfinrichtingsplan
<u>Management:</u>	

Fouten en problemen tijdens uitvoeren gevelsysteem:	/
Hoeveel keer per week werd de werf opgeruimd/gecontroleerd?	/
Werd er gebruik gemaakt van de 5S-methode? (Scheiden, Schikken, Schoonmaken, Standaardiseren en Standhouden)	Ja
Werd er gebruik gemaakt van een lean planning?	Ja

Bijkomende vragen:

Vraag 1: Wat vindt u zelf van het gebruikte gevelsysteem (kalkzandsteen)?

Antwoord 1: Ik zelf zie veel voordelen bij het gebruik van kalkzandsteen. Je kan gebruik maken van een kraantje voor het plaatsen van de grote blokken. Verder worden deze blokken geproduceerd ongeacht de weersomstandigheden. Vervolgens kan, indien de blokken goed geplaatst zijn, aan de binnenkant een goedkoop dunpleister aangebracht worden ter afwerking in plaats van meerdere dikke lagen pleister. Verder zijn er ook enkele nadelen. Deze blokken zijn onmogelijk aan te passen qua vorm, het is zeer moeilijk ze te zagen aangezien ze heel hard zijn en het werk is zeer arbeidsintensief. Verder kan bij vriestemperaturen de lijm niet uitharden waardoor er niet gewerkt kan worden. Tot slot dienen de muren gestabiliseerd te worden met trek en drukschoren.

Vraag 2: Zijn er opmerkingen die je zou veranderen op basis van jouw ervaring?

Antwoord 2: Ik zou de gevel implementeren in BIM maar niet over de volledige gevel. Ik zou zelf enkel bij kleine plaatsen, waarbij bijvoorbeeld een raam geplaatst is BIM implementeren. Op basis van deze implementatie kan men dan nagaan of er veel bouwafval zal optreden en het misschien voordeliger is om het raam enkele centimeters te verschuiven. Op deze manier kan het aanbrenge van het gevelmetselwerk ook sneller gebeuren zonder veel bewerkingshandelingen. Verder zou ik ook altijd de verticale en horizontale gevelwijzer controleren. Zo is het belangrijk dat de korbo altijd op de plaatsen zit van een voeg en dat er onderaan ook altijd een waterkering voorzien is op een voeg. Verder zou ik altijd proberen de architecten te overtuigen om te metselen in wildverband aangezien op kritische plaatsen, zoals hoeken en ramen, meer gespeeld kan worden met de stenen.

Vraag 3: Kent u andere gevelsystemen en welke vindt u zelf interessant?

Antwoord 3: Volgens mij is de snelste methode: prefab wanden. Dit zijn wanden die geprefabriceerd worden met een hoogte van 6 à 7 m met een breedte van 1.2 m. Vervolgens kunnen deze op de werf geleverd worden en in één stuk geplaatst worden

8.1.4 Hof ter Dorpe – Gijs Cools

<u>Algemeen</u>	
Werf naam:	Hof ter Dorpe
Werfleider:	Joppe Kockx
<u>Gevelsysteem:</u>	
Gebruikt gevelsysteem:	Metselwerk en crepi
Gebruikt materiaal voor gevelsysteem:	Gevelsteen en crepi
<u>Levertermijnen & tijdsbestedingen:</u>	
Besteltijd van materiaal:	Toegezegd begin september
Levertijd van materiaal:	Toegezegd begin november
Vooropgestelde periode voor uitvoering gevelsysteem (datum):	Start 17-11-2022 eind 5-05-2022 Zie planning voor verschillende fases
Effectieve periode voor uitvoering gevelsysteem (datum):	07/11/22
Duur van opmetselen gevel (dagen):	Zie planning voor verschillende fases ploegen en blokken
Hoeveel arbeiders hebben hieraan gewerkt:	4 metsers en 2 dienders
Werden deze werken uitgevoerd door een onderaannemer? Zo ja, welke?	Nee
Werd er gebruik gemaakt van stellingen, rolstellingen of hoogtewerkers:	Stelling
<u>Plaatsing:</u>	
Waar werden de stenen bij levering geplaatst op het terrein:	(Foto met aanduidingen)
Waar was de werfkeet geplaatst op het terrein:	
Waar was de materiaalcontainer geplaatst op het terrein:	

Management:

Fouten en problemen tijdens uitvoeren gevelsysteem:	/
Hoeveel keer per week werd de werf opgeruimd/gecontroleerd?	Dagelijkse opruim van klein materiaal. Normaal 1 grote opkuis van de werf 1x per week.
Werd er gebruik gemaakt van de 5S-methode? (Scheiden, Schikken, Schoonmaken, Standaardiseren en Standhouden)	Neen
Werd er gebruik gemaakt van een lean planning?	Ja

8.1.5 Land Van Aa Turnhout – Maarten Leenaerts

<u>Algemeen</u>	
Werf naam:	Land Van Aa Turnhout (25 wooneenheden + collectieve ruimte)
Werfleider:	Maarten Leenaerts
<u>Gevelsysteem:</u>	
Gebruikt gevelsysteem:	Traditioneel: <ul style="list-style-type: none"> • Kalkzandsteen 12/15 cm • Minerale wol 14/16 cm • Luchtspouw +- 3 cm • Gevelsteen 10 cm
Gebruikt materiaal voor gevelsysteem:	<ul style="list-style-type: none"> • Kalkzandsteen gelijmd • Minerale wol + gevelsteen traditioneel geplaatst/traditioneel gemetst
<u>Levertermijnen & tijdsbestedingen:</u>	
Besteltijd van materiaal:	/
Levertijd van materiaal:	<ul style="list-style-type: none"> • Gevelsteen: Na besteltijd, op afroep (+- 2 à 3 werkdagen) • Kalkzandsteen: na definitieve goedkeuring plannen -> Min. 15 werkdagen • Isolatie MW: 3 tot 5 weken (heel verschillend op dit moment)
Vooropgestelde periode voor uitvoering gevelsysteem (datum): Start ruwbouw tot wind-waterdicht	Blok B: 26/04 -> 17/10 Blok D: 2/05 -> Blok A/C kelder (excl. Afdek): 20/04-> 20/06 Blok A: 10/07/2022 -> 20/12/2022 Blok C: 10/07/2022 -> 20/12/2022
Effectieve periode voor uitvoering gevelsysteem (datum): Start ruwbouw tot wind-waterdicht	Blok B: 26/04 -> 17/10 Blok D: 2/05 -> 2/12/22 Blok A/C kelder (excl. afdek): 13/05/22-> 5/08/22 Blok A: (prognose: 1/08/22 -> 2/02/2023 Blok C: (prognose): 1/08/22 -> 9/02/2023

<p>Duur van opmetselen gevel (dagen):</p>	<p><u>Blok B:</u> Vooropgesteld ->1.535 UREN (27 dagen) met 7 arbeiders Werkelijk ->1.667 UREN (29 dagen) met 7 arbeiders</p> <p><u>Blok D:</u> Vooropgesteld ->1.535 UREN (31 dagen met 6 arbeiders Werkelijk ->tot nu toe 924,50 uren aan 365 m2 metselwerk met 6 arbeiders gemiddeld</p> <p><u>Blok A:</u> Vooropgesteld ->1.828,50 uren Werkelijk ->Nog in uitvoering</p> <p><u>Blok C:</u> Vooropgesteld ->1.604 UREN Werkelijk ->Nog in uitvoering</p>
<p>Hoeveel arbeiders hebben hieraan gewerkt:</p>	<p>Zie bovenaan</p>
<p>Werden deze werken uitgevoerd door een onderaannemer? Zo ja, welke?</p>	<p>Kalkzandsteen blok B/D ->eigen arbeiders Resterende kalkzandsteen ->ZUIDLAND Ruwbouw (predallen+ beton) ->Arbeiders Artem/Van Roey Gevelsteen ->Volledig door arbeiders Artem</p>
<p>Werd er gebruik gemaakt van stellingen, rolstellingen of hoogtewerkers:</p>	<p>Gevelstelling voor het plaatsen van gevelsteen Geen hoogtewerkers tot nu toe gebruikt ->Heel werf op basis van 1 TK</p>
<p><u>Plaatsing:</u></p>	
<p>Waar werden de stenen bij levering geplaatst op het terrein:</p>	<p>De werfinrichting is naargelang de werf mee aangepast.</p>
<p>Waar was de werfkeet geplaatst op het terrein:</p>	<p>Eerst is de ruwbouw van blok B/D opgetrokken, en nadien de ruwbouw blok A/C.</p>
<p>Waar was de materiaalcontainer geplaatst op het terrein:</p>	<p>Dit omdat er onder blok A/C een kelder ligt. In bijlage 2x werfinrichtingsplan + foto's werfinrichting terug te vinden.</p>
<p><u>Management:</u></p>	

Fouten en problemen tijdens uitvoeren gevelsysteem:	Foutieve maatvoering landmeter blok D Foutieve positie wachstaven kolommen kelder ->Waardoor ruwbouw blok A wat geschoven moest worden ->wat brengt dat de gevelsteen van blok A moeilijker te plaatsen was/is. In twee delen, want 2 blokken op volle grond en 2 blokken met kelder. Door bemaling liep er vertraging op bij de twee blokken met kelder. Hierdoor kwam het nog een beetje goed uit zodat niet alle ruwbouw exact samenvalt.
Hoeveel keer per werk werd de werf opgeruimd/gecontroleerd?	De werf is 1 keer grondig opgeruimd (dit wegens een evenement op werf. Verder wordt er getracht om de werf regelmatig/constant ordelijk en net te houden
Werd er gebruik gemaakt van de 5S-methode? (Scheiden, Schikken, Schoonmaken, Standaardiseren en Standhouden)	/
Werd er gebruik gemaakt van een lean planning?	We hebben op werf wel een zeswekenplanning met post-its ophangen. Nu voorlopig gebruik ik deze planning enkel maar voor mezelf. Ik plak de stickers zelf, na het bespreken van de planning met de arbeiders op de werf. Het is wel de bedoeling dat we bij het verder vorderen in afwerking, de Onderaannemers meer gaan betrekken bij het opmaken van de planning.

Bijkomende vragen:

Vraag 1: Wat zijn de verbeterpunten tot op heden?

Antwoord 1: Ik zou zelf zoveel mogelijk gebruik maken van een halfsteensverband en dit implementeren in BIM om achteraf zo weinig mogelijk problemen te hebben met ramen en deuren.

Vraag 2: De fouten die gemaakt worden, hoe zou je deze vermijden (indien mogelijk)?

Antwoord 2: Ik zou proberen BIM te implementeren, maar hierbij zullen nog altijd fouten kunnen optreden. Verder zou ik zoveel als mogelijk prefab implementeren. Dit heeft een hogere kost in het begin maar zal wel de totale tijd verkorten. Tot slot zou ik de gevelsteen implementeren in BIM om zo een gemakkelijker verband te metsen (indien akkoord van architect).

Vraag 3: Kent u nog andere gevelsystemen en welke vindt u zelf interessant?

Antwoord 3: Ik zelf werk voornamelijk met kalkzandsteen. Een alternatief dat ik ken, is E-Board van Vandersanden.

8.2 Bijlage B: Prijs offerte E-Board

OFFERTE

738443



Vandersanden Steenfabrieken NV

Riemsterweg 300
BE - 3740 BILZEN (Spouwen)

RPR Antwerpen Afd. Tongeren

BTW BE 0441625063

EORI BE0441625063

IBAN: BE85 4527 0205 6106

IBAN: BE39 2350 3650 1819

Tel. +32 (0)89 510 140

E-mail: spouwen@vandersanden.com

Eénmalige klant

Riemsterweg 300

BE 3740 BILZEN (Kleine-Spouwen)

Datum: 13/12/2022

Vertegenwoordiger: Timothy Cuypers +32 (0)89 510 157

Medewerker: Caroline Beerden +32 (0)89 510 356

Klantnr: 425

Tel. klant:

Aannemer:

Werfgegevens:

Ondergrond: Metselwerk

Project/Ref.: offerte Masterproef Arne Paesmans & Marjolein Soeffers

Uw kenmerk: mail 12/12/2022

Afleverplaats:

Geachte,

Met genoegen stellen wij u vrijblijvend volgende offerte voor:

Code	Omschrijving	Aantal	Nettoprijs (€)	Advies verkoopprijs (€)
EBEP140	Af fabriek. Lanklaar (België) E-Board EPS 140mm WF Strippen Handvorm Platina Ondergrond : Metselwerk	150,00	134,20 /m ²	
GHWN004A0BSH	Af fabriek. Lanklaar (België) WF Hoekstrippen Handvorm Platina	50,00	33,50 /lm	
EBEP140Z	Af fabriek. Lanklaar (België) Zero E-Board EPS 140mm WF Strippen Handvorm Platina Ondergrond : Metselwerk	150,00	148,70 /m ²	
GHWN004A0BSH	Af fabriek. Lanklaar (België) WF Hoekstrippen Handvorm Platina	50,00	38,50 /lm	

Meegeleverde systeemaccessoires

E-Board EPS 140mm losse plaat WF/ZERO

448 / Stuks

Slagplug CN8 190mm

2.400 / Stuks

PUR-schuim

24 / Stuks

Mortellijm

60 / Zak

Compriband

60 / lm

Onze algemene verkoopvoorwaarden, die u van tevoren werden meegedeeld en die raadpleegbaar zijn op de website www.vandersandengroup.com, zijn van toepassing.

p. 1 / 2

www.vandersanden.com

OFFERTE

738443



Code	Omschrijving	Aantal	Nettoprijs (€)	Advies verkoopprijs (€)
	Mortellijm Zero	60 / Zak		
	PUR-pistool	1 / Stuks		
	PUR-Cleaner	1 / Stuks		
	Uitlijningstooltje	1 / Stuks		
	Lagenmaatlat	1 / Stuks		
	Handleiding en morteladvies NL	1 / Stuks		
	Totaal aantal pallets accessoires:31			
	Totaal aantal pallets strippen (incl. varianten): 13			
	(Onder voorbehoud van wijzigingen.)			
	Af fabriek. Lanklaar (België)			
GHWN004A0BSN	WF Strippen Handvorm Platina	10.800,00		
	Af fabriek. Lanklaar (België)			
GHWN004A0BSN	WF Strippen Handvorm Platina	13.500,00		

Leveringscondities: Af fabriek

Totaal gewicht: 12,824 Ton

Betalingcondities: Betaling 14 dagen na factuurdatum

De prijsgeldigheid van deze offerte is 4 weken met als uiterste afhaaldatum 31/12/23. Na 4 weken vervalt deze prijsaanvraag en dient u een nieuwe prijsaanvraag te doen

Graag willen wij uw aandacht erop vestigen dat dit geen standaardartikel is en er hierdoor een afnameplicht geldt. De bestelde en niet-afgehaalde producten zullen na einde werf gefactureerd worden.

De indicatieve levertermijn voor een E-Board bestelling is 6 weken. U wordt echter automatisch op de hoogte gebracht wanneer de bestelling bij ons klaar staat voor afhaling.

Wij verzoeken u pas de goederen te komen afhalen na deze bevestiging.

Extra opties

Omschrijving	Prijs	Eenheid
E board		
Indicatieve richtprijs plaatsing Eboard - strippen half steens met voeg	85,00	€/m ²
Indicatieve richtprijs plaatsing Eboard - strippen half steens voegloos	95,00	€/m ²
Steenstrippen		
Indicatieve richtprijs plaatsing hoekstrippen half steens met voeg	18,00	€/lm
Indicatieve richtprijs plaatsing hoekstrippen half steens voegloos	20,00	€/lm
Voegwerken		
Indicatieve richtprijs voegwerken	20,00	€/m ²

Met vriendelijke groeten,

Onze algemene verkoopvoorwaarden, die u van tevoren werden meegegeeld en die raadpleegbaar zijn op de website www.vandersandengroup.com, zijn van toepassing.

p. 2 / 2

www.vandersanden.com

8.3 Bijlage C: Prijs offerte Signa

07-05-2023 13:57

Mail van Universiteit Hasselt - Richtprijs signa (Masterproef - UHasselt)



Arne Paesmans <arne.paesmans@student.uhasselt.be>

Richtprijs signa (Masterproef - UHasselt)

Kobe Langenaeker <k.langenaeker@vandersanden.com>
Aan: Arne Paesmans <arne.paesmans@student.uhasselt.be>

25 april 2023 om 16:15

Beste Arne,

Bij Signa speelt de complexiteit en de vorm van het gebouw een zeer belangrijke rol. Hoe meer repetitie er in het gebouw aanwezig is, hoe minder engineering er nodig is per m². Dit speelt een belangrijke rol in het bepalen van de m² prijs.

Ervan uitgaand dat het een gemiddeld project is wat betreft repetitie en er een eenvoudig patroon gekozen wordt (tegelverband/ blokverband, 1 of 2 diktes) kan je een richtprijs aanhouden van +- 250€/m². Dit is zonder achter structuur.

Dit wilt zeggen dat er afhankelijk van de ondergrond en manier van toepassing nog een kostprijs bijkomt.

Voor een traditionele toepassing op een aluminium regelwerk kan men rekenen aan een 150-200€ aan materiaalkost voor de achter structuur (uiteraard afhankelijk van de vorm van de panelen en de afmeting). Voor de installatie op de werf van dit alles kan er ook nog eens geteld worden aan 60€/m².

Wordt een vergelijkbaar systeem toegepast op een prefab HSB element en worden de Signa paneel gemonteerd in de fabriek, daalt deze prijs aanzienlijk. Hier moet men voor de achter structuur een 20€ tellen (veel minder stelmogelijkheden noodzakelijk aangezien we spreken over een prefab wand met strikte toleranties. Voor plaatsing zal dit ook aanzienlijk lager uitkomen. Naar schatting zal je hier ook rond de 20€/m² uitkomen.

Voor montage op de bouw is er geen specifiek materiaal vereist. Ieder paneel wordt zo ontworpen dat het gemiddeld gewicht de 42,5 kg niet overschrijdt. (het maximale voor met 2 personen comfortabel te tillen.)

Indien er nog verdere vragen zijn hoor ik het graag.

Met vriendelijke groeten, Sincères salutations, Kind regards,

Kobe Langenaeker

New Business Development Manager

| +32 478 36 27 16

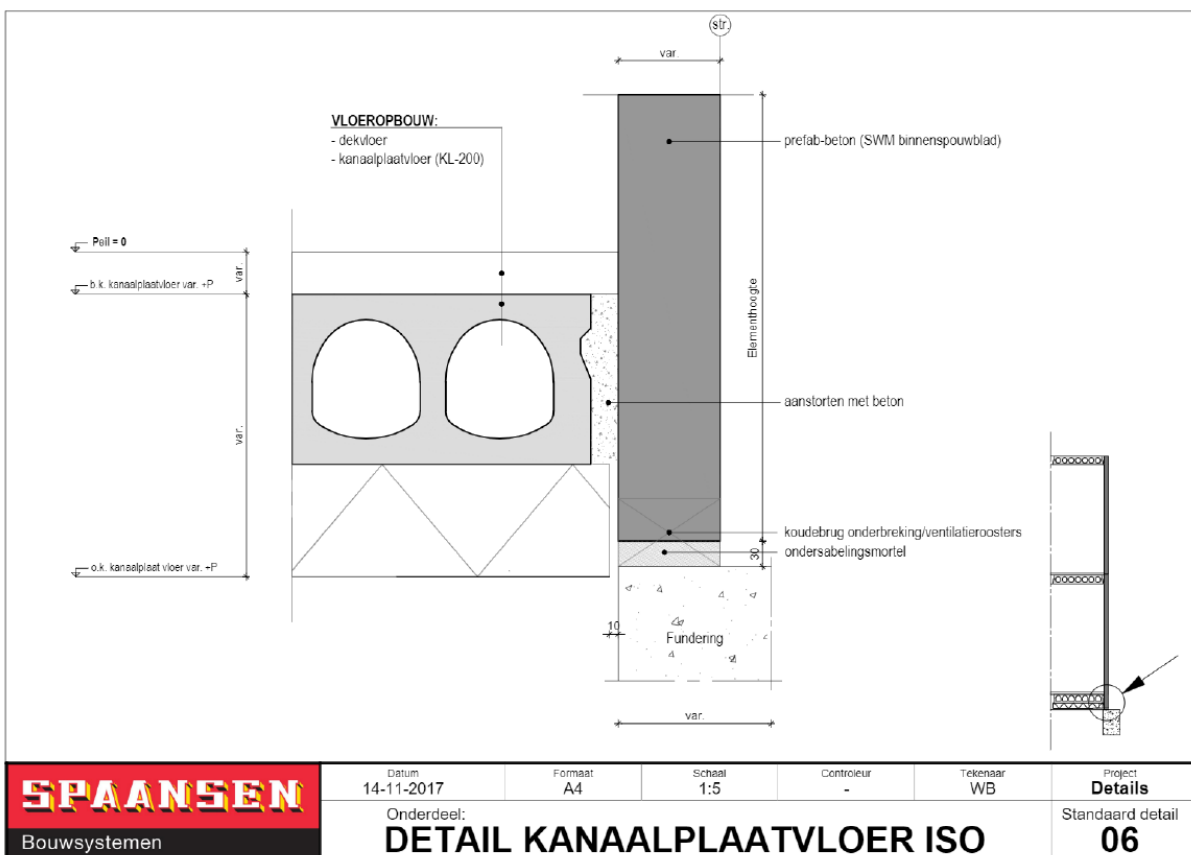
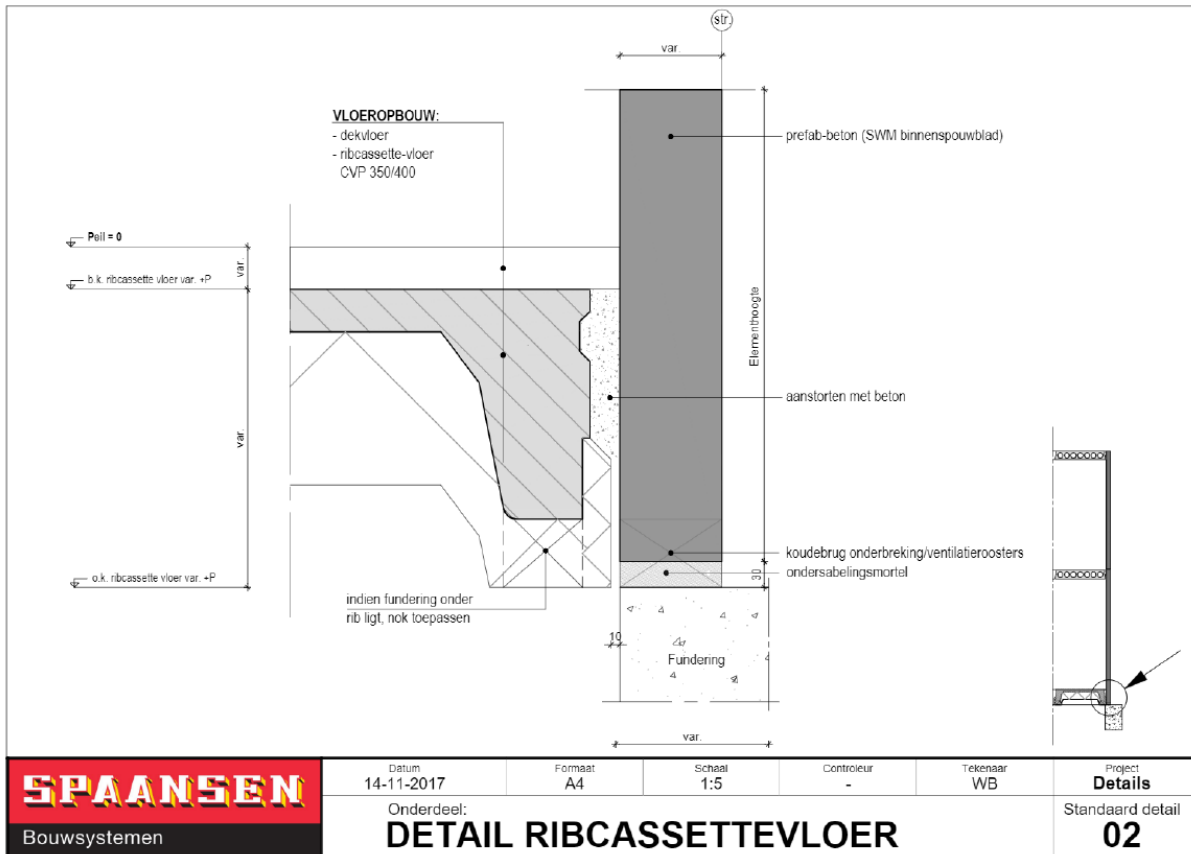
E k.langenaeker@vandersanden.com

Slakweidestraat 41, B-3630 Maasmechelen

Limburg

www.vandersanden.com

8.4 Bijlage D: Detailtekeningen ribcassettevloer en kanaalplaatvloer



8.5 Bijlage E: Prijs offerte Spaansen - Gevelklaar

SPAANSEN

Verbinding Is Ons Succes

SPAANSEN BOUWSYSTEMEN B.V.

GEVELKLAAR

Basis richtprijzen t.b.v. levering/montage 2023 Prijs/m² (netto) 30-01-2023

Gevelklaar element (meerprijs tov betonelement)	Ca. €	251,00	per m ² t.b.v. tussenwoning
	Ca. €	223,00	per m ² t.b.v. kopgevel eindwoning (Voor- en achtergevel eindwoning als tussenwoning) (Bij 2-0-1 kap met zij-entree m2 prijs als tussenwoning)

Inclusief; Leveren en aanbrengen isolatie 170 mm (Let op, prijs is exclusief betonelement)
 Strippen uit basis Robobrick-assortiment (klasse 1)
 Rollagen boven kozijnen
 Lijm t.b.v. stripfen
 Illbruck SP925 coating t.b.v. waterdichting/luchtdichting rondom kozijnen
 Voegen, 5 basiskleuren (2 mm verdiept)
 Montagematerialen
 Transport
 Prijzen gerekend over netto oppervlakte van isolatie

Montage (meerprijs tov basiscasco, over m2 gevelklaar)	Ca. €	20,00	per m ² (o.b.v. 80 tons rupskraan)
	Ca. €	18,00	per m ² (o.b.v. 60 tons rupskraan)

Meerprijzen

Steenkeuze/ steenklasse	WF (20mm)	Toeslag steenstripdikte
klasse 1	Inclusief	20mm inclusief
klasse 2	€ 10,00 per m ²	28mm € 3,00 per m ²
klasse 3	€ 18,00 per m ²	36mm € 68,00 per m ²
klasse 4	€ 26,00 per m ²	Toeslagen dickere stripfen zijn exclusief de meerprijs voor dickere hoekstripfen.
klasse 5	€ 32,00 per m ²	
klasse 6	€ 37,00 per m ²	Voegwerk, 2mm verdiept (Beamix mortels)
ECO-1	€ -3,00 per m ²	2735 donkergrijs inclusief
ECO-2	€ -2,50 per m ²	2771 gebr. wit inclusief
ECO-3	€ 14,00 per m ²	2772 lichtgrijs inclusief
		2773 grijs inclusief
		2774 antraciet inclusief
Metselverbanden		Platvol voegen alleen t.b.v. keimwerk
halfsteens	Inclusief	
wildverband 1 kop	€ 2,00 per m ²	Toeslagen voegwerk
wildverband 2/3 koppen	€ 4,00 per m ²	bij 28mm strip € 4,25 per m ²
tegelverband (stapelstrekk)	Inclusief	bij 36mm strip € 9,50 per m ²
tegelverband (stapelkop)	€ 36,00 per m ²	voeg 4mm verdiept € 2,75 per m ²
		Toeslag voegen bij verticaal metselwerk
		€ 8,50 per m ²
Diverse		
2e steentype in project	€ 4,50 per m ² (over de m2 van het 2e type)	
3e steentype in project	€ 9,00 per m ² (over de m2 van het 3e type)	
Toeslag rondgaan de rollaag	€ 7,00 per m ¹	
Toeslag hoekzoolstripfen	€ 20,00 per m ¹	
	(in plaats van standaard hoekstripfen)	

Opties

Tilmar FlexVent RVS vloerkoker (Aansluitstukken door aannemer te leveren en monteren op bouwplaats)	€	50,00	per stuk
Leveren en aanbrengen RVS Firebarrier, bij appartementen tussen alle bouwlagen	€	35,00	per m ¹
Leveren en aanbrengen wandcontactdoos tbv buitenverlichting	€	31,50	per stuk
Leveren en aanbrengen gierwalu wkkast/huismuskast/vleermuiskast	€	135,00	per stuk
Leveren en aanbrengen vleermuis-kraamkast	€	315,00	per stuk
Leveren en aanbrengen van aluminium waterslagen, gepoedercoat in standaard RAL-kleuren	ca. €	80,00	per m ¹
Leveren en aanbrengen van keramische waterslagen, kleur antraciet, bruin of zwart	ca. €	75,00	per m ¹
Leveren en aanbrengen van betonnen waterslagen, kleur antraciet, grijs of wit	ca. €	60,00	per m ¹

8.6 Bijlage F: Prijsofferte Spaansen - Betoncasco

07-05-2023 14:38

Mail van Universiteit Hasselt - Fwd: Vraag casco



Arne Paesmans <arne.paesmans@student.uhasselt.be>

Fwd: Vraag casco

Marjolein Soeffers <marjolein.soeffers@student.uhasselt.be>
Aan: Arne Paesmans <arne.paesmans@student.uhasselt.be>

28 februari 2023 om 15:02

----- Forwarded message -----

Van: Walter Wevers <w.wevers@spaansen.nl>
Date: di 28 feb 2023 om 14:44
Subject: RE: Vraag casco
To: Marjolein Soeffers <marjolein.soeffers@student.uhasselt.be>
Cc: Raimond Lotz <r.lotz@spaansen.nl>

Beste Marjolein,

Een offerte voor een "standaard" casco wand hebben wij niet voorhanden, echter je kan hier rekenen met een richtprijs € 49,00/m² (10 cm dik, 1 zijde bekist). Voor een 15 cm dikke wand kan de factor *1,50 gehanteerd worden op de m² prijs, enz.

In de bijlage tref je een document aan waarin de reeds genomen acties v.w.b. duurzaamheid staan geschreven.

Ik hoop je hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Walter Wevers.

Spaansen Bouwsystemen