

KOSTENTECHNISCH ENERGETISCH RENOVEREN: PREFAB OF IN SITU?

Een onderzoek naar de kostprijs in functie van de prefabricatiegraad.

Opdrachtgever	IWT TETRA Pro ³
Project	WP 5 – Opmeting, planning en kostprijs
Auteur	ir. arch. Sebastiaan Schelfaut Bureau Bouwtechniek nv Kammenstraat 18 - 2000 Antwerpen T 03 231 53 95
Onze referentie	171-TETRA PRO3-WP5-nota kostprijscalculatie-0925-SS.docx
Datum	25/09/2017
Status	Definitief verslag



1 INLEIDING

In het kader van het onderzoek naar prefab-oplossingen voor energetische renovaties van tertiaire gebouwen worden een 4-tal renovatieoplossingen volledig doorgerekend van conceptfase en uitvoering tot onderhoud en einde levensduur. Hierbij wordt onderzoek gedaan naar de impact van de prefabricatiegraad en de typologie van het gebouw op de kostprijs van de uitvoering. In tweede lijn wordt onderzocht hoe de onderhoudskost, levensduur en hinder voor de gebruiker kan worden gekwantificeerd.

2 METHODE - SIMULATIETOOL

Het spreekt voor zich dat dit onderzoek afhangt van een uitgebreide reeks parameters zoals materiaalkosten en rendementen, maar ook systeemafhankelijke elementen zoals de mal waarin betonnen elementen worden geproduceerd. De gegevens zijn niet vrij beschikbaar, want fabrikanten willen niet alle kennis vrijgeven. Bovendien zijn vele parameters project- en productafhankelijk. De uitgangspunten van de berekening zijn verzameld aan de hand van gesprekken met fabrikanten en aannemers, externe documentatie en de interne kennis van Bureau Bouwtechniek. Ter voorbereiding van de kostenanalyse worden al deze parameters samengevoegd in een rekenblad. In combinatie met de geometrische parameters van gebouwen worden zeven kostencategorieën berekend voor vier renovatiestrategieën: afbraak, voorbereiding, prefab, in situ, hinder, onderhoud en vervanging.

De tool rekent met absolute waarden maar de verkregen resultaten moeten worden gerelativeerd. De resultaten zijn gebaseerd op inschattingen en kunnen dienen als raming, maar kunnen in geen geval een gedetailleerde offerte van een aannemer vervangen. Bovendien worden sommige systemen slechts in beperkte mate aangeboden op de Belgische markt, wat kan leiden tot grote schommelingen in prijszetting. De tool geeft inzicht in de budgettaire voor- en nadelen van prefabricatie, maar is niet bruikbaar bij het berekenen van een reële kostprijs.

2.1 Overzicht van gesimuleerde renovatiestrategieën

De technische mogelijkheden zijn zeer uitgebreid. Het is niet mogelijk om alle beschikbare methodes en situaties door te rekenen. Als uitgangspunt worden daarom twee prefab-strategieën, “beton=gevel” en “HSB+gevel” en twee in situ strategieën, “ETICS” en “voorhanggevel” genomen.

2.1.1 Beton=gevel

Dit systeem kan zowel een sandwich- als een enkelschalig paneel zijn. De maximale paneelafmetingen worden in grote mate bepaald door het maximale gewicht, afhankelijk van bedrijf tot bedrijf en de voorziene werfkranen.

De gevelafwerking is steeds beton, al dan niet bewerkt of voorzien van ingelegde bakstenen of tegels. De waterdichtheid wordt gerealiseerd aan de buitenzijde met een in situ aangebrachte elastische kit of met een in de fabriek geplaatste voegdichting (type onbepaald).

De binnenzijde wordt afgewerkt met een pleisterlaag of met een voorzetwand uit gipskarton. In het laatste geval wordt een bijkomende luchtdichting aan de binnenzijde voorzien.

2.1.2 HSB+gevel

Dit systeem bestaat uit een geprefabriceerde houtskeletbouw (HSB) doos en wordt steeds afgewerkt met een bijkomend geventileerd gevelsysteem, al dan niet in de fabriek aangebracht. De maximale afmetingen worden ook beperkt door het maximale gewicht, maar over het algemeen zijn de transportmogelijkheden en het gevelbeeld doorslaggevend.

Als gevelafwerking kunnen alle geventileerde gevelsystemen worden toegepast. De waterdichtheid wordt gerealiseerd aan de buitenzijde met een in situ aangebrachte tape, of met een in de fabriek geplaatste voegdichting.

De binnenzijde wordt steeds afgewerkt met een voorzetwand uit gipskarton. Het damp scherm wordt rondom luchtdicht afgewerkt tussen verschillende elementen.

2.1.3 ETICS

Dit systeem is opgebouwd uit een al dan niet bestaande muur waarop een gevelisolatiesysteem wordt aangebracht. Op een mechanisch bevestigde isolatielaag wordt een buitenpleister of een hard gevelmateriaal gelijmd.

Als gevelafwerking kan een krabpleister, baksteenstrip of keramische tegel worden toegepast. Niet alle afwerkingen zijn mogelijk i.f.v. de gebouwhoogte.

De binnenzijde wordt afgewerkt met een pleisterlaag of een voorzetwand uit gipskarton. In het laatste geval wordt, indien nodig, een bijkomende luchtdichting aan de binnenzijde voorzien.

2.1.4 Voorhanggevel

Dit systeem is opgebouwd uit een al dan niet bestaande muur waarop een geventileerd gevelsysteem wordt aangebracht. Er wordt uitgegaan van een gevelafwerking met open voegen.

Als gevelafwerking kunnen alle geventileerde gevelsystemen worden toegepast. De waterdichtheid wordt gerealiseerd door de spouw en op onderbrekingen zoals bij buitenschrijnwerk achter de gevelafwerking waterdichte slabben te voorzien.

De binnenzijde wordt afgewerkt met een pleisterlaag of met een voorzetwand uit gipskarton. In het laatste geval wordt, indien nodig, een bijkomende luchtdichting aan de binnenzijde voorzien.

2.2 Geometrische parameters

De geometrische eigenschappen van een gebouw kunnen een invloed uitoefenen op de kostprijs. Er worden twee bestaande gebouwen als referentieprojecten geselecteerd, de Kieparktorens te Antwerpen en een gebouw van de Go! Scholengemeenschap te Oostakker. Zoals Tabel 1 aangeeft zijn dit geometrisch twee verschillende typologieën.



Foto 1 – Google Maps 3D zicht van Go! Internaat te Oostakker

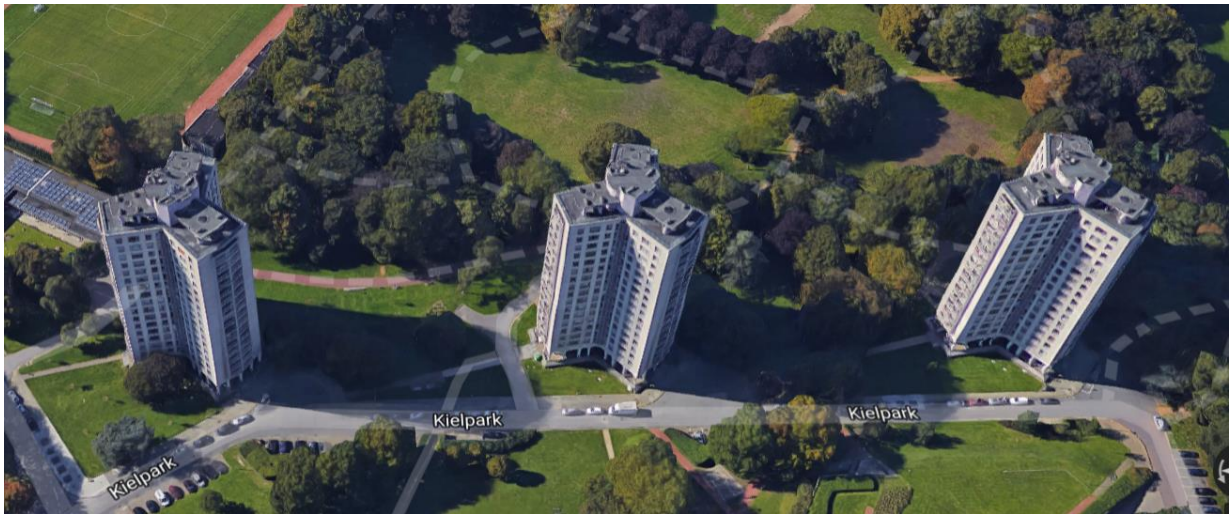


Foto 2 – Google Maps 3D zicht van de drie Kielparktorens te Antwerpen

Het aandeel schrijnwerk is, naast de keuze van het gevelsysteem, een bepalende factor voor de kostprijs van een gevel. De verhouding vloer/gevel geeft de compactheid van een gebouw weer en is een bepalende factor voor het aandeel van de gevel in het totale bouwbudget. Het product van de hoogte van een verdieping en de verhouding vloer/gevel geeft de gemiddelde diepte van het gebouw tot aan de gevel. Voor de Kielparktorens is dit 5,80 m, voor Go! Oostakker 5,62 m. De gemiddelde gebouwdiepte is dus voor beide projecten gelijkaardig. Tabel 1 geeft de geometrische eigenschappen van de twee referentieprojecten weer.

	Vloeropp.	Gevelopp.	Vloer/Gevel	Aandeel schrijnwerk	Aantal verdiepingen	Hoogte verdieping
Kielparktorens Antwerpen	7 520 m ²	4 813 m ²	1,56	17,6%	16 identieke	3,2 m
Go! Oostakker	6 303 m ²	4 140 m ²	1,52	28,8%	4 verschillende	3,7 m

Tabel 1 – Geometrische eigenschappen van de referentieprojecten

2.3 Bestaande gebouw- en geveltypologie

Een andere bepalende factor is de bestaande gevelopbouw. Is het een enkelschalig systeem en is dit zelfdragend of structureel? Of is er een spouwsysteem met een, al dan niet structureel, binnenspouwblad? Hoeveel bijkomend gewicht kan de bestaande fundering dragen?

Structuur	Typologie	Afwerking	Max. gewicht
-----------	-----------	-----------	--------------

Kielparktorens Antwerpen	gemengd (skelet + wand)	spouw met voorhanggevel	prefab beton	Max. 375 kg/m ²
Go! Oostakker	skelet	enkelschalig	prefab beton	Niet gekend

Tabel 2 – Bestaande gebouw- en geveltypologie

Het uitgangspunt van dit onderzoek is steeds een energetische gevelrenovatie. Er wordt in de mate van het mogelijke gestreefd naar het reconstrueren van de initiële gevelarchitectuur, maar over het algemeen wordt er dikte aan het gevelpakket toegevoegd zodat het gevelbeeld vertekend wordt. Bovendien laten niet alle systemen toe om een identieke afwerking te bekomen.

2.4 Simulatieparameters

De simulatie wordt gebaseerd op een honderdtal parameters. Hieronder worden deze opgesomd per categorie.

2.4.1 Referentieperiode

De referentieperiode wordt standaard ingesteld op 50 jaar, de ontwerplevensduur voor gebouwen volgens NBN EN 1990 Tabel 2.1. Deze parameter heeft een invloed op de onderhoudskost en vervangkost.

2.4.2 Terugkeerperiodes onderhoud

De terugkeerperiodes voor het onderhoud hebben betrekking op controle en vervanging van eventueel kitwerk en de reiniging van de gevel.

Voor kitwerk wordt uitgegaan van de aanbeveling van STS 56.1 §9. Onderhoud¹ die een eerste controle vooropstelt na 1 jaar, en daarna driejaarlijks. Standaard wordt een driejaarlijkse controle gerekend, en wordt een vervanging van 20% van het kitwerk per controle voorzien. De terugkeerperiode voor de reiniging van de gevel wordt per type gevel afzonderlijk ingesteld.

	Terugkeerperiode	Gebaseerd op
Controle kitwerk	3 jaar ²	aandeel te vervangen: 20% ³

¹ STS 56.1 - Dichtingskitten voor gevels (FOD Economie, uitgave 1999)

² "Onderhoudsgids voor Gebouwen"; WTCB (2011)

³ Gebaseerd op een geschatte levensduur van 15 jaar volgens "Levensduurdata"; SBRCUR (2017)

Reiniging + hydrofoberen
betonnen gevel 10 jaar⁴

Reiniging + hydrofoberen
voorhanggevel 10 jaar⁵

Reiniging + schilderen
ETICS 10 jaar⁶

Tabel 3– Standaard instelling terugkeerperiodes onderhoud

2.4.3 Kostprijzen en rendementen onderhoud

De kostprijs voor het onderhoud van verscheidene gevelelementen wordt afzonderlijk ingesteld. Voor de bepaling van de duurtijd van het onderhoud wordt per onderhoudsaspect een bepaald rendement gerekend.

	EH-prijs	Rendement
Controle kitwerk gevel ⁷	1,00 €/m voeg	100,00 m/uur per arbeider
Vervanging kitwerk gevel ⁸	35,00 €/m voeg	15 m/uur per arbeider
Reiniging + hydrofoberen betonnen gevel ⁹	20,00 €/m ² gevel	5;5 m ² /uur per arbeider
Reiniging + hydrofoberen voorhanggevel ¹⁰	20,00 €/m ² gevel	5;5 m ² /uur per arbeider
Reiniging + schilderen ETICS ¹¹	20,00 €/m ² gevel	5;5 m ² /uur per arbeider

Tabel 4 – Standaard instelling kostprijzen en rendementen voor onderhoud

2.4.4 Terugkeerperiode vervanging

De terugkeerperiode voor het vervangen van een gevel wordt per type gevel afzonderlijk ingesteld. Er wordt van uitgegaan dat het volledige pakket zal moeten worden vervangen.

	Terugkeerperiode
Vervanging betonnen gevel	100 jaar ¹²

⁴ Gebaseerd op een geschatte levensduur van een hydrofobering van 10 jaar.

⁵ Gebaseerd op een geschatte levensduur van een hydrofobering van 10 jaar.

⁶ Gebaseerd op een geschatte levensduur van een verlaag van 10 jaar.

⁷ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁸ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁹ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

¹⁰ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

¹¹ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

¹² "Levensduurdata"; SBRCUR (2017)

Vervanging voorhanggevel 75 jaar¹³

Vervanging ETICS 25 jaar¹⁴

Tabel 5 – Standaard instelling terugkeerperiodes vervanging

2.4.5 Hinderkost

Als uitgangspunten voor de berekening van de hinderkost, kan er een totale verhuiskost worden opgenomen, en een eventuele minwaarde per vierkante meter vloeroppervlakte per maand. De gewogen gemiddelde huurprijs voor kantoren in Vlaanderen varieert tussen 62 en 163 €/m² per jaar¹⁵.

Standaard wordt geen verhuis voorzien, en wordt een minwaarde van 2 €/m² vloeroppervlakte per maand ingesteld. Een maand telt 20 werkdagen.

2.4.6 Regietarieven rendementen plaatsing prefabelementen

Als uitgangspunten voor de berekening van de montagewerken worden enkele regietarieven toegepast voor arbeiders en kraanwerk.

	Tarief	
Arbeider	50,43 €/uur ¹⁶	(8 werkuren per werkdag)
Kraan + kraanman	71,02 €/uur ¹⁷	(8 werkuren per werkdag)
Rendement montage prefab	7 elementen/dag ¹⁸	(4 arbeiders, kraan + kraanman)

Tabel 6 – Standaard instelling regietarieven en het rendement voor de plaatsing prefab elementen

2.4.7 Hoogtewerker en steigers

Indien in situ werken aan de gevelzijde (afbraakwerken, nabewerkingen, onderhoudswerken) moeten worden uitgevoerd, wordt de kost van een hoogtewerker of steiger ingerekend. Op basis van de duurtijd van de werken wordt de goedkoopste oplossing van de twee ingerekend.

EH-prijs

¹³ De levensduur van een voorhanggevel is afhankelijk van de gekozen bekleding en de wijze van bevestiging. Er wordt bij voorkeur gekozen voor een materiaal met een lange levensduur, die overeenstemt met de geschatte levensduur van een HSB-wand. Zie ook "Levensduurdata"; SBRCUR (2017).

¹⁴ "Levensduurdata"; SBRCUR (2017)

¹⁵ "Vastgoedwijzer 2013 – Vlaams overheidsvastgoed in cijfers"; Vlaamse Overheid (2013)

¹⁶ Gebaseerd op regieloan arbeider categorie 1 voor een schrijnwerkers met minder dan 10 werknemers volgens "AspenIndex Nieuwbouw"; Aspen (2016).

¹⁷ Gebaseerd op een mobiele werfkraan met een maximale last van 20 Ton volgens "AspenIndex Nieuwbouw"; Aspen (2016).

¹⁸ Gebaseerd op informatie uit gesprekken met Loveld en Verheyen Beton. Er wordt aangenomen van er 5 à 9 panelen per dag worden geplaatst, onafhankelijk van de afmetingen.

Plaatsen + weghalen steigers	10;38 €/m ² ¹⁹	
Huur steigers	0,28 €/m ² per maand ²⁰	
Huur hoogwerker	1 040,36 €/dag ²¹	(20 werkdagen per maand)

Tabel 7– Standaard instelling kostprijs hoogwerker en steigerconstructie

2.4.8 Kosten en rendementen in situ

In de berekening wordt uitgegaan van de kostprijs en rendementen voor de in situ plaatsing van materialen.

	EH-prijs	Rendement
Werfleiding en –inrichting	1 000,00 €/dag ²²	
Afbraak binnenspouwblad ²³	50,00 €/m ² gevel	100 m ² /dag
Afbraak buitenspouwblad ²⁴	50,00 €/m ² gevel	100 m ² /dag
In situ metselen binnenspouwblad ²⁵	62,70 €/m ² gevel	8,91 m ² /dag per arbeider
Binnenafwerking pleisterwerk ²⁶	24,26 €/m ² gevel	26,23 m ² /dag per arbeider
Binnenafwerking dubbele gipskarton op regelwerk ²⁷	45,00 €/m ² gevel	16 m ² /dag per arbeider
Thermische isolatie ²⁸ voorhanggevel	51,68 €/m ² gevel	18,18 m ² /dag per arbeider
Regelwerk voorhanggevel ²⁹	50,00 €/m ² gevel	24 m ² /dag per arbeider
Beplating voorhanggevel ³⁰	130,00 €/m ² gevel	24 m ² /dag per arbeider

¹⁹ Gebaseerd op Enkele steiger met breedte 160 cm volgens “AspenIndex Nieuwbouw”; Aspen (2016).

²⁰ Gebaseerd op huurprijs per week voor Enkele steiger met breedte 160 cm volgens “AspenIndex Nieuwbouw”; Aspen (2016).

²¹ Gebaseerd op Telescopische Hoogwerker Diesel op rupsen tot een werkhoopte van 40,0 m volgens “AspenIndex Nieuwbouw”, Aspen (2016).

²² Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

²³ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

²⁴ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

²⁵ Kostprijs en rendement gebaseerd op Snelbouw van 14 cm eenzijdig schoon werk op verdieping +5 volgens “AspenIndex Nieuwbouw”, Aspen (2016).

²⁶ Kostprijs en rendement gebaseerd op Beprestering op baksteen dikte 12 mm volgens “AspenIndex Nieuwbouw”, Aspen (2016).

²⁷ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

²⁸ Gebaseerd op Vliesgevel-isolatie in glaswol 2 x 10 cm volgens “AspenIndex Nieuwbouw”, Aspen (2016).

²⁹ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

³⁰ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

Thermische isolatie ETICS ³¹	61,87 €/m ² gevel	27,12 m ² /dag per arbeider
Afwerking ETICS ³²	51,23 €/m ² gevel	10,87 m ² /dag per arbeider

Tabel 8 – Standaard instelling kostprijzen en rendementen in situ

2.4.9 Kosten en rendementen nabewerkingen in situ

In de berekening wordt uitgegaan van de kostprijs en rendementen voor de in situ nabewerking van prefab elementen.

	EH-prijs	Rendement
Voegbanden + Elastisch Kitwerk ³³ waterdichting gevelzijde	30,86 €/m voeg	23 m/dag per arbeider
Tape waterdichting gevelzijde ³⁴	25,00 €/m voeg	50 m/dag per arbeider
Opspuiten voegen binnenzijde met PUR ³⁵	10,00 €/m voeg	100 m/dag per arbeider
Kitwerk luchtdichting binnenzijde ³⁶	30,86 €/m voeg	23 m/dag per arbeider
Tape luchtdichting binnenzijde ³⁷	25,00 €/m voeg	50 m/dag per arbeider
Coating luchtdichting binnenzijde ³⁸	12,00 €/m ² gevel	50 m ² /dag per arbeider

Tabel 9 – Standaard instelling kostprijzen en rendementen nabewerkingen in situ

2.4.10 Kosten prefab “beton=gevel”

In de berekening wordt uitgegaan van volgende gegevens voor de berekening van de kostprijs van prefab betonelementen.

EH-prijs

³¹ Gebaseerd op kostprijs en rendement voor mechanisch bevestigde thermische isolatie van 20 cm voor kunsthars gebonden bepleistering op isolatie volgens “AspenIndex Nieuwbouw”; Aspen (2016).

³² Gebaseerd op kostprijzen en rendementen voor wapening; onderlaag en machinaal aangebrachte afwerklaag voor kunsthars gebonden bepleistering op isolatie volgens “AspenIndex Nieuwbouw”; Aspen (2016). De kostprijzen werden vermeerderd met 30% en de rendementen gereduceerd met 30% o.w.v. geveldetails.

³³ Gebaseerd op kostprijzen en rendementen voor voegband en 2K PU kit van 25 mm volgens “AspenIndex Nieuwbouw”, Aspen (2016).

³⁴ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

³⁵ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

³⁶ Gebaseerd op kostprijzen en rendementen voor voegband en 2K PU kit van 25 mm volgens “AspenIndex Nieuwbouw”, Aspen (2016).

³⁷ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

³⁸ Kostprijs en rendement geraamd door Bureau Bouwtechniek.

Kostprijs mal ³⁹	400,00 €/m2	
Maximaal hergebruik mal ⁴⁰	50 keer	
Kostprijs onderhoud mal ⁴¹	100 €/m2	
Terugkeerperiode onderhoud mal ⁴²	1 onderhoud per 10 stortbeurten	
Kostprijs integreren raamgeheel in mal ⁴³	25,00 €/st	
Kostprijs wapening ⁴⁴	2,00 €/kg staal	
Wapeningspercentage binnenblad	120 kg/m3	(aannee)
Wapeningspercentage buitenblad	120 kg/m3 beton	(aannee)
Kostprijs beton ⁴⁵	180,00 €/m3 beton	
Kostprijs isolatie ⁴⁶	30,00 €/m2 gevel	
Kostprijs storten + ontkisten ⁴⁷	200,00 €/st	
Kostprijs nabewerking gevel ⁴⁸	20 €/m2 gevem	
Kostprijs ankers beton ⁴⁹	400,00 €/st	(per paneel)
Kostprijs zachte isolatie voor aansluiting tegen bestaande wand ⁵⁰	15,00 €/m2 gevel	
Prefab waterdichting ⁵¹	33,92 €/m voeg	
Prefab luchtdichting ⁵²	33,92 €/m voeg	

Tabel 10 – Standaard instelling kostprijzen prefab “beton=gevel”

³⁹ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁴⁰ Gebaseerd op informatie van Verheyen Beton.

⁴¹ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁴² Gebaseerd op informatie van Verheyen Beton.

⁴³ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁴⁴ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁴⁵ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁴⁶ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek, gebaseerd op PIR-isolatie dikte 20 cm.

⁴⁷ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁴⁸ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁴⁹ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁵⁰ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁵¹ Kostprijs gebaseerd op 2 x zelfklevend neopreen breedte 25 mm volgens “AspenIndex Nieuwbouw”; Aspen (2016).

⁵² Kostprijs gebaseerd op 2 x zelfklevend neopreen breedte 25 mm volgens “AspenIndex Nieuwbouw”; Aspen (2016).

2.4.11 Kosten prefab "HSB+gevel"

In de berekening wordt uitgegaan van volgende gegevens voor de berekening van de kostprijs van prefab HSB-elementen.

	EH-prijs	
Kostprijs hout ⁵³	750,00 €/m ³	
Kostprijs dampscherm ⁵⁴	10,00 €/m ² gevel	
Kostprijs structurele buitenplaat ⁵⁵	20,00 €/m ² gevel	
Kostprijs isolatie ⁵⁶	35,00€/m ² gevel	
Kostprijs regelwerk voorganggevel ⁵⁷	20,00 €/m ² gevel	
Kostprijs beplating voorhanggevel ⁵⁸	120,00 €/m ² gevel	
Kostprijs rij ankers HSB ⁵⁹	70,00 €/st	(1 st per 1,2 m gevelbreedte per verdiepingsvloer)
Kostprijs zachte isolatie voor aansluiting tegen bestaande wand ⁶⁰	15,00 €/m ² gevel	
Prefab waterdichting ⁶¹	33,92 €/m voeg	
Prefab luchtdichting ⁶²	33,92 €/m voeg	

Tabel 11 – Standaard instelling kostenprijzen prefab "HSB+gevel"

2.4.12 Kosten transport prefab elementen

In de berekening wordt uitgegaan van volgende gegevens voor de berekening van de kostprijs van het transport van de prefab elementen.

	EH-prijs	Capaciteit
--	-----------------	-------------------

⁵³ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁵⁴ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁵⁵ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁵⁶ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁵⁷ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁵⁸ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁵⁹ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁶⁰ Kostprijs geraamd door Bureau Bouwtechniek.

⁶¹ Kostprijs gebaseerd op 2 x zelfklevend neopreen breedte 25 mm volgens "AspenIndex Nieuwbouw"; Aspen (2016).

⁶² Kostprijs gebaseerd op 2 x zelfklevend neopreen breedte 25 mm volgens "AspenIndex Nieuwbouw"; Aspen (2016).

Transport⁶³ 350,00 €/transport 20 m³/transport
Tabel 12 – Standaard instelling kostprijs en capaciteit transport prefab elementen

2.5 Wijze van berekening

De resultaten van de simulatie worden opgedeeld in 7 categorieën: afbraak, voorbereiding, prefab, in situ, hinder, onderhoud en vervanging. Hieronder worden de categorieën uitgelicht.

2.5.1 Afbraak

Voor de afbraak wordt de kostprijs berekend voor de afbraak van de bestaande geveldelen, rekening houdend met een kost voor een hoogtewerker of een steigerconstructie.

2.5.2 Voorbereiding

Dit is de ingeschatte kostprijs voor de voorbereiding van de werken. Voor het aandeel prefabricatie wordt een kostprijs van 10% aangerekend. Voor het aandeel in situ wordt een kostprijs van 5% aangerekend.

2.5.3 Prefab

Op basis van de beschrijving van het prefab systeem en de opgesomde parameters wordt een kostprijs van de productie van het systeem per m² ingeschat. Daarbij worden de ingeschatte kosten voor het transport geteld.

2.5.4 In situ

Alle werken die op de werf plaatsvinden worden ingerekend, incl. steigers, hoogtewerkers en de kosten voor de werfleiding en -inrichting. Voor prefab betekent dit o.a.: montage en in situ nabewerkingen.

Op basis van de totale duurtijd van fase 1 (afbraak) en fase 2 (gevelwerken in situ excl. montage prefab) wordt per fase de kost voor een steiger of een hoogtewerker bepaald.

2.5.5 Hinder

De hinderkost wordt berekend op basis van eventuele verhuiskosten en de minwaarde gedurende de volledige duurtijd van de werken. Als basis voor de berekening van de totale duurtijd wordt de duurtijd van de werkposten afzonderlijk opgeteld en vermenigvuldigd met een gelijktijdigheidscoëfficiënt 0,50 à

⁶³ Kostprijs en capaciteit gebaseerd op basis van gesprek met Verheyen Beton.

1,00 [-]. Voor de plaatsing van gevelafwerking of prefab elementen en buitenschrijnwerk wordt ook een gelijktijdigheidscoëfficiënt toegepast.

Ter illustratie wordt voor de vier systemen de totale duurtijd van de renovatie van de Kielparktoren berekend. Er wordt verondersteld dat de opmeting van het gebouw en de engineering van de prefab systemen op voorhand worden uitgevoerd. Deze activiteiten hebben daardoor geen effect op de duurtijd van de werf. De uitgangspunten van Tabel 13 zijn:

- Afbraak bestaand binnen- en buitenblad. Nieuw in situ gemetseld binnenblad bij de in situ systemen. Sandwich-systeem bij systeem beton=gevel (12 cm per betonschil). Het aantal panelen voor het systeem “beton=gevel” is 384 stuks (max. gewicht = 10 ton per stuk); voor het systeem “HSB+gevel” wordt een totaal van 288 stuks aangenomen.
- Maximale prefabricatie voor de prefab systemen; incl. prefab plaatsing schrijnwerk, geen nabewerking aan de gevelzijde. Afwerking luchtdichting in situ.
- Binnenafwerking: voorzetwand uit gipskarton bij de prefab systemen; pleisterwerk voor de in situ systemen.

		beton=gevel	HSB+gevel	ETICS	voorhanggevel
		[dagen]	[dagen]	[dagen]	[dagen]
1	Afbraak	26	26	26	26
2	Ruwbouw	0	0	136	136
3	Plaatsing prefab	55	42	-	-
4	Plaatsing schrijnwerk	0	0	42	42
5	In situ waterdichting	0	0	107	281
6	In situ luchtdichting	49	26	46	46
7	In situ afwerking	76	76	0	0
Fase 1	= 1	26	26	26	26
Fase 2	= (2 + 3 + 4 +5) * coëff.-1	55 coëff.-1 = 1,00	42 coëff.-1 = 1,00	285 coëff.-1 = 0,75	459 coëff.-1 = 0,75
Fase 3	= 6 + 7	155	100	46	46
TOTAAL	= F1 + (3 + F2 + F3) * coëff.-2	184 coëff.-2 = 0,75	133 coëff.-2 = 0,75	274 coëff.-2 = 0,75	403 coëff.-2 = 0,75

Tabel 13 – Illustratie van de berekening van de totale duurtijd van de werken bij Kielparktoren

2.5.6 Onderhoud

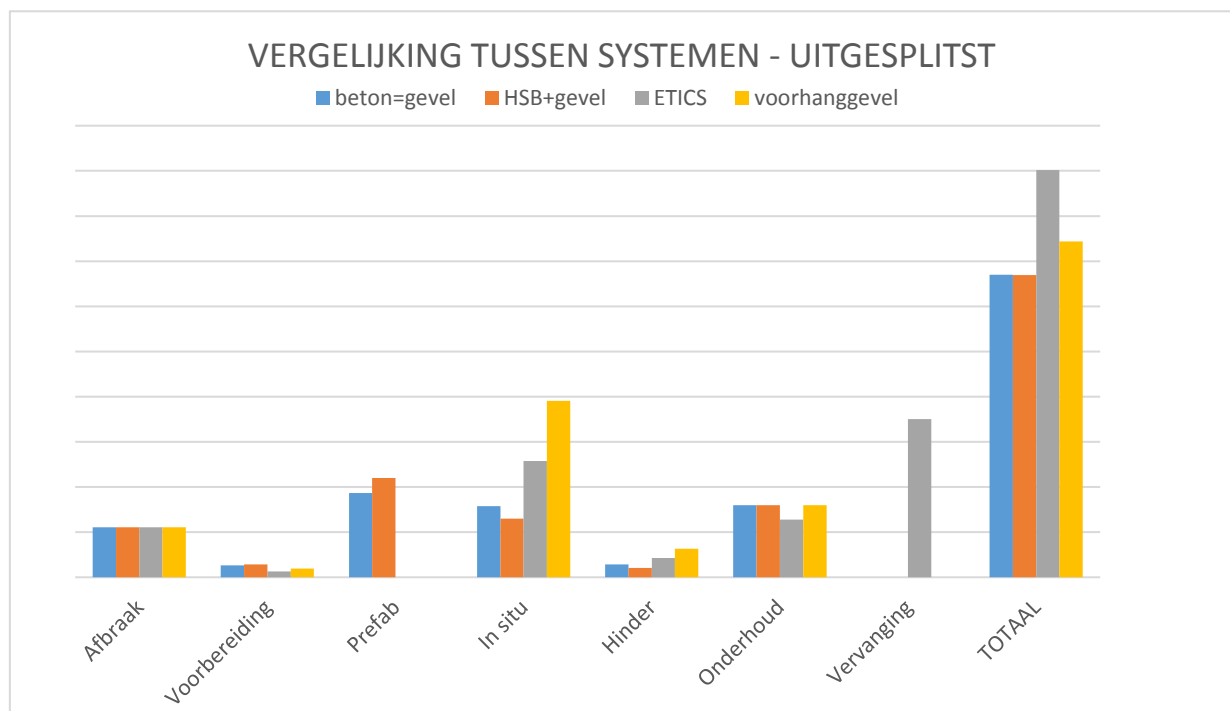
Voor het onderhoud wordt zowel de kostprijs voor het onderhoud aan het voegwerk als geveloppervlak meegerekend. Op basis van de ingeschatte rendementen wordt een totale duurtijd berekend die in tweede instantie de kostprijs voor een hoogwerker of een stelling uitrekent. De bedragen worden opgeteld per onderhoud en vermenigvuldigd met het aantal onderhoudscycli per referentieperiode.

2.5.7 Vervanging

De vervangkost wordt berekend op basis van de terugkeerperiode voor vervanging van een volledig gevelsysteem en kostencategorieën als afbraak, prefab, in situ en hinder.

3 RESULTATEN

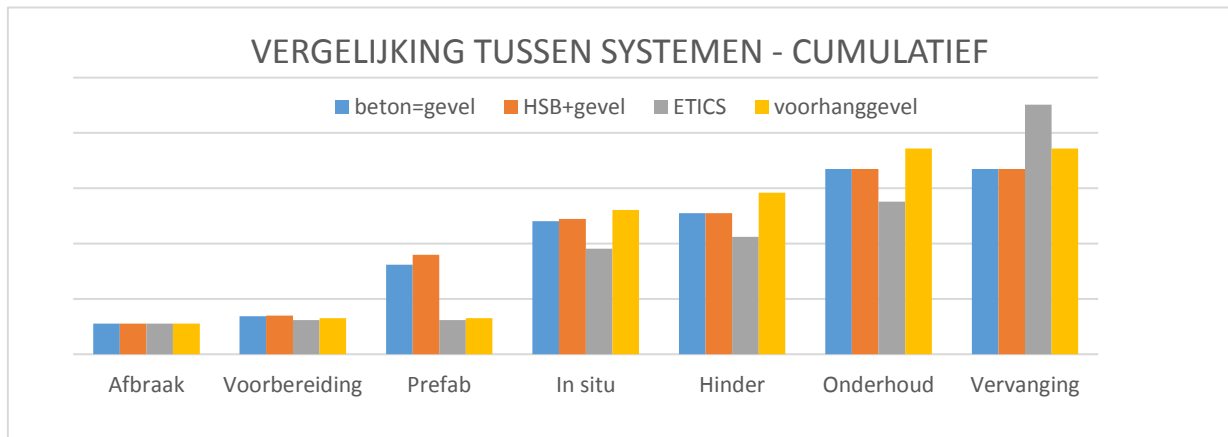
De berekening met de simulatietool resulteert in een totale kostprijs verdeeld over de verschillende kostencategorieën zoals weergegeven in Grafiek 1. De uitgangspunten van dit resultaat zijn dezelfde als voor Tabel 13 en worden beschreven in § 2.5.5.



Grafiek 1 – Voorbeeld kostprijsvergelijking van verschillende systemen voor de Kielparktoren

Als de kostencategorieën in chronologische volgorde cumulatief worden opgeteld resulteert dit in Grafiek 2. Bij de categorie in situ, dus bij het beëindigen van de werf is het systeem “HSB+gevel”

volgens de aannames meer dan 6% goedkoper dan het traditionele systeem met een in situ geplaatste voorhanggevel. Het systeem beton=gevel is bijna 8% goedkoper.



Grafiek 2 – De resultaten van Grafiek 1 chronologisch gecumuleerd

3.1 “ETICS” lijkt de goedkoopste

Het systeem “ETICS” is steeds een zeer prijsgunstige oplossing op korte termijn. Op basis van een referentieperiode van 50 jaar rekenen we echter op één vervanging met als gevolg dat dit systeem steeds als de duurste uit de bus komt over de volledige levensduur van een gebouw.

3.2 “beton=gevel” goedkoper om te maken

Als beton de gewenste afwerking is en de bestaande structuur het kan dragen, is systeem “beton=gevel” over het algemeen de goedkoopste oplossing om te prefabriceren. Hoewel het systeem “HSB+gevel” qua structuur en isolatie intrinsiek de goedkoopste is en het snelst wordt geplaatst, moet deze nog afgewerkt worden met een doorgaans dure voorhanggevel. De gekozen gevelafwerking heeft een grote invloed op de uiteindelijke kostprijs van het systeem “HSB+gevel”.

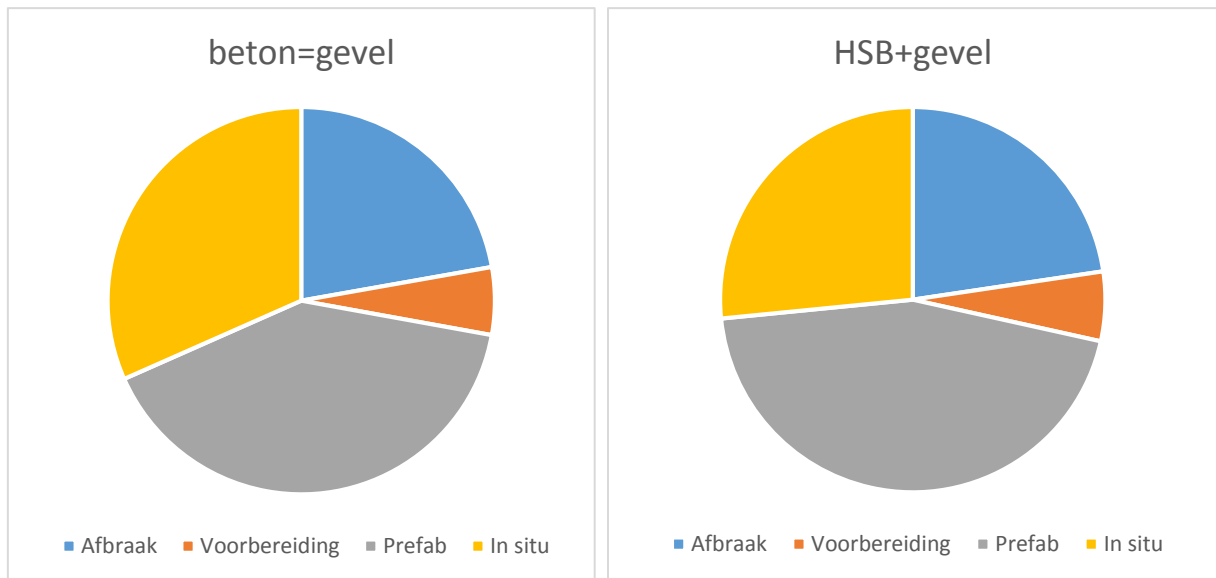
De impact van koolstofwapening op de kostprijs bij sandwichpanelen uit beton moet nog worden onderzocht. Er wordt nu uitgegaan van een betonnen sandwichpaneel met twee betonschalen van 12 cm waartussen een harde isolatieplaat wordt aangebracht. Er is geen rekening gehouden met de recente prijsstijgingen voor PIR-isolatie.

3.3 Snelle werf met minder hinder

Een groot deel van de omzet wordt bij prefabricatie verwezenlijkt op voorhand, zowel bij de voorbereiding (opmeting en engineering), als de fabricatie. Afhankelijk van de prefabricatiegraad varieert het aandeel van het voortraject van 0 tot 50% van de totale bouwkost. Door assemblage in een gecontroleerde en toegankelijke omgeving is er een niet te verwaarlozen tijdwinst in de fabriek.

Daartegenover staan extra kosten voor het transport, de kwaliteitscontrole⁶⁴ tijdens de productie en de voegafwerking tussen de panelen.

De omvang van het genoemde voortraject wordt weergegeven in grafieken 3 en 4, waarin per prefab systeem de verdeling van de kosten over de verschillende categorieën wordt weergegeven. De verdeling van de kosten tot oplevering is voor het systeem “beton=gevel” vergelijkbaar met het systeem “HSB+gevel”.

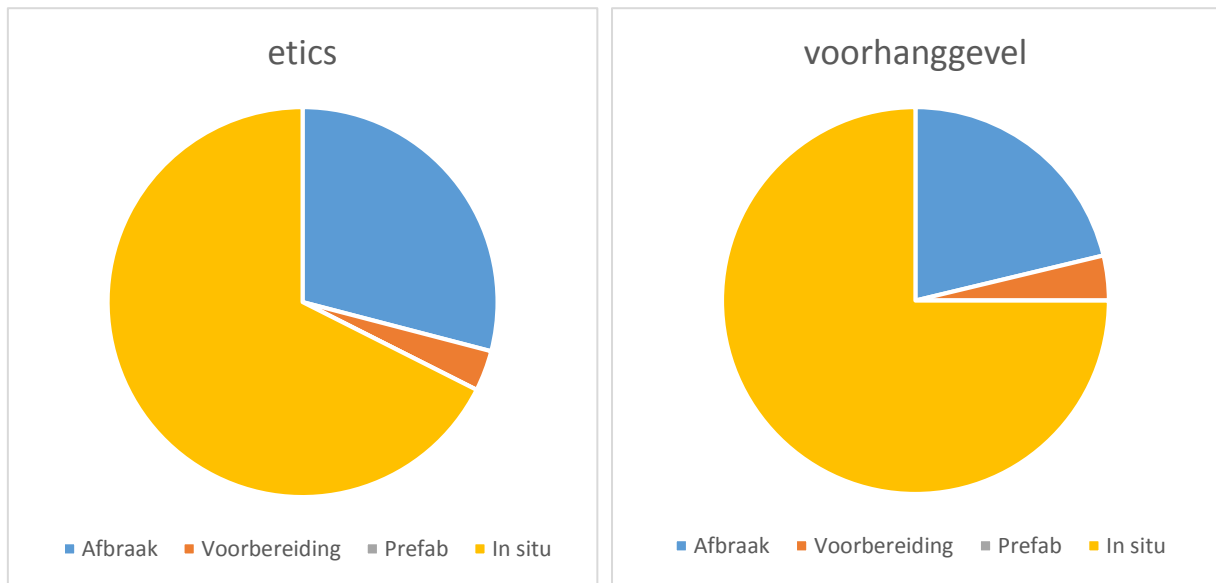


Grafieken 3 en 4 – Verdeling kostencategorieën bij de prefab systemen voor renovatie

3.3.1 Doorlooptijd van de werf

We verwijzen naar Grafieken 3 en 4. De aandacht wordt gevestigd op het aandeel in situ, dat bij het systeem “beton=gevel” 7% hoger ligt dan bij het systeem “HSB+gevel”. Er wordt aangenomen dat de panelen van het systeem “HSB+gevel” gemiddeld groter zijn dan die van het systeem “beton=gevel” zodat de werf minder lang duurt. Dezelfde redenering blijkt toepasbaar bij de vergelijking van prefab versus in situ.

⁶⁴ De kwaliteitswinst die wordt gehaald tijdens de productie werd niet gekwantificeerd en is daarom geen onderdeel van de kostprijsvergelijking.



Grafieken 5 en 6 – Verdeling kostencategorieën bij de in situ systemen voor renovatie

De vergelijking van de Grafieken 3, 4, 5 en 6 toont aan dat het aandeel in situ bij de in situ systemen 2 à 3 keer hoger ligt dan bij de prefab systemen. Tabel 13 toont aan dat je dit kan doortrekken in een reductie van 50 tot 70% op de doorlooptijd van de werf. Afhankelijk van de prefabricatiegraad, geen tot maximale prefabricatie, varieert de besparing van 0 tot 70% op de werfinstallatie en het werf personeel. Tabel 14 begroot het aandeel van de werfinrichting i.f.v. het aantal werkdagen en totale oppervlakte van de gevel.

	Oppervlakte gevel	50 werkdagen	100 werkdagen	150 werkdagen	300 werkdagen
	[m2]	[€/m2]	[€/m2]	[€/m2]	[€/m2]
-	2000	25,00	50,00	75,00	150,00
Go! Oostakker	4140	12,07	24,15	36,23	72,46
Kielparktorens Antwerpen	4813	10,39	20,78	31,17	62,33
-	5000	10,00	20,00	30,00	60,00

Tabel 14 – Simulatie werfkost i.f.v. de duurtijd van de werf, de afmeting van de gevel en een kost voor de werfinstallatie van 1.000,00 € per werkdag.⁶⁵

⁶⁵ Tabel 14 doet uitschijnen dat prefabricatie meer loont bij een kleinere werf dan bij een grotere. Een kleinere werf duurt echter minder lang zodat de mogelijke tijdwinst door prefabricatie verhoudingsgewijs daalt.

Tegenover de investering in het voortraject staan een tijd- en ruimtewinst op de werf. Verschillende installatiefases worden bij prefab montage gecombineerd. Tegenover de investering in engineering staat een vlotte werf met kleinere foutenmarge⁶⁶ en minder wachttijden.

3.3.2 Ook de hinderkost

Grafiek 2 toont aan dat een kortere doorlooptijd van de werf in tweede instantie ook resulteert in een reductie van de hinderkost. Rekening houdend met een blijvende bezetting en een minwaarde van 2,00 € per vierkante meter vloeroppervlakte per maand zijn de prefab systemen bijna 13% goedkoper dan de traditionele voorhanggevel. De voorsprong van het systeem “beton=gevel” ten opzichte van het systeem “HSB+gevel” is verdwenen.

In Tabel 15 wordt de kost van de hinder gesimuleerd i.f.v. de verhouding vloer- over geveloppervlakte en de duur van de werken. In het geval van de Kieparktoren en de tijdwinst op de werf zoals geïllustreerd in Tabel 13 komt dit neer op een besparing op de hinderkost van 42,24 € per vierkante meter gevel.

	Vloer/gevel	50 werkdagen	100 werkdagen	150 werkdagen	300 werkdagen
	[-]	[€/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]
-	1,3	6,50	13,00	19,50	39,00
Go! Oostakker	1,52	7,60	15,20	22,80	45,60
Kieparktorens Antwerpen	1,56	7,80	15,60	23,40	46,80
-	2	10,00	20,00	30,00	60,00

Tabel 15 – Simulatie hinderkost i.f.v. verhouding vloer/gevel en duur van de werken en uitgaande van een minwaarde van 2 € per m² vloeroppervlakte per maand.

Indien voor de in situ oplossingen wordt geopteerd voor een verhuis verliest de gebouweigenaar de volledige huurwaarde gedurende de volledige duur van de werken. Uitgaande van een verhuis en een huurwaarde van 10,00 € per vierkante meter vloeroppervlakte resulteert dit in een hinderkost van meer dan een vijfvoud van wat wordt weergegeven in Tabel 15. Het staat vast dat prefab oplossingen dan een belangrijke kostenbesparing kunnen opleveren.

⁶⁶ De grotere foutenmarge is begrepen in de kostprijs van de in situ systemen.

4 INVLOEDSFACTOREN

4.1 Graad van prefabricatie

4.1.1 Afmetingen van de panelen

De snelheid van plaatsing van een paneel is onafhankelijk van de afmetingen ervan. In de berekening wordt rekening gehouden met de plaatsing van 7 panelen per dag, ongeacht de afmetingen. Een verdubbeling van de gemiddelde oppervlakte per paneel betekent een halvering van de duurtijd van de plaatsing en dus:

- een halvering van werkuren montageploeg aan 4 arbeiders per montageploeg;
- een halvering van werkuren kraan en kraanman;
- een belangrijke reductie op de duurtijd van de werf en de periode van hinder.

De afmetingen van een prefab paneel worden beperkt door transport en gewicht. Een productiesite is voorzien op een maximaal hanteerbaar gewicht. Anderzijds is ook de voorziene werfkraan bepalend. Er moet een optimum gezocht worden tussen de kostprijs van de kraan en de gewenste afmeting van een prefab paneel.

	Samenstelling	Oppervlakte gewicht	Max. oppervlakte paneel	Rendement	Kostprijs montage ⁶⁷
		[kg/m ²]	[m ² /st]	[m ² /dag]	[€/m ²]
beton=gevel	Sandwichpaneel: <ul style="list-style-type: none"> • beton: 12 cm • isolatie: 20 cm • beton: 12 cm 	626,4	16,48	115,36	19,42
HSB+gevel	HSB-paneel: <ul style="list-style-type: none"> • houtskelet en isolatie: 28 cm • voorhanggevel 	93,4	26,77	187,39	11,96

Tabel 16 – Simulatie van de kostprijs van montage i.f.v. de afmeting van de geprefabriceerde panelen

Tabel 16 gaat uit van een ideaal scenario waarbij de maximale paneelafmetingen worden gehaald. In realiteit moet er echter rekening gehouden worden met het ritme in de bestaande gevel, de breedte van de geveldelen, de aanwezige gevelopeningen en de verdiepingshoogte. De kostprijs van de hinder

⁶⁷ Uitgaande van 4 arbeiders per montageploeg aan 50,00 €/uur en een kraan met kraanman aan 80,00 €/uur, en 8 werkuren per werkdag.

is bovendien afhankelijk van de verhouding vloer/gevel. Om een en ander te illustreren worden in tabel 17 en 18 de in tabel 16 uitgewerkte systemen op de Kielparktoeren, respectievelijk Go! Oostakker gesimuleerd. Uitgaande van verdiepingshoge panelen en de bestaande gevelindeling wordt een paneelverdeling bepaald met een reële gemiddelde oppervlakte per paneel.

	Gemiddelde oppervlakte paneel	Rendement	Kostprijs montage⁶⁸	Duurtijd montage	Kostprijs hinder⁶⁹	TOTAAL
	[m2/st]	[m2/dag]	[€/m2]	[dagen]	[€/m2]	[€/m2]
beton=gevel	12,54	87,78	25,52	55	8,59	34,11
HSB+gevel	16,70	116,9	19,17	42	6,56	25,72

Tabel 17 – Simulatie kostprijs montage en hinder voor Kielparktoeren

Op basis van tabellen 16 en 17 stellen we vast dat louter het verschil in paneelafmetingen kan resulteren in een verschil in kostprijs voor de montage tot 13,80 €/m2. Door de gemiddelde afmeting van een betonpaneel te verhogen tot de gemiddelde afmeting van een HSB-paneel, zou een bijkomende besparing op de montage gerealiseerd kunnen worden van 6,35 €/m2. Dit is vanuit de veronderstelling dat deze wijziging geen invloed heeft op het type en de kostprijs van de werfkraan.

	Gemiddelde oppervlakte paneel	Rendement	Kostprijs montage⁷⁰	Duurtijd montage	Kostprijs hinder	TOTAAL
	[m2/st]	[m2/dag]	[€/m2]	[dagen]	[€/m2]	[€/m2]
beton=gevel	10,41	72,87	30,74	57	8,68	39,42
HSB+gevel	18,89	132,23	16,94	32	4,87	21,81

Tabel 18 – Simulatie kostprijs montage en hinder voor Go! Oostakker

Een verdubbeling van de gemiddelde oppervlakte van een paneel leidt tot een daling van het aantal lopende meter voegwerk met factor vierkantswortel van 2. Dit leidt tot een belangrijke besparing in de afwerking van de voegen. Uit de simulatie blijkt dat dit tussen de verschillende prefab systemen kan leiden tot een verschil in kostprijs tot 4,80 €/m2 per gevelzijde, zonder rekening te houden met de kostprijs voor steigers of een hoogtewerker. De kostprijs voor een plaatsing in situ komt aan bod in het onderdeel 'Voegafwerking'.

⁶⁸ Uitgaande van 4 arbeiders per montageploeg aan 50,00 €/uur en een kraan met kraanman aan 80,00 €/uur, en 8 werkuren per werkdag.

⁶⁹ Uitgaande van 20 werkdagen per maand en een verlies van 2,00 €/m2 vloeroppervlakte per maand gedurende de volledige duurtijd van de montage.

⁷⁰ Uitgaande van 4 arbeiders per montageploeg aan 50,00 €/uur en een kraan met kraanman aan 80,00 €/uur, en 8 werkuren per werkdag.

	Gemiddelde oppervlakte paneel	Totale voeglengte	Voeglengte per geveloppervlakte	Kostprijs voegwerk⁷¹
	[m ² /st]	[m]	[m/m ²]	[€/m ²]
beton=gevel	10,41	2.595,03	0,63	18,90
HSB+gevel	18,89	1.929,03	0,47	14,10

Tabel 19 – Simulatie van kostprijs voegafwerking bij Go! Oostakker

4.1.2 Aantal prefab schildelen

De hedendaagse gevel bestaat uit een viertal lagen, van buiten naar binnen zijn dat:

1. Regendichting, meestal ook de gevelafwerking
2. Thermische isolatie
3. (Gevel)dragend element
4. Luchtdichting

De graad van prefabricatie kan uitgedrukt worden in het aantal schildelen dat samen geprefabriceerd en geplaatst wordt op de werf. Door de schildelen samen te plaatsen wordt de doorlooptijd van de werf potentieel sterk gereduceerd. Er kan dus ook hier een belangrijke winst gehaald worden bij de werfinstallatie- en hinderkost.

De onderzochte prefab systemen laten verschillende prefabricatiegraden toe. Bij het betonnen systeem is het mogelijk om de regendichting te prefabriceren, al dan niet inclusief isolatie en dragend binnenblad (sandwich). Het HSB-systeem laat toe een 'structurele' geïsoleerde doos te maken die achteraf kan worden afgewerkt met een voorhanggevel. Maar het laat ook toe een volledig geïsoleerd en regendicht pakket te maken, zonder nabewerking aan de gevelzijde.

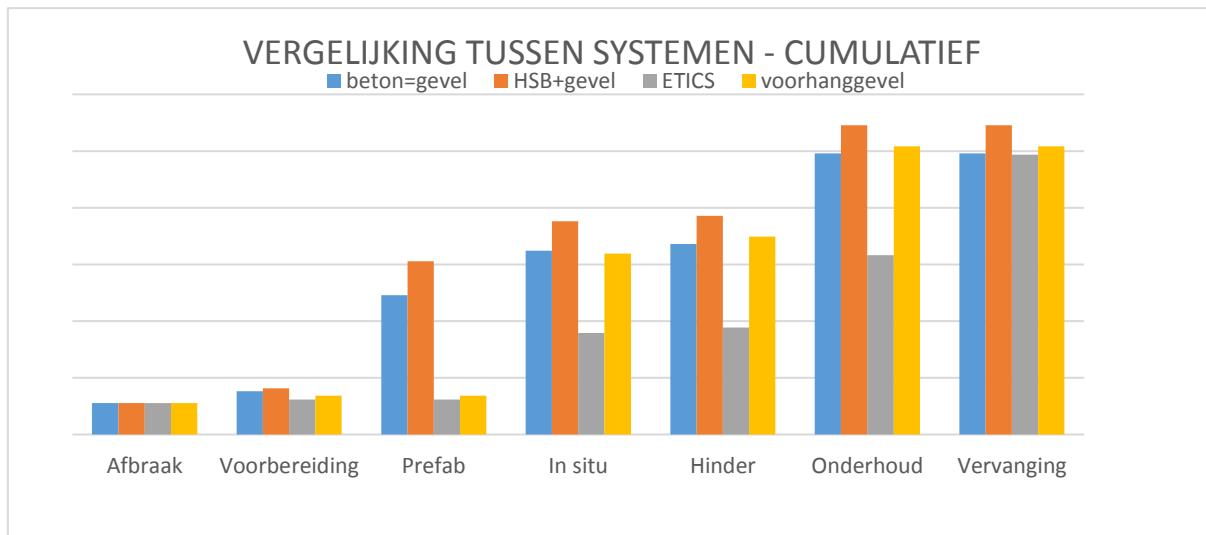
4.1.2.1 Behoud van het (gevel)dragend binnenblad

Het in situ metselen van een binnenblad is zeer tijdrovend. Dit nadeel van in situ systemen valt weg van zodra het binnenblad kan behouden blijven voor de plaatsing van een in situ gevelafwerking. Daardoor valt er met prefabricatie weinig winst te halen op het aandeel in situ en hinder.

Omdat maatregelen moeten genomen worden om de prefab geïsoleerde systemen op zachte isolatie te laten aansluiten tegen de bestaande wand, worden deze systemen geconfronteerd met bijkomende kosten, ten opzichte van in situ systemen. Tenslotte, bij het prefab systeem "HSB+gevel" is de

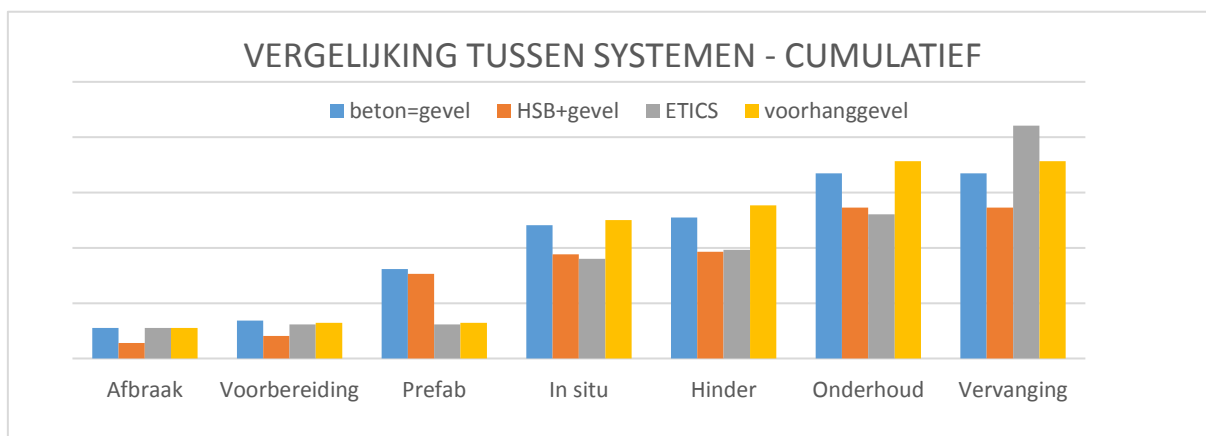
⁷¹ Uitgaande van een kostprijs van 30,00 € per meter voegwerk.

structuur inherent aan het systeem, dus moet deze steeds voorzien en betaald worden wat nefast is voor de totale kostprijs. Het prijsvoordeel voor het systeem “beton=gevel” blijft wel gedeeltelijk behouden omdat de binnenste schaal van het sandwichpaneel opgeheven wordt.



Grafiek 7 – Simulatie van het behoud van het geveldragend binnenblad.

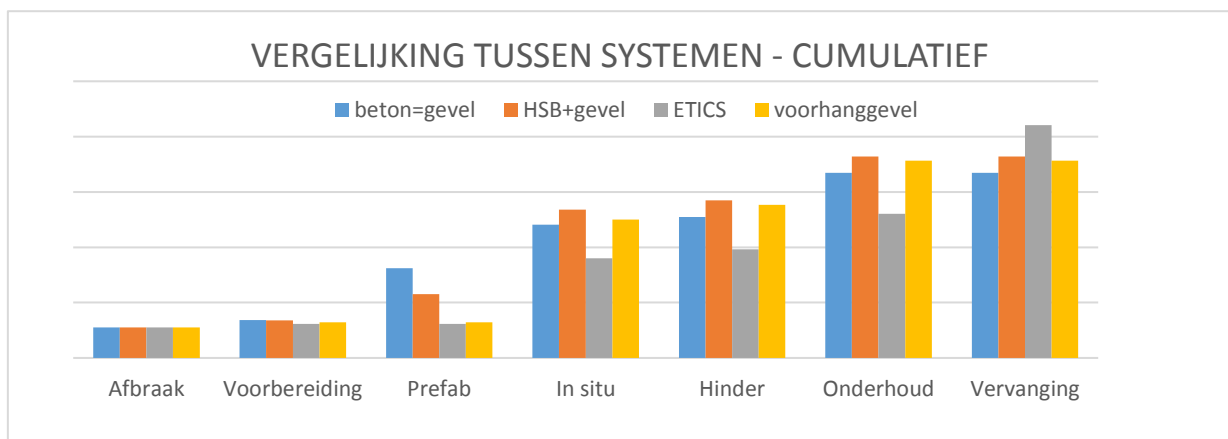
Het systeem “HSB+gevel” heeft als voordelen dat het een licht en zelfdragend is. Het draagt van vloer tot vloer. Dit voordeel zou kunnen ingezet worden om een binnenblad dat niet meer kan dienen om de gevel te dragen, en dus bij de in situ systemen moet afgebroken worden, te behouden om enkel de binnenaafwerking te dragen. In dat geval weegt de meerkost voor de zachte binnenisolatie op tegenover de besparing in afbraak- en ruwbouwwerken. Bovendien wordt daarbij ook een belangrijke tijdswinst gerealiseerd. Indien gewicht geen beperkende factor is, geldt hetzelfde voor het systeem “beton=gevel”.



Grafiek 8 – Simulatie van enkel behoud van binnenblad bij het systeem “HSB+gevel”.

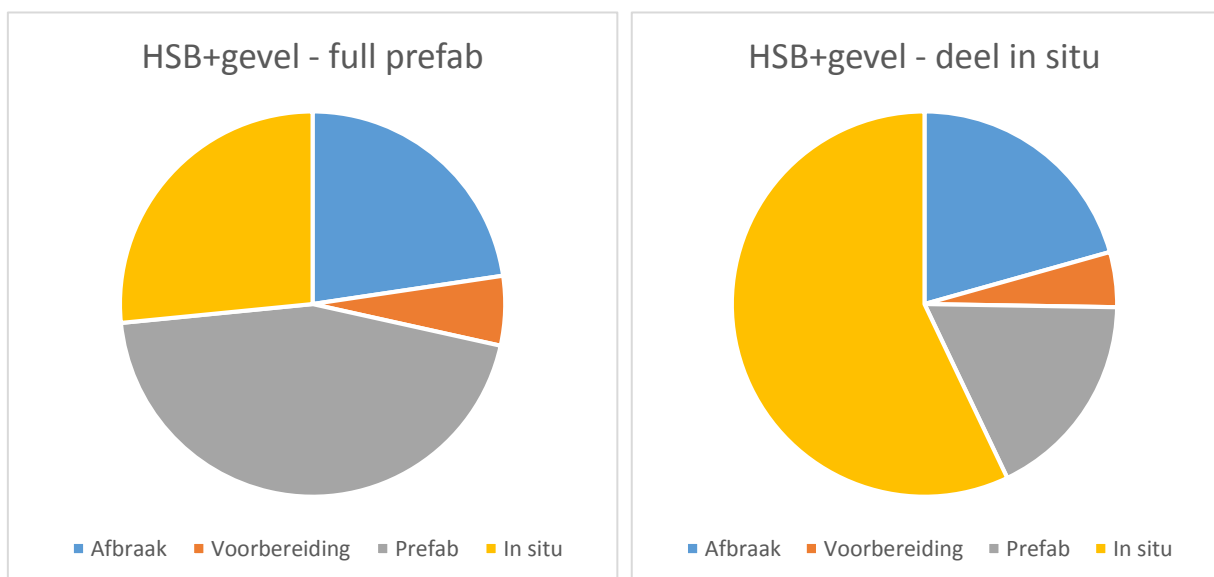
4.1.2.2 Gevelafwerking “HSB+gevel” in situ

Bij het systeem “beton=gevel” is de gevelafwerking inherent aan het systeem. Bij het systeem “HSB+gevel” kan overwogen worden de gevelafwerking achteraf te plaatsen. Aangezien bij een volledig geprefabriceerde gevel geen hoogtewerker of steiger nodig is, wordt door de plaatsing van de gevelafwerking in situ een bijkomende kostprijs voor de steigers geïntroduceerd. Belangrijker is echter de impact op de uitvoeringstermijn van het systeem, die hierdoor kan verdubbelen. De impact hiervan is daarom niet te onderschatten. Een en ander wordt geïllustreerd in Grafiek 9.



Grafiek 9 – Simulatie van in situ plaatsing voorhanggevel bij het systeem “HSB+gevel”.

Bij het aandeel Prefab is de afwezigheid van de prefab voorhanggevel in het systeem “HSB+gevel” duidelijk zichtbaar. Des te groter is de impact op het aandeel in situ. Zie Grafieken 10 en 11.



Grafieken 10 en 11 – Verdeling kostencategorieën bij het systeem “HSB+gevel” met en zonder prefabricatie van voorhanggevel.

4.1.3 Voegdichting

4.1.3.1 In situ of prefab verwerkt in het paneel?

Bij in situ gevelinstallaties wordt bij wijze van spreken een naadloos regenscherm gecreëerd. Door delen van de gevel te prefabriceren komt er een nieuwe speler in het spel, de voeg. Hoewel de voegen ook bij prefab elementen slechts een zeer klein deel van de totale geveloppervlakte representeren, vragen en verdienen ze veel aandacht. De voegen tussen prefab elementen moeten lucht- en waterdicht worden afgewerkt, rekening houdend met tolerantie op de prefab elementen en het bestaande gebouw.

De luchtdichting wordt voorzien aan de binnenzijde van het gevelpakket. De waterdichting aan de buitenzijde. Zonder dieper in te gaan op de ruime beschikbaarheid aan mogelijke oplossingen kunnen we twee grote categorieën onderscheiden: in situ versus prefab. Rekening houdend met een eenheidsprijs van 30 €/m voor een prefab voeg en 25 €/m voor een in situ voeg resulteert dit in Tabel 18. In de eenheidsprijs voor een waterdichte voegafwerking bij het systeem “beton=gevel” is een dubbele voegafdichting voorzien met aan de buitenzijde een gevelkit.

	Voeglengte per geveloppervlakte	TOTAAL Prefab⁷²	<i>In situ⁷³</i>	<i>Huur hoogtewerker</i>	TOTAAL In situ
	[m/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]
beton=gevel	0,57	19,26	17,52	11,11	28,63
HSB+gevel	0,50	17,10	12,60	6,05	18,65

Tabel 20 – Simulatie van kostprijs prefab versus in situ waterdichte voegafwerking bij Kielparktoren

Het grote verschil in de huurprijs van een hoogtewerker of steigerconstructie tussen de twee systemen is te wijten aan een combinatie van meer voegen bij de betonnen gevel en een inschatting van een lager rendement van kitwerk t.o.v. afplakken met tape. Het in situ waterdicht maken blijkt volgens Tabel 20 duurder dan een prefab oplossing. Als er rekening gehouden wordt met de extra tijd die nodig is op de werf, wordt het verschil bij het systeem “beton=gevel” 7,99 €/m² groter; bij het systeem “HSB+gevel” respectievelijk 2,18 €/m². Het loont daarom altijd om voor een geprefabriceerde voeg te kiezen.

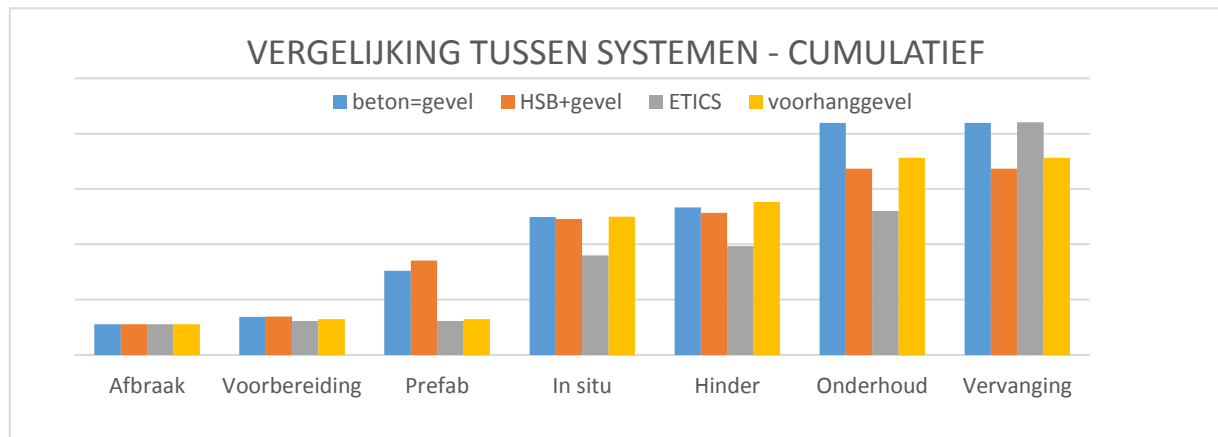
Bij het systeem “HSB+gevel” impliceert een in situ waterdichting van de voeg het op de werf plaatsen van de gevelafwerking (Zie § 4.1.2.2).

⁷² Uitgaande van 33,92 €/m voegafwerking prefab.

⁷³ Uitgaande van 30,86 €/m voegafwerking in situ.

4.1.3.2 Let op met onderhoudsgevoelige voegdichtingen

Het is verleidelijk om voegen tussen betonnen prefab elementen waterdicht af te werken met een elastische gevelkit. Op lange termijn zal dit echter leiden tot een gigantische onderhoudskost, zoals aangetoond in Grafiek 12.



Grafiek 12 – Simulatie impact kitwerk op de onderhoudskosten bij het systeem “beton=gevel”

Onderstaande tabel geeft de onderhoudskost van een onderhoudsgevoelige kit weer over een referentieperiode van 50 jaar, uitgaande van 3 onderhoudsscenario's. Volgens de technische voorschriften van STS 56.1 Dichtingskitten voor gevels, Hoofdstuk 9 is een driejaarlijkse controle noodzakelijk. In praktijk zal het onderhoud van het kitwerk vaak om de 10 à 20 jaar gebeuren, maar rekening houdend met een mogelijke herstelkost van schade ten gevolge van waterinfiltraties verhoogde warmteverliezen ten gevolge van een vochtige thermische isolatie.

	Voeglengte per geveloppervlakte	Controle: elke 3 jaar Te vervangen: 20%	Controle: elke 10 jaar Te vervangen: 100%	Controle: elke 20 jaar Te vervangen: 100%
	[m/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]
Go! Oostakker	0,63	157,31	213,71	85,48
Kielparktorens Antwerpen	0,57	145,69	198,98	79,59

Tabel 21 – Simulatie van onderhoudskost kitwerk bij “beton=gevel”⁷⁴ (excl. herstellkosten gevolgschade)

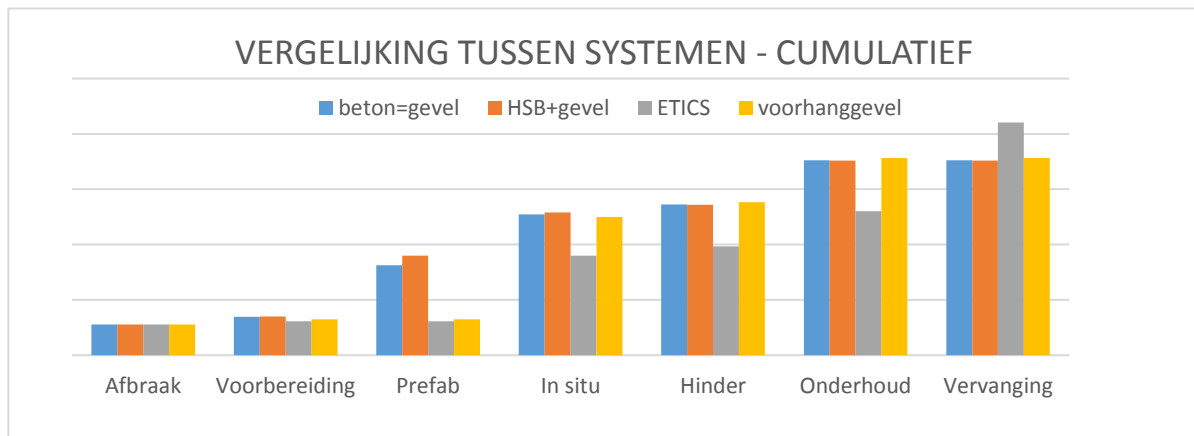
4.1.4 Plaatsing buitenschrijnwerk

De impact van bij prefabricatie geplaatst schrijnwerk is voornamelijk te vinden bij de inkorting van de uitvoeringstermijn. Daarbij komt dat de plaatsing op de werf minder praktisch is dan in de fabriek en er

⁷⁴ Uitgaande van een vervangkost van 35,00 €/m kitwerk en een rendement van 15 m/uur.

nood is aan een hoogwerker of een stelling. Het transport van de prefab panelen naar de werf is hetzelfde als dat van de panelen met niet vooraf geplaatst schrijnwerk.

Grafiek 13 illustreert de impact van in situ geplaatst schrijnwerk op de kostprijs van de prefab systemen. Door een gevoelige verlenging van de doorlooptijd van de werf is de voorsprong van de prefab systemen ten opzichte van het systeem “voorhanggevel” zo goed als verdwenen.



Grafiek 13 – Simulatie impact in situ op de prefab systemen

4.2 Schaal

4.2.1 Herhaling identieke panelen

Elk paneel moet getekend en geproduceerd worden. Het tekenwerk kan afgeschreven worden over het aantal identieke panelen. Voor de productie van identieke panelen is steeds evenveel materiaal nodig. Bij een HSB-systeem valt er weinig winst te halen in de productie van identieke panelen, want een groot deel van de productie werd geautomatiseerd. De machines worden computer gestuurd op basis van de plannen.

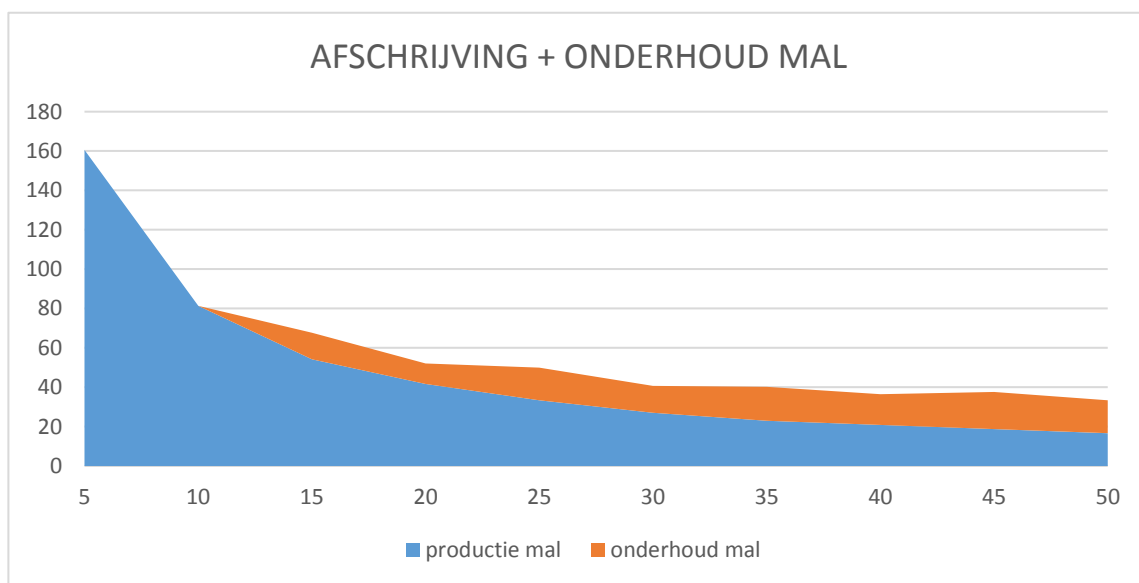
Bij de productie van betonpanelen is er echter nood aan een op maat gemaakte mal per verzameling identieke panelen. De kostprijs van dergelijke mal is gezien de gevraagde afwerkingsgraad niet gering en maakt een belangrijk deel uit van de kostprijs van het systeem. Het voordeel is dat deze mal kan afgeschreven worden over het aantal identieke panelen. Afhankelijk van het materiaal is een mal geschikt voor een maximum aantal stortbeurten, en moet de mal ook regelmatig gereinigd en opgepoetst worden.

5 identieke panelen	10 identieke panelen	20 identieke panelen	40 identieke panelen
[€/m2]	[€/m2]	[€/m2]	[€/m2]

Productie mal⁷⁵	80,52	40,26	20,82	11,11
Onderhoud mal⁷⁶	0	0	10,41	16,66
Totale kostprijs mal	80,52	40,26	31,23	27,77

Tabel 22 – Simulatie afschrijving mal bij enkelschalige “beton=gevel”

De impact hiervan wordt dubbel zo groot als we spreken over een sandwichpaneel, waarvoor telkens twee mallen nodig zijn.



Grafiek 14 – Grafische weergave voor het afschrijven van de mallen voor een sandwichpaneel uit beton.

Naar gelang de mal vaker hergebruikt wordt, stijgt het aandeel onderhoud van de mal. Vanaf een hergebruik van 50 stortbeurten voor één mal verloopt de grafiek nagenoeg constant en is er min of meer een optimum bereikt. Van zodra een hoger aantal stortbeurten voor een mal noodzakelijk is worden twee mallen gemaakt. Indien het project het toelaat kan gekozen worden voor duurdere mal met een materiaal dat eenvoudiger te onderhouden is. Een ander materiaal kan echter leiden tot een ander oppervlakte aspect van het beton.

Er is winst te halen in de reproduceerbaarheid van panelen door deze te verkleinen. Tegenover de winst op het hergebruik van de mal staan echter een extra kost door de stijging van het aandeel lopende meter voeg per m2 gevel en een daling in rendement bij montage (zie § 4.1.1).

⁷⁵ Uitgaande van een kostprijs van 400 €/m² voor de productie van een mal en maximaal hergebruik van 50 stortbeurten.

⁷⁶ Uitgaande van een kostprijs van 100 €/m² per onderhoudsbeurt en een onderhoudsbeurt om de tien stortbeurten.

4.2.2 Reproduceerbaarheid van het project

Indien één renovatieproject meerdere malen kan worden uitgevoerd, kan de initiële investering in de engineering worden afgeschreven over het aantal identieke gebouwen. Uitgaande van een kost voor engineering van 10% van de investeringskost, bijvoorbeeld 400 €/m², representeert dit een totale kost van 40 €/m² geveleppervlakte. Door deze af te schrijven op meerdere projecten kan dit aandeel sterk gereduceerd worden.

	1 gebouw	2 identieke gebouwen	5 identieke gebouwen	10 identieke gebouwen
	[€/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]	[€/m ²]
Engineering	40,00	20,00	8,00	4,00

Tabel 23 – Simulatie afschrijving engineering bij reproductie van projecten

Elk gebouw moet afzonderlijk opgemeten worden. Er is dus steeds een vaste kost voor de opmeting en aanpassingen i.f.v. de toleranties. Naast de aanwezigheid van toleranties, is het in praktijk niet onrealistisch dat de zogenoemde identieke gebouwen onderling toch wel afwijkingen vertonen. Bij het systeem “HSB+gevel” wordt een kleine afwijking van de te renoveren gebouwen opgevangen door de engineering. Bij het systeem “beton=gevel” komt daarbij nog een kost voor de aanpassing van de mal of de productie van een volledig nieuwe mal.

4.2.3 Schaal van het gebouw - geometrische complexiteit

De geometrische complexiteit van een gevel kan uitgedrukt worden in aantal unieke aansluitingsdetails per m² gevel. Bij gebouwen van een grote schaal ligt het aantal unieke details per m² gevel over het algemeen lager dan bij kleine gebouwen. De complexiteit is omgekeerd evenredig met het aantal identieke panelen en de afmetingen van de panelen.

De factor geometrische complexiteit komt in een aantal andere parameters terug, maar heeft een directe impact op de kost voor de engineering van de gevel. De mate waarin deze kostenpost wordt beïnvloed is echter nog niet onderzocht.

4.3 Onvoorziene omstandigheden

Vaak vergeten maar niet onbelangrijk zijn onvoorziene omstandigheden. Aangezien de prefab systemen afhankelijk zijn van een gestroomlijnde logistiek, kunnen onvoorziene omstandigheden nefast zijn. Tijdrovende betonherstelwerken kunnen een relatief gezien een grote impact hebben op de doorlooptijd van de werf. Als daarbij nog gewacht moet worden tot een onderaannemer gevonden wordt, zal dit naast een onvoorziene kost leiden tot een aanzienlijke verlenging van de werftijd.

	Voorziene duurtijd	Kost werfinrichting	Duurtijd incl. onvoorzien (+ 48 dagen)	Kost werfinrichting	Relatieve toename werfinrichting
	[dagen]	[€/m ²]	[dagen]	[€/m ²]	[-]
beton=gevel	156	32,31	204	42,28	+ 30%
HSB+gevel	122	25,25	170	35,22	+ 39%
ETICS	400	83,17	448	93,14	+ 12%
voorhanggevel	446	92,63	494	102,61	+ 11%

Tabel 24 – Simulatie onvoorziene omstandigheden bij Kielparktoren

In absolute cijfers blijft het verschil identiek bij alle systemen, maar door de kortere doorlooptijd op de werf vormt het een relatief groter risico voor prefabricatie. Als de onvoorziene omstandigheden daarbij ook nog leiden tot nabewerkingen aan de geprefabriceerde panelen moet dit beschouwd worden als een bijkomende kost die niet inbegrepen is in huidige kostprijsvergelijking.

5 BESLUIT

5.1 Prefabricatie versus in situ

De potentie van prefabricatie zit in de tijdwinst. Prefabricatie is echter niet de heilige graal en elk project is maatwerk. De winst aan het einde van de rit is een resultaat van de zoektocht naar een delicaat evenwicht tussen een extra investering en de tijdwinst die gehaald kan worden bij uitvoering.

Grote repetitief opgebouwde gevels en structuren lenen zich het best tot prefabricatie bij energetische renovaties, maar zijn geen absolute vereiste zolang de investering in de engineering kan afgeschreven worden op een groot aantal identieke panelen.

Een goed vooronderzoek van de structuur en de geometrie is steeds belangrijk om verrassingen bij uitvoering te vermijden. Bij prefabricatie is het echter een vereiste om de mogelijkheden ten volle te benutten en een financiële kater te voorkomen.

De prefabricatiegraad maximaliseren loont en is ook noodzakelijk voor de rendabiliteit. De afmetingen van de panelen optimaliseren, betekent vergroten. Zoveel mogelijk schildelen samen produceren, incl. schrijnwerk en geprefabriceerde voegdichtingen, is het credo. Bij het behoud van het binnenblad, dus als er geen nieuw binnenblad gemaakt moet worden, vervalt een groot voordeel van prefabricatie.

De voeg tussen de prefab panelen is een kostenpost die cruciaal is i.h.k.v. de onderhoudskost over de volledige levensduur van de gevel. Kitwerk is absoluut te vermijden.

5.2 “beton=gevel” versus “HSB+gevel”

Deze vergelijking is in de eerste plaats een technische vergelijking. Als het project het toelaat om het systeem “beton=gevel” toe te passen en de gevel veel identieke panelen toelaat, is dit systeem meestal het goedkoopste. Ondanks de kleinere paneelafmetingen bepaalt de eenvoud van het gevelpakket dat dit systeem budgettair zeer interessant is. Bij het systeem “HSB+gevel” is de relatief dure voorhanggevel een belangrijke kostenpost in verhouding tot het relatief goedkope betonpaneel.

In de praktijk worden voor het systeem “beton=gevel” vaak onderhoudsgevoelige voegdichtingen gebruikt, wat het systeem op lange termijn duurder maakt. Dit kan echter vermeden worden door toepassing van waterdichte schuimbanden.

--- Einde verslag. ---