

Kostenafwijkingen tijdens het bouwproces: een kwestie van budgetteren of van beheersen?

Een onderzoek naar de determinanten van kostenover- en onderschrijdingen van gebudgetteerde bouwkosten tijdens het bouwproces

Berend Nijhuis

18-04-2019

ABSTRACT - In dit onderzoek wordt getracht de determinanten van veranderende bouwkosten tijdens het bouwproces te traceren. Voor het onderzoek zijn objectieve data verzameld bij een bedrijf en is onder werknemers een enquête gehouden om project gerelateerde data te verkrijgen. Ten eerste wordt door middel van een zogenaamde 't-test' aangetoond dat, in tegenstelling tot wat veelal wordt beweerd, een afwijking van de bouwkosten groter dan drie procent gebruikelijk is. Daarna wordt door middel van een lineaire regressie onderzocht wat de determinanten van veranderende bouwkosten zijn. De afhankelijke variabele in de lineaire regressie is de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten van projecten en de onafhankelijke variabelen zijn de gunningsvormen, de aanbodstrategieën, de bevolkingsdichtheid, de complexiteit van het project, het procesverloop, de vertraging en aanpassingen tijdens het project. Uit de regressieresultaten blijkt dat een project, dat is verkregen via de gunningsvorm aanbesteding, gepaard gaat met een significant lagere onderschrijding dan wel een hogere overschrijding dan projecten die zijn verkregen via de gunningsvorm projectontwikkeling. Daarnaast blijkt dat het bouwen op een zeer stedelijke locatie zorgt voor een hogere onderschrijding of een lagere overschrijding. Verder blijkt dat, naarmate het procesverloop gedurende het project door werknemers in een enquête op meerdere aspecten als slecht wordt gewaardeerd, dit leidt tot een hogere overschrijding of een lagere onderschrijding. Als laatste is met een 'Chow-test' aangetoond dat de verschillende gunningsvormen structurele verschillende invloeden hebben op de relatieve afwijking. Uit de Chow-test, voor de twee aanbodstrategieën traditionele en conceptuele bouw, blijkt geen bewijs voor structureel verschillende invloeden op de relatieve afwijking.

Trefwoorden: veranderende bouwkosten, kostenonderschrijdingen, kostenoverschrijdingen, gunningsvorm, aanbodstrategie

Rijksuniversiteit Groningen
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen
Master Real Estate Studies
Master Thesis

Colofon

Document: Master thesis Real Estate Studies

Datum: 18-04-2019

Plaats: Groningen

Auteur: B.J. (Berend) Nijhuis
S2739887
b.j.nijhuis@student.rug.nl
berendnijhuis@hotmail.com
Tel: +31648588187

Thesisbegeleider: Prof. dr. E.F. Nozeman
e.f.nozeman@rug.nl

Tweede beoordelaar: Prof.dr.ir. A.J. van der Vlist
a.j.van.der.vlist@rug.nl



university of
 groningen

faculty of spatial sciences

Disclaimer: “Masterscripties zijn inleidende stukken om discussie en kritisch commentaar te stimuleren. De analyse en conclusie zijn zelfstandig uiteengezet door de auteur.”

Voorwoord

Mijn afstudeeropdracht spitst zich toe op het onderzoeken van de determinanten voor onder- en overschrijdingen van bouwkosten tijdens het bouwproces. Het niet kunnen beheersen van bouwkosten door verwachte, dan wel onverwachte omstandigheden is een veelvuldig besproken onderwerp in de media. In tegenstelling tot deze berichten staat het feit dat veel bouwbedrijven jaar op jaar zwarte cijfers in hun boeken laten zien. Ergo er ook winst gemaakt door bouwbedrijven. Dit tegenstrijdige fenomeen vormde voor mij de aanleiding om een onderzoek te doen naar de oorzaken voor de veranderingen van bouwkosten tijdens het bouwproces.

Dit voorwoord wil ik tevens gebruiken om mijn dank uit te spreken aan allereest Prof. dr. E.F. Nozeman voor zijn veelvuldig beschikbaar gestelde tijd voor het becommentariëren van mijn geschreven stukken. Deze supervisie werd van mijn kant als zeer prettig ervaren, mede door de altijd snelle respons. Ook heeft het commentaar mij geleerd om met een genuanceerde blik verder te kijken om toepasbare literatuur te vinden. Daarnaast wil ik graag alle medewerkers van Nijhuis Bouw B.V. bedanken voor het meewerken aan het onderzoek. In bijzonder wil ik Jan-Harm Berkenbos, Tonnie Veldhuis en Rob. Nijhuis bedanken voor het persoonlijk voort helpen gedurende het onderzoek.

Ik wens u veel leesplezier toe!

Berend Nijhuis,

Rijssen, april 2019

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
1.1 Maatschappelijke aanleiding	4
1.2 Wetenschappelijke aanleiding	4
1.3. Doel- en vraagstelling	5
1.4 Wijze van aanpak	6
1.5 Afbakening	6
1.6 Leeswijzer	7
2. Theoretisch kader	8
2.1 Veranderende bouwkosten	8
2.2 Aanbodstrategieën	10
2.3 Gunningsvormen	12
2.4 Conceptueel model	14
2.5 Hypothesen	14
3. Data en methodologie	16
3.1 Data	16
3.2 Meervoudige lineaire regressiemethode	18
3.3 t-test	20
3.4 Chow-test	20
3.5 Beschrijvende statistieken	22
4. Resultaten	24
4.1 T-test resultaten	24
4.2 Regressieresultaten	28
4.3 Interpretatie regressieresultaten	29
4.4 Chow-testresultaten	31
5. Conclusie	33
5.1 Conclusie	33
5.2 Discussie	34
5.3 Aanbevelingen	34
Literatuurlijst	35
Appendix	39

1. Inleiding

1.1 Maatschappelijke aanleiding

Kostenveranderingen tijdens een bouwproject is de afgelopen jaren een veelbesproken onderwerp geweest. Zo blijkt uit een artikel in het Financieel Dagblad (Clahsen, 2017) dat twee Nederlandse bouwbedrijven genoodzaakt waren om twee caissons te herontwerpen. De hogere constructiekosten, die daarmee gepaard gingen, hebben een verlies van € 138 miljoen op het desbetreffende project veroorzaakt. In nieuwsartikelen worden verschillende verklaringen gegeven voor overschrijdingen van bouwkosten. Zo blijkt uit een artikel van Cobouw (Jacobs, 2013), het vakblad van de bouwwereld, dat vertragingen van bouwwerkzaamheden met verschillende oorzaken een noemenswaardige determinant van veranderende bouwkosten vormen. De vertragingen van projecten hebben vaak tot gevolg dat het bouwbedrijf wordt geconfronteerd met een boete omdat het een geclausuleerd contract niet nakomt. In een ander artikel van Cobouw (Doodeman, 2016) wordt gesteld dat ook de stijgende kosten van lonen en materialen tot onverwachte kostenstijgingen kunnen leiden. Dit kan veroorzaakt worden doordat de kostenstijgingen te laag worden ingeschat, met als gevolg dat de begrote kosten afwijken van de gerealiseerde kosten. Daarnaast kan het totale tijdbestek van het project verkeerd worden ingeschat, omdat de tijd tussen het aannemen van het project en de daadwerkelijke start van de bouw variabel is. Mogelijke oorzaken van een vertraging van de start van de bouw zijn dat de vergunningverlening uitgesteld wordt of dat op de bouwlocatie onverwachte flora en/of fauna omstandigheden zoals een beschermde diersoort wordt aangetroffen. Het is echter aannemelijk dat er meer determinanten van kostenstijgingen zijn dan de bovengenoemde, aangezien de kosten van bouwprojecten aan veel invloeden onderhevig zijn. In tegenstelling tot determinanten voor kostenoverschrijdingen zijn er geen nieuwsartikelen gevonden waaruit determinanten voor kostenonderschrijdingen blijken. Vermoedelijk zijn deze determinanten wel aanwezig, aangezien bouwbedrijven de kosten ook te hoog kunnen begroten door bijvoorbeeld te weinig kennis van risico's. In de eerste plaats is kennis van de determinanten van kostenover- en kostenonderschrijdingen tijdens het bouwproces van belang voor het bouwbedrijf. Daarmee kan getracht worden om de kans op het optreden van kostenstijgingen te verminderen en kostenreducties zoveel mogelijk te bewerkstelligen. Door de betere kennis van risico's zouden risico-opslagen verlaagd kunnen worden waardoor de totale bouwkosten kunnen worden gereduceerd. Door marktconcurrentie zullen de bouwkosten, als gevolg van betere kennis van risico's, worden verlaagd. Hier zijn opdrachtgevers en huizenkopers gebaat. Aan de andere kant kan ook worden gesteld dat wanneer er betere kennis omtrent de risico's is, dit een kostprijsverhogende werking heeft. Dit is het gevolg als bepaalde risico's wel kenbaar zijn en calculatoren deze risico's nu wel af prijzen.

1.2 Wetenschappelijke aanleiding

Bouwkosten en het managen van bouwkosten zijn veelbesproken onderwerpen binnen de academische literatuur. Uit deze literatuur blijkt dat determinanten voor kostenover- en kostenonderschrijdingen in feite de inverse van elkaar zijn. Zo blijkt dat het vermijden, dan wel het in de hand houden van kostenoverschrijdingen, worden aangedragen als succesfactoren voor projecten. Cunningham (2017) stelt dat bouwprojecten risicovol zijn, aangezien 50% van de projecten buiten het budget treedt, 40% te laat wordt opgeleverd en 30% niet aan de verwachtingen van de gebruikers voldoet. Als gevolg hiervan kunnen onverwachte kostenstijgingen optreden waardoor de winst op projecten afneemt of het project verlieslatend wordt. Volgens Cunningham (2017) zijn er diverse oorzaken voor kostenstijgingen, namelijk de invloed van de gebruiker, de invloed van de architect, de aard van het project, de inkoopafspraken, de mate van daad-

werkelijke ontwerpvoltooiing, risico's van externe factoren (zoals marktfactoren) en het tekortschieten van het projectmanagement. Ook blijken veranderingen van het ontwerp tijdens het bouwproces een belangrijke oorzaak van vertragingen en kostenstijgingen te zijn (Gibb & Isack, 2001). De stelling dat veranderingen tijdens het bouwproces een grote mate van invloed op de bouwkosten hebben, wordt onderschreven door Jackson (2002). Daarnaast draagt hij aan dat de ontwikkeling en de juistheid van het ontwerp, de beschikbaarheid van informatie en de calculatiemethode ook van belang zijn. Op basis van een literatuuronderzoek, in combinatie met een statistische analyse, hebben Vaardine et al. (2016) de meest significante determinanten voor kostenoverschrijdingen aangewezen. Dit zijn: slechte weersomstandigheden, incorrecte planning, fluctuatie in materiaalkosten, gebrek aan goed projectmanagement, gebrek aan het juist monitoren en controleren van het proces, onjuist management van de middelen en slechte financiële controle binnen het proces. Love (2002) stelt in zijn onderzoek dat reparatiekosten, die ontstaan na oplevering van het bouwproject, verantwoordelijk zijn voor 52% van de kostenstijgingen van het betreffende project. Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat meerdere factoren als belangrijke oorzaken van kostenoverschrijdingen kunnen worden gezien. Uit eerdere literatuur blijkt geen onderzoek naar de determinanten van kostenoverschrijdingen tijdens de bouwwerkzaamheden. Cantarelli (2011) stelt wel dat bij circa 45% van de Nederlandse infrastructuurprojecten een kostenoverschrijding optreedt. Haar onderzoek beperkt zich echter tot het geven van verklaringen voor overschrijdingen en niet voor de onderschrijdingen. Uit het onderzoek van Chan et al. (2004) blijkt dat het succes van een project afhankelijk is van een vijftal factoren, namelijk: mensgerelateerde factoren, projectgerelateerde factoren, het externe klimaat, projectmatige procedures en de acties van het management tijdens het proces. Wanneer deze factoren geoptimaliseerd worden en bovenstaande oorzaken van kostenoverschrijdingen tijdens het project in acht worden genomen, zou dit kunnen leiden tot succesvollere projecten.¹

1.3. Doel- en vraagstelling

De huidige academische literatuur brengt een aantal determinanten van veranderende bouwkosten aan het licht. Deze informatie is echter veelal slechts gebaseerd op kwalitatief onderzoek in de vorm van interviews. Een methode waarbij begrote kosten worden vergeleken met daadwerkelijke kosten is voor dit doel, bij mijn weten, niet eerder gebruikt. Dit is mede toe te schrijven aan het gebrek aan openheid van bouwbedrijven omtrent resultaten op specifieke projecten. Door het gebruik van alleen kwalitatief onderzoek is het correct meten van de impact van de verschillende variabelen niet mogelijk. Dit onderzoek tracht door middel van een statistische regressie met geobjectiveerde data en enquêteresultaten de invloed van variabelen op onder- en overschrijdingen van bouwkosten te meten en nader te duiden.

De hiermee gepaard gaande centrale onderzoeksvraag is:

Wat zijn de determinanten van kostenonder- en overschrijdingen tijdens het bouwproces?

¹ Voor het literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van Scopus met verschillende zoektermen. De eerste zoekterm is: "Cost AND Overrun AND Building" waaruit een aantal artikelen naar voren komen. Ten tweede is er een zoekterm gebruikt met: "Constructionproject AND Cost OR Overrun OR Success", maar dit heeft geen bruikbare resultaten opgeleverd. De referenties van deze artikelen zijn gebruikt om andere artikelen te vinden. Tevens is gebruik gemaakt van Google Scholar met als zoekterm: "Building Project Success". Hieruit komt wederom een paar artikelen naar voren waarbij wederom de referenties zijn gebruikt om andere artikelen te vinden. De uitkomst van het literatuuronderzoek leidt tot een samenvatting van voorgaande literatuur zoals in hoofdstuk 1.2 beschreven. Deze samenvatting is niet limitatief, maar benoemt de belangrijkste onderzoeken op het gebied van veranderingen van bouwkosten.

Om de centrale onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zal via deelvragen dieper worden ingegaan op de volgende aspecten:

1. Welke determinanten van veranderingen van bouwkosten zijn in de literatuur gevonden en welke methodologie is daarbij gebruikt?
2. Welke kostenposten vertonen met regelmaat onder- en overschrijdingen, uitgaande van empirisch verkregen data?
3. Welke determinanten blijken significant uit het statistisch analyseren van empirisch verkregen data?
4. Is er sprake van heterogeniteit tussen subgroepen, zoals verschillende gunningsvormen, of tussen traditionele en conceptuele bouw?

1.4 Wijze van aanpak

Dit hoofdstuk licht de twee gebruikte onderzoeksmethoden toe. Het onderzoek kan worden omschreven als een toetsend onderzoek, aangezien wordt verkend welke de determinanten van veranderende bouwkosten zijn en welk effect ze sorteren. Het daadwerkelijke effect van determinanten is overigens, voor zover mij bekend, nog niet eerder onderzocht. In het onderzoek worden zowel kwalitatieve als kwantitatieve data gebruikt. De kwalitatieve data zijn verzameld door middel van een enquête onder professionals en omvatten project-specifieke karakteristieken. De kwantitatieve data zijn verkregen bij bouwbedrijf Nijhuis Bouw te Rijssen en hebben betrekking op de financiële data van de projecten. De database van het CBS is gebruikt om de bevolkingsdichtheidscijfers te verkrijgen op de locatie van het project. Door middel van een statistische regressie kan worden vastgesteld welke determinanten een significante invloed op de bouwkosten hebben. Dit onderzoek toetst de opgestelde hypothesen, maar aangezien het een casestudy is, kunnen er geen generieke conclusies uit worden getrokken. Wel biedt het een mogelijkheid tot vervolgonderzoek om daarmee generieke conclusies te kunnen trekken.

De eerste deelvraag wordt beantwoord aan de hand van eerdere literatuur over de determinanten van zowel onder- als overschrijdingen van bouwkosten. Daarnaast zal worden gekeken welke methoden in voorgaande onderzoeken zijn gebruikt om de van toepassing zijnde variabelen te onderscheiden en welke mate van invloed zij hebben op de bouwkosten. Door het analyseren van de onder- en overschrijdingen op verschillende kostenposten zal blijken welke kostenposten frequent onder- of overschrijdingen laten zien. Het aantal onder- en overschrijdingen wordt berekend door te stellen dat er sprake is van een onder- of overschrijding als er een afwijking van het budget van 3%, 5%, 10% of 20% optreedt. Door het analyseren van de frequentie van onder- en overschrijdingen wordt de tweede deelvraag beantwoord. Op de derde deelvraag zal worden ingegaan door het statistisch analyseren van de invloed van variabelen op de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten, die wordt verkregen door de gebudgetteerde kosten te vergelijken met de gerealiseerde kosten. Ten slotte zal met behulp van een lineaire regressie en een Chow-test worden aangetoond of er structurele verschillen zijn tussen de invloed van de onafhankelijke variabelen op de relatieve afwijking van gebudgetteerde bouwkosten voor de drie verschillende gunningsvormen en de twee verschillende manieren van bouwen. Met behulp hiervan wordt de vierde deelvraag beantwoord.

1.5 Afbakening

In de kostenstructuur van woningen kan onderscheid worden gemaakt tussen drie soorten kosten, namelijk: grondkosten, bijkomende kosten (zoals advieskosten, leges en rentekosten) en bouwkosten. Dit onderzoek spitst zich toe op bouwkosten. Hieronder vallen de kosten van ar-

heid, materiaal, materieel, onderaanneming en overige kosten. Deze bouwkosten zijn normaliter verantwoordelijk voor circa 60-70% van de totale stichtingskosten. De hoogte van de bouwkosten voor de ontwikkeling van gebouwen is van meerdere factoren afhankelijk. Bij de uitvoering blijkt echter vaak dat de kosten niet goed gecalculeerd zijn, waardoor er afwijkingen optreden tussen gebudgetteerde en gerealiseerde kosten. Deze onder- en overschrijdingen vinden hun oorsprong in vele oorzaken die in eerdere onderzoeken aan de orde zijn gekomen.

1.6 Leeswijzer

De rest van dit onderzoek is als volgt gestructureerd: Hoofdstuk 2 beschrijft de resultaten van het literatuuronderzoek, de daaruit voortvloeiende hypothesen en het conceptueel model. Hoofdstuk 3 beschrijft de data en de empirische benadering. Hoofdstuk 4 geeft de analyse en resultaten weer, waarna in hoofdstuk 5 conclusies worden getrokken.

2. Theoretisch kader

2.1 Veranderende bouwkosten

Een onder- of overschrijding wordt gedefinieerd als het lager respectievelijk hoger uitvallen van de feitelijke kosten ten opzichte van de vooraf gecalculerde kosten.

Onderschrijdingen van bouwkosten

In een onderzoek van Chan et al. (2004) worden kritieke succesfactoren voor een bouwproject gegeven. Ze worden verdeeld in vijf categorieën. Ten eerste noemen Chan et al. (2004) de projectgerelateerde factoren, zoals het type project, de aard van het project, het aantal verdiepingen, de complexiteit en de grootte van het project. Daarnaast worden de inkoopgerelateerde factoren genoemd, waarbij men moet denken aan de inkoop- en aanbestedingsmethode. Ook de projectmanagement factoren blijken van belang volgens Chan et al. (2004). Binnen het projectmanagement zijn de omgang met communicatiesystemen, controlemechanismen, feedbackmogelijkheden, planning, inspanning, organisatiestructuur, kwaliteit- en veiligheidswaarborgen, controle over het werk van de onderaannemers en acties van het management indicatoren voor een succesvol project. Verder worden aan de projectdeelnemers gerelateerde factoren genoemd. De factoren van invloed kunnen daarbij worden verdeeld in twee groepen, namelijk de factoren vanuit het oogpunt van de opdrachtgevers en de factoren vanuit het oogpunt van het projectteam. Ten aanzien van de opdrachtgevers zijn van belang: de ervaring en bekwaamheid, de aard van de opdrachtgever, de grootte van de organisatie, de nadruk op kosten, kwaliteit en tijd en de contributie van de opdrachtgever binnen het project. De ervaring en vaardigheden van de teamleider, de inzet van de teamleider op kosten, kwaliteit en tijd, de betrokkenheid van de teamleider, het aanpassingsvermogen en de werkrelatie van de teamleider en de ondersteuning van het bedrijf zijn belangrijke factoren voor het projectteam. Ten slotte noemen Chan et al. (2004) ook externe factoren als indicatoren voor een succesvol project. Hierbij valt te denken aan het economische, sociale, politieke, fysieke en branchegebonden klimaat.

Lam et al. (2008) stellen daarnaast dat onder meer de aard van het project, effectieve projectmanagementacties en innovatieve managementbenaderingen essentieel zijn voor het succesvol zijn van een project. Verder vonden Chan et al. (2001) dat de variabelen inzet van het projectteam, competenties van de klant en competenties van de aannemer in belangrijke mate bijdragen aan het succes van een project.

Met een analogieredenering kan worden gesteld dat deze succesfactoren van invloed zijn op de bouwkosten, omdat ze van belang zijn voor het succes van een project. Zoals hierna zal blijken zorgt het niet goed implementeren immers voor kostenoverschrijding. Omdat de succesfactoren van belang zijn voor het beheersen van de bouwkosten kan worden gesteld dat het succesvol implementeren van deze factoren tot een onderschrijding van de kosten kan leiden.

Overschrijdingen van bouwkosten

Naar determinanten van overschrijdingen van bouwkosten is in de voorgaande jaren meerdere malen onderzoek gedaan. Zo stelt Cunningham (2017) dat de invloed van de gebruiker en van de architect, de aard van het project, de inkoopafspraken, de mate van daadwerkelijke ontwerpvoltooiing, risico's van externe factoren (zoals marktfactoren) en tekortschietend projectmanagement belangrijke oorzaken zijn van kostenoverschrijdingen tijdens een bouwproject.

Volgens Gibb & Isack (2001) leiden veranderingen van het concept tijdens het bouwproces tot vertragingen en kostenstijgingen. Deze uitkomst wordt ondersteund door Jackson (2002), die

daarnaast stelt dat ook de ontwikkeling van het ontwerp, de beschikbaarheid van informatie, de juistheid van het ontwerp en de bouwmethode invloed hebben op de feitelijke bouwkosten.

Vaardine et al. (2016) vonden in hun onderzoek, dat is gebaseerd op literatuur en statistische analyses, dat slechte weersomstandigheden, incorrecte planning, fluctuatie in materiaalkosten, het ontbreken van goed projectmanagement, het gebrek aan het juist monitoren en controleren van het proces, onjuist management van de middelen en slechte financiële controle op het proces de meest significante determinanten zijn van kostenstijgingen.

Volgens Brockmann & Kähkönen (2012) kan de complexiteit van een project worden gemeten aan de hand van een vijftal aspecten, namelijk de taakcomplexiteit, de sociale complexiteit, de culturele complexiteit, de cognitieve complexiteit en de operationele complexiteit. Daarnaast blijkt ook het procesverloop gedurende het project een variabele van belang. Zo stelt Wood (2015) dat reële doelstellingen, een reële planning, kwaliteit, financieel resultaat en klanttevredenheid aspecten zijn die de kwaliteit van het projectmanagement en daarmee het procesverloop aantonen. Daarnaast kan onder het procesverloop ook (het gebrek aan) coördinatie tussen partijen en het (niet) nakomen van afspraken worden verstaan, welke volgens Rajkumar (2010) belangrijke indicatoren voor het succes van een project zijn.

Love (2002) concludeert dat reparatiekosten, die na de oplevering van het werk zijn ontstaan, voor 52% verantwoordelijk zijn voor de kostenstijging op het desbetreffende project. Verder stelt Morris (1990) dat 25% van de kostenstijgingen toegeschreven kunnen worden aan prijsstijgingen en dat de andere 75% nader verklaard moeten worden. Als mogelijke oorzaken van deze overige 75% noemt hij een slecht projectontwerp of -implementatie, inadequate projectfinanciering, bureaucratische besluiteloosheid en een gebrek aan coördinatie tussen betrokken partijen. Wachs (1987, 1989) beweert daarnaast in zijn onderzoek dat kostenstijgingen ontstaan door onjuiste schattingen tijdens het calculatieproces. In zijn paper beschrijft hij de drie voornaamste redenen die leiden tot een foutieve calculatie, namelijk een verandering in de omvang, een te laag geschatte inflatie en vertraging. Deze drie factoren zouden volgens hem 40-90% van alle kostenstijgingen veroorzaken.

Uit een ander onderzoek (Lee, 2008) blijkt dat verandering van de omvang van het project, vertragingen in het bouwproces en een onrealistische calculatie factoren zijn die kostenstijgingen bewerkstelligen. Daarnaast draagt Lee aan dat een aanpassing van het projectontwerp en het gebrek aan gebruik van 'Earned Value Management' voor een deel de kostenstijgingen kunnen verklaren.

Verder blijkt uit een onderzoek in Saudi-Arabië dat ook de geografische locatie van het project kan worden aangedragen als oorzaak van kostenoverschrijdingen (Bubshait & Al-Juwairah, 2002). Als laatste hebben Josephson & Hammerlund (1999) aangetoond dat de gebreken die leiden tot reparatiekosten in 50% van de gevallen toe te rekenen valt aan het gebrek aan motivatie van werknemers en voor 30% aan kennisgebrek van werknemers.

Bovenstaande bevindingen uit de literatuur laten een uiteenlopend palet aan verklaringen voor kostenover- en onderschrijdingen van gebudgetteerde bouwkosten zien. Veelal zijn de verklaringen verkregen op basis van kwalitatief onderzoek. In dit onderzoek zullen de diverse bevindingen in algemenere zin worden meegenomen om de invloed op de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten van verschillende variabelen op significantie te testen door middel van een enquête en een statistisch onderzoek.

2.2 Aanbodstrategieën

In dit onderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen twee strategieën van aanbod. Ten eerste is er de traditionele bouw, waarbij de focus ligt op het leveren van maatwerk aan de klant naar aanleiding van de vraagspecificatie van de klant. Daarnaast bestaat de conceptuele bouw, waarbij sprake is van een concept dat standaardisatie bewerkstelligt met tevens ruimte voor individueel maatwerk. In het eerste geval is de bouwer meer een aannemer en in het tweede geval is de bouwer meer een aanbieder.

Traditionele bouw²

Bij de traditionele bouwmethode staat het productieproces centraal (Spekkink, 2006). De klant als hoofdrolspeler kiest de verschillende partijen die gezamenlijk hun capaciteiten inzetten om het nieuwe vastgoed te ontwikkelen. De klant wordt geacht voldoende financiële middelen te hebben en te beschikken over de tijd om sturing te geven gedurende het proces (Bolte et al., 2004). De klant loopt dus in zekere mate risico's qua tijd, geld en kwaliteit. Nu de opdrachtgever bij de traditionele methode slechts kiest voor het inhuren van capaciteiten van verschillende bedrijven in plaats van het kopen van een product, ontstaan unieke producten. Er is sprake van full customization van het product met de daarmee gepaarde risico's. Er is sprake van 'nulseries' waarbij nauwelijks sprake is van leereffecten waardoor de kans op fouten vergroot wordt. Volgens Huijbregts (2006) is hierdoor de traditionele methode het meest geschikt voor klanten die op zoek zijn naar maatwerk en gedurende het proces een actieve houding laten zien.

Tijdens het productieproces is de opdrachtgever afhankelijk van de logistieke processen van de aanbieders waarbij de projectfases elkaar op een logische wijze opvolgen (Huijbregts, 2006 en Horstman, 2005). Normaliter wordt gebruikt gemaakt van meer- en minderwerk als de wensen van de klant tijdens het proces veranderen. De gevolgen van het meer- en minderwerk komen voor rekening van de klant (Huijbregts, 2003). Bij de traditionele bouwmethode ontstaat een samenwerkingsverband tussen verschillende partijen dat slechts voortduurt voor de duur van het betreffende project. Hoe groter de omvang van het werk, hoe complexer de samenwerking zal zijn vanwege het toenemende aantal betrokken partijen. In het samenwerkingsverband heerst vaak wantrouwen jegens partijen en is er sprake van een hiërarchische structuur volgens Bolte et al. (2004). Er ontstaat een inkooprelatie met tegenstrijdige belangen doordat de klant een hoofdaannemer kiest die op zijn beurt weer onderaannemers uitzoekt. Dit kan zorgen voor geld- en tijdverkwisting wanneer tijdens het proces een fout optreedt, aangezien de verschillende partijen in het samenwerkingsverband verhaal zullen halen op de andere partij (Huijbregts, 2003).

Bij de traditionele bouwmethode wordt doorgaans geselecteerd op aannemers die hun capaciteiten voor de laagste prijs ter beschikking stellen. Dit leidt echter niet altijd tot de hoogste kwaliteit. Tevens worden er veel eenmalige kosten gemaakt, aangezien het project eenmalig is en er dus veel kosten op één project moeten worden afgeboekt. Door de focus op kosten binnen deze methode worden de wensen van de klant in sommige gevallen uit het oog verloren. Ten slotte stellen Van der Veen & Keizer (2005) dat de traditionele bouwmethode gepaard gaat met

² In het literatuuronderzoek naar de invloed van traditionele bouwmethode op over- en onderschrijdingen van bouwkosten is gebruik gemaakt van Scopus en Google Scholar met verschillende zoektermen. Met de zoekterm "Traditionele bouw AND kostenoverschrijding" is geen Nederlandse literatuur gevonden die de invloed van de traditionele bouwmethode op kostenoverschrijdingen gevonden. Ook Engelse literatuur kon niet worden gevonden met de zoekterm: "Traditional Building AND Cost AND Overrun. Doordat er geen literatuur beschikbaar is met betrekking tot kosten over- en onderschrijdingen is gekozen om slechts de aanbodstrategie te omschrijven.

relatief hoge faalkosten, aangezien voor eenmalige projecten getracht wordt unieke oplossingen te vinden.

Conceptuele bouw³

In het conceptuele bouwproces wordt getracht een optimale verhouding te vinden tussen enerzijds ruimte voor maatwerk en anderzijds een gestandaardiseerd product (Hacquebord, 2003). Volgens Cuperus (2003) kan het conceptuele bouwen worden omschreven als seriematige woningbouw met tevens ruimte voor de wensen van individuele klanten. Bij deze methode ligt de focus voornamelijk op het resultaat en de kwaliteit van de exploitatie (Spekkink, 2006). Door het aanbieden van een standaard in combinatie met keuzemogelijkheden liggen in tegenstelling tot bij de traditionele methode de risico's van prijs, tijd en kwaliteit bij de aanbieder (Huijbregts, 2010).

Het concept wordt uitgedacht voor een niet-gedefinieerde groep klanten met bekende wensen. Pries et al. (2008) stellen dat bij conceptbouw de klant de vervulling van zijn wensen belangrijker vindt dan de prijs en de woning zelf. Verder willen de opdrachtgevers niet worden belast met werkzaamheden zoals de coördinatie van het proces en het bijeenbrengen van partijen. Ze kopen een product en geen proces. Door het combineren van zowel standaardisatie als ook ruimte voor maatwerk kan worden gesproken van 'mass customization' (Gologlu & Mizrak, 2011). Door mass customization wordt het proces goed beheersbaar en betaalbaar (Horstman, 2005).

De fases bij conceptueel bouwen zijn niet altijd goed te onderscheiden, aangezien bijvoorbeeld het ontwerpproces en het productieproces tegelijk kunnen lopen vanwege de standaard die al bekend is. Daarnaast wordt het meer- en minderwerk niet gezien als een aparte post zoals bij de traditionele variant, maar meer als een onderdeel van het proces waarbij de klanten kunnen kiezen voor meer- of minderwerk. Dit heeft ook tot gevolg dat er aan het eind van het project geen tegenvallers zijn voor de klanten, omdat de prijs vooraf duidelijk is (Huijbregts, 2003).

Huijbregts (2010) stelt dat bij conceptueel bouwen wordt gewerkt met vaste projectteams om de combinatie tussen de seriematige bouw en het maatwerk te bewerkstelligen. De betrokken partijen moeten hierdoor in een vroeg stadium een samenwerkingsverband aangaan om het reeds ontwikkelde concept op maat te maken conform de wensen van de klant (Bolte et al., 2004). Het intensieve samenwerkingsverband wordt aangegaan op basis van verticale integratie in een keten waarbij sprake moet zijn van vertrouwen tussen de deelnemende partijen (Huijbregts, 2003).

Bij de conceptuele methode presenteren de aanbiederende partijen hun concept actief aan de markt en proberen ze interesse te wekken bij potentiële klanten (Huijbregts, 2010). De concurrentie bij deze methode kan worden gevonden in het onderscheid met andere aanbieders wat betreft prijs-kwaliteitverhouding (Spekkink, 2006).

³ In het literatuuronderzoek naar de invloed van de conceptuele bouwmethode op over- en onderschrijdingen van bouwkosten is gebruik gemaakt van Scopus en Google Scholar met verschillende zoektermen. Met de zoekterm "Conceptuele bouw AND Kostenoverschrijding" is geen Nederlandse literatuur gevonden die de invloed van de conceptuele bouwmethode op kostenoverschrijdingen gevonden. Ook Engelse literatuur kon niet worden gevonden met de zoekterm: "Conceptual construction AND Cost AND Overrun. Doordat er geen literatuur beschikbaar is met betrekking tot kosten over- en onderschrijdingen is gekozen om slechts de aanbodstrategie te beschrijven.

Een voordeel van het ontwikkelen van een concept is dat de ontwikkelingskosten kunnen worden verspreid over meerdere projecten. Daarnaast kunnen de samenwerkende bedrijven proberen schaalvoordelen te behalen door seriematige productie. Deze schaalvoordelen kunnen worden gerealiseerd door middel van de leercurve bij standaardisering welke een degressieve invloed heeft op de bouwkosten. (Hacquebord, 2003). Dit leidt tot een kostenreductie voor klanten waardoor het aanbod van het bedrijf aantrekkelijker wordt. Verder kan het vertrouwen binnen het samenwerkingsverband zorgen voor een goede relatie waarbij men weet wat men aan elkaar heeft met als gevolg dat faalkosten kunnen worden gereduceerd.

2.3 Gunningsvormen

In de bouwsector bestaan verschillende manieren voor het gunnen van een bouwproject aan een bedrijf. De drie meest voorkomende vormen van gunning zijn: aanbesteding, bouwteam en projectontwikkeling. Deze manieren verschillen in de afhankelijkheid van andere partijen op bijvoorbeeld het gebied van ontwerp en ontwikkeling.

Aanbesteding⁴

In de literatuur is velerlei onderzoek gedaan naar de gunningsvorm aanbesteding. Wat er echter niet in naar voren komt, is het effect dat een aanbesteding heeft op de kostencalculatie en de beheersing van die kosten tijdens het proces. De aanbesteding is een populaire gunningsvorm van de overheid om op een transparante manier projecten aan bouwbedrijven te gunnen (Oosterwegel, 2015). Sinds de Aanbestedingswet 2012 van kracht is geworden zijn overheidsorganen verplicht om, in plaats van het traditionele gunningscriterium, de laagste prijs, de economisch meest voordelige inschrijving (EMVI) te kiezen. Dit EMVI-criterium betekent dat de partij met de beste prijs-kwaliteitverhouding moet worden gekozen. Niet alleen de prijs, maar ook de kwaliteit die geboden wordt voor een bepaalde prijs is dus doorslaggevend. CROW (2007) beschrijft drie verschillende manieren waarop de inschrijving kan worden gewaardeerd. Ten eerste is er de puntenmethode waarbij de prijs en de geboden kwaliteit punten krijgen toegekend en de inschrijving met het hoogste aantal punten de aanbesteding wint. Daarnaast bestaat de Euro-methode waarbij de extra geboden kwaliteit wordt gewaardeerd in euro's en dat bedrag vervolgens in mindering wordt gebracht op de prijs. Bij de laatste methode, de waarde/prijs methode, wordt het aantal punten gedeeld door de prijs. Uit bovenstaande volgt dat tijdens de aanbestedingsprocedure sprake is van concurrentie tussen de deelnemende bouwbedrijven, aangezien de economisch voordeligste inschrijving de aanbesteding wint. Bedrijven zullen de kosten op het project zo laag mogelijk moeten houden omdat het anders waarschijnlijk is dat een ander bedrijf dezelfde kwaliteit kan bieden voor een lagere prijs. Doordat de kosten minimaal moeten blijven neemt de druk op de calculatieafdeling van het bedrijf toe en bestaat de kans dat de kosten voor een project te laag worden geprognosticeerd.

⁴ In het literatuuronderzoek naar de invloed van de aanbestedingsmethode op over- en onderschrijdingen van bouwkosten is gebruik gemaakt van Scopus en Google Scholar met verschillende zoektermen. Met de zoekterm "Aanbesteding AND Kostenoverschrijding" is geen Nederlandse literatuur gevonden die de invloed van een aanbesteding op kostenoverschrijdingen gevonden. Ook Engelse literatuur kon niet worden gevonden met de zoekterm: "Tender AND Cost AND Overrun. Doordat er geen literatuur beschikbaar is met betrekking tot kosten over- en onderschrijdingen is gekozen om slechts de gunningsvorm te beschrijven.

Bouwteam⁵

Volgens Boijens (2008) kan een bouwteam worden gedefinieerd als een samenwerkingsverband tussen de opdrachtgevende, ontwerpende en uitvoerende partijen om tijdens de ontwerp- en voorbereidingsfase tot een optimaal ontwerp te komen. Molier (1999) stelt dat door middel van synchroniseren van de ontwikkelings- en bouwvoorbereidingsfase bij deze contractvorm tijdswinsten behaald kunnen worden. Hieruit volgt volgens Molier dat het bouwteam als contractvorm de beste prijs-kwaliteitverhouding bewerkstelligt. Hij stelt daarnaast echter wel dat aan een aantal voorwaarden voldaan moet worden om de efficiëntie van het bouwteam te waarborgen. Zo zullen partijen eerst duidelijk met elkaar moeten afspreken wat het gezamenlijke belang is, hoe de risico's worden verdeeld en welke partij verantwoordelijk is voor welke werkzaamheden. Het niet voldoen aan deze voorwaarden heeft in veel gevallen miscommunicatie en efficiëntieverlies tot gevolg. Het bouwteam heeft als voordeel dat er minder problemen ontstaan in de uitvoeringsfase en dat de budgetbeheersing tijdens de ontwerpfase beter is door de samenwerking van verschillende partijen en de daarmee gepaard gaande uitvoerings- en kostendeskundigheid (Molier, 1999) (SBR, 2006). De tegenstrijdige belangen van de verschillende partijen vormen echter een bedreiging voor het functioneren van het bouwteam, nu dit haaks staat op het eerder vermelde gezamenlijke belang van de partijen. (Timmers en Van Rangelrooij, 1999). Daarnaast stellen Timmers en Van Rangelrooij (1999) dat het budget voor wrijving kan zorgen omdat de aannemer beslist of hij voor een bepaald budget het ontwerp van de architect kan bouwen. Boudewijn en Broekhuizen (2007) zijn tot de conclusie gekomen dat ook het niet helder hebben van klantdoelstellingen, het gebrek aan ervaring van aannemers om als adviseur op te treden en het gebrek aan goede communicatie en vertrouwen het goed functioneren van een bouwteam in de weg staat.

Projectontwikkeling⁶

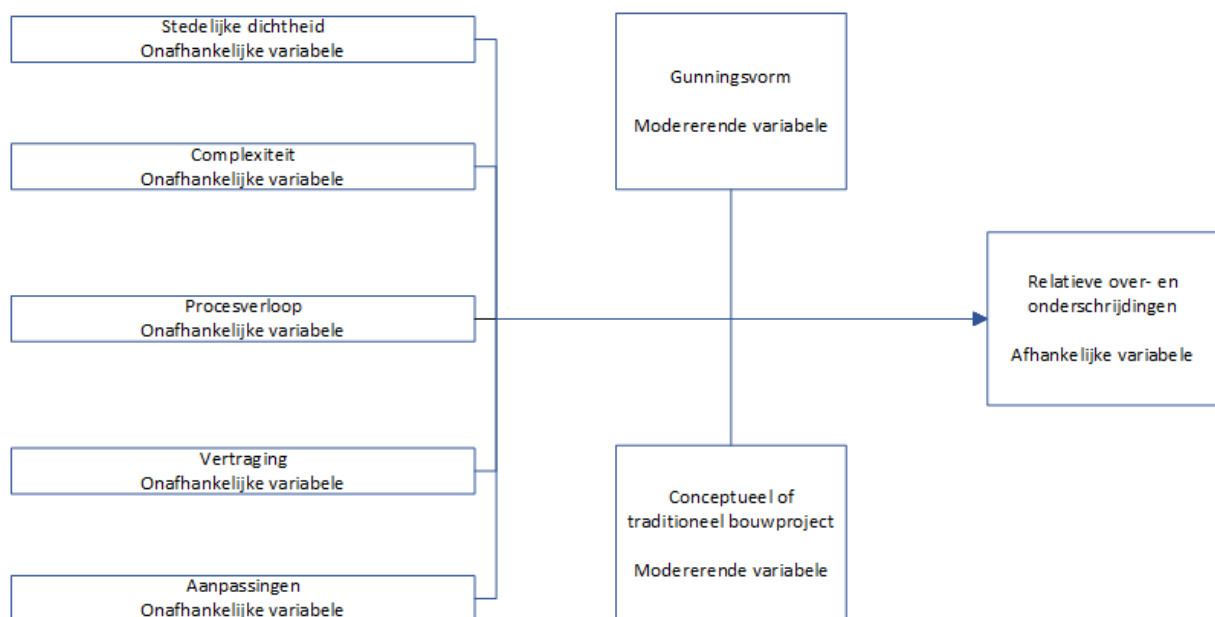
Projectontwikkeling wordt in het Nederlands woordenboek omschreven als de exploitatie van bouwgrond en bouwprojecten op grote schaal (Van Dale, 2018). Daarnaast is het begrip in de literatuur op veel verschillende manieren gedefinieerd. De Kousemaeker (1990) definieert projectontwikkeling als het risicodragend initiëren, organiseren, uitvoeren en coördineren van alle taken die nodig zijn voor het realiseren van onroerend goed, inclusief de aankoop van de benodigde grond. In dit onderzoek staat het bouwproces centraal en richt het zich op verplichte winkelnering (projectontwikkeling waarbij één bedrijf het project zowel ontwikkelt als bouwt). In de literatuur worden verschillende interne en externe factoren genoemd die van invloed zijn op het verloop van het projectontwikkelingsproces. Van Iersel (2005) noemt er drie, namelijk interne-, externe- en projectfactoren. De interne factoren zijn onderverdeeld in organisatiestructuur, financiën, beleid en kennis en ervaring en capaciteit. De externe factoren bestaan uit de

⁵ In het literatuuronderzoek naar de invloed van de gunningsvorm bouwteam op over- en onderschrijdingen van bouwkosten is gebruik gemaakt van Scopus en Google Scholar met verschillende zoektermen. Met de zoekterm "Bouwteam AND Kostenoverschrijding" is geen Nederlandse literatuur gevonden die de invloed van het bouwteam op kostenoverschrijdingen gevonden. Ook Engelse literatuur kon niet worden gevonden met de zoekterm: "Construction Attachment AND Cost AND Overrun. Doordat er geen literatuur beschikbaar is met betrekking tot kosten over- en onderschrijdingen is gekozen om slechts de gunningsvorm te omschrijven.

⁶ In het literatuuronderzoek naar de invloed van de gunningsvorm projectontwikkeling op over- en onderschrijdingen van bouwkosten is gebruik gemaakt van Scopus en Google Scholar met verschillende zoektermen. Met de zoekterm "Projectontwikkeling AND Kostenoverschrijding" is geen Nederlandse literatuur gevonden die de invloed van projectontwikkeling op kostenoverschrijdingen gevonden. Ook Engelse literatuur kon niet worden gevonden met de zoekterm: "Project development AND Cost AND Overrun. Doordat er geen literatuur beschikbaar is met betrekking tot kosten over- en onderschrijdingen is gekozen om slechts de gunningsvorm te omschrijven.

markt, politiek en maatschappij en wet- en regelgeving. De projectfactoren zijn geld, tijd, kwaliteit, invloed op het project, complexiteit en risico's. Vermande en Spalburg (1998) hebben de risico's voor projectontwikkeling ingedeeld in vijf categorieën, namelijk juridische risico's (vergunningen en contracten), technische risico's (verandering in technologie of ontwerp), interne risico's (tijdsvertraging en organisatorische problemen), externe voorspelbare risico's (inflatie en rente) en externe niet-voorspelbare risico's (omgeving). Al deze risico's brengen direct of indirect kosten met zich mee, bijvoorbeeld prijsstijgingen of onkostenvergoedingen. Nozeman en Fokkema (2013) stellen daarnaast dat tijdens de realisatiefase van de projectontwikkeling een goed risk- en contractmanagement essentieel zijn voor het succes van projectontwikkeling. Een duidelijk beeld van de impact die projectontwikkeling op bouwkosten heeft, wordt in de literatuur niet gegeven, maar uit bovenstaande succes- en faalfactoren blijkt dat er veel risico's zijn die de bouwkosten tijdens de realisatiefase kunnen beïnvloeden.

2.4 Conceptueel model



Figuur 1: Conceptueel model.

Het conceptueel model, zie figuur 1, beschrijft het effect van de verschillende onafhankelijke variabelen op de afhankelijke variabele. De twee modererende variabelen zijn opgenomen om de verschillen tussen gunningsvorm en aanbodstrategie te onderzoeken. De variabele projectgrootte is ondergebracht onder de variabele complexiteit, aangezien uit onder meer onderzoek van Vidal & Marle (2008) blijkt dat de grootte van een project doorgaans de complexiteit vergroot.

2.5 Hypotheses

Vanwege de verkennende aard van het onderzoek worden er voorlopige hypothesen op basis van de literatuur en stellingen uit de praktijk opgesteld. Deze hypothesen zijn: Voorlopige hypothese 1: *De werkelijk gerealiseerde kosten vertonen een afwijking van maximaal drie procent van de gebudgetteerde kosten.*

Eerder academische literatuur biedt geen handvat voor waardes die gelden als een gebruikelijke afwijking van de begrote bouwkosten. Uit de praktijk (Velthuis, 2018) blijkt echter dat een detailbegroting normaliter nul tot drie procent afwijkt van de gerealiseerde kosten. Op basis van deze stelling is hypothese 1 opgesteld.

Voorlopige hypothese 2: *De stedelijke dichtheid op de projectlocatie, de complexiteit van het project, het procesverloop, de vertraging en de aanpassingen tijdens het project hebben een significante invloed op de relatieve over- dan wel onderschrijdingen van de gebudgetteerde bouwkosten.*

Op basis van eerdere literatuur van Cunningham (2017), Vaardine et al. (2016), Lee (2008) en Gibb & Isack (2001) wordt verwacht dat de vermelde variabelen een significante invloed op de grootte van de relatieve over- of onderschrijding van de gebudgetteerde bouwkosten. Met deze hypothese wordt getest in welke mate projecteigenschappen en het functioneren van de projectorganisatie bijdragen aan relatieve over- of onderschrijdingen van de gebudgetteerde bouwkosten. Op basis van de resultaten wordt een advies gegeven aan het bouwbedrijf omtrent factoren die significant van belang zijn tijdens het bouwproject.

Voorlopige hypothese 3: *Er is een structureel verschil in effect van de onafhankelijke variabelen voor de gunningsvormen aanbesteding, bouwteam en projectontwikkeling op de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten.*

In de literatuur zijn geen aanknopingspunten gevonden voor het verschil in effect van het type gunningsvorm op de over- dan wel onderschrijding van de kosten. Deze hypothese is opgesteld op de in de praktijk veel gehoorde bewering dat er niet veel verschil is tussen de relatieve afwijkingen van de gebudgetteerde kosten van projecten die via verschillende gunningsvormen zijn verkregen.

Voorlopige hypothese 4: *Er is een structureel verschil in effect van de onafhankelijke variabelen voor traditionele of conceptuele bouw op de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten.*

In de literatuur is geen bewijs aangetroffen voor het verschil in effect van het type aanbodstrategie op de over- dan wel onderschrijding van de bouwkosten. Deze hypothese is gebaseerd op de in de praktijk veel gehoorde bewering dat een concept pas ontwikkeld wordt als het winstgevender lijkt te zijn dan de huidige methode die het bedrijf toepast.

Met hetgeen in hoofdstuk 2 besproken is wordt deelvraag 1 beantwoord. Er is een inzicht verkregen in welke determinanten van belang worden geacht voor het verklaren van over- en onderschrijdingen van bouwkosten door het analyseren van eerdere literatuur. Daarnaast blijkt ook dat in grote mate gebruik is gemaakt van subjectieve onderzoeksmethoden zoals enquêtes.

3. Data en methodologie

Voor het onderzoek naar de verklaringen voor onder- en overschrijdingen van bouwkosten ten opzichte van het gebudgetteerde is gebruikgemaakt van de data van een middelgroot bouwbedrijf. Dit bouwbedrijf heeft projectdata van 87 nieuwbouwprojecten tussen 2013 en 2017 ter beschikking gesteld teneinde verschillende analyses te kunnen uitvoeren. De verkregen data omvatten de locatie, de laatste door de directie goedgekeurde gedetailleerde budgetraming (zonder winstopslagen) op basis waarvan het project gebouwd zal worden en de nacalculatie van 87 nieuwbouwwoningprojecten. Verder is gebruikgemaakt van gegevens uit een enquête die is gehouden onder specifieke werknemers (de projectleider, de uitvoerder en de werkvoorbereider) die betrokken waren bij de projecten en van de database van het CBS voor de stedelijke dichtheid (PC4-schaal) van de buurt waarin het project is gelegen.

3.1 Data

De data aangaande de budgetramingen en eindresultaten van projecten zijn verkregen bij Nijhuis Bouw B.V. te Rijssen. Nijhuis Bouw B.V. is een middelgroot bouwbedrijf met een omzet van € 200-250 miljoen waarvan het hoofdkantoor gevestigd is in Rijssen, Overijssel. De gedetailleerde budgetramingen en nacalculaties bevatten circa 400 posten waarop kosten die zich voordoen tijdens het project geboekt kunnen worden. Deze kostenposten kunnen worden onderverdeeld in vijf categorieën, namelijk arbeid, materiaal, materieel, onderaanneming en overig. Daarnaast zijn er nog opslagen voor indirecte kosten, winst en risico, maar deze zijn in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Naast de verschillende kostenposten bevatten de budgetramingen ook de locatie van het project en de totale gebudgetteerde en daadwerkelijke kosten van het project. Daarnaast is door een vergelijking van de totale gebudgetteerde kosten met de daadwerkelijke kosten de relatieve over- dan wel onderschrijding ten opzichte van de gebudgetteerde kosten verkregen.⁷ Deze relatieve over- of onderschrijding dient in de regressies als afhankelijke variabele. Met de locatie van de projecten was het mogelijk om de buurten bij de desbetreffende adressen te zoeken. Vervolgens kon het aantal inwoners per vierkante kilometer in de buurt van het project worden verkregen uit de database van het CBS (CBS, 2018). Deze stedelijke dichtheidscijfers op PC4-schaal zijn toegevoegd aan de database voor elk project, omdat verwacht wordt dat deze kunnen gelden als proxy voor eventuele logistieke problemen die de locatie met zich mee brengt.

Eigen interpretatie data

De verbijzondering van de kostenposten in vijf rubrieken geeft een te globaal beeld om te voldoen aan de interesse in de frequentie van het aantal onder- en overschrijdingen van verschillende kostenposten. Daarnaast schetst een overzicht met 400 verschillende kostenposten een te versnipperd, zo niet onduidelijk beeld. Om deze redenen is gekozen voor een tussenoplossing. In samenwerking met de controller van het bouwbedrijf is een lijst van 37 kostenposten opgesteld waarin de 400 verschillende kostenposten zijn ondergebracht. Op basis van deze indeling zijn de gebudgetteerde kosten voor de 37 posten vergeleken met de daadwerkelijke kosten om onder- en overschrijdingen te onderzoeken. Uit een gesprek met het hoofd calculatie van het bouwbedrijf bleek dat een detailbegroting normaliter zich beweegt binnen een afwijking van 0-3% ten opzichte van de daadwerkelijke kosten aan het einde van het project. Voor dit onderzoek is er besloten om aan te sluiten bij de ervaringen uit de praktijk en een afwijking van het budget

⁷ $\left(\frac{\text{gebudgetteerde kosten} - \text{gerealiseerde kosten}}{\text{gebudgetteerde kosten}} \right)$

van 0-3% als een gebruikelijke afwijking te zien. Verder is besloten het aantal onder- en overschrijdingen te genereren met een marge van 5%, 10% en 20%. Met deze marges zijn overzichten gemaakt waaruit blijkt bij hoeveel projecten een bepaalde kostenpost een onder- of overschrijding laat zien wanneer de daadwerkelijke kosten worden afgezet tegen de gebudgetteerde kosten.

Enquête

Om de database verder uit te breiden met projectgerelateerde variabelen is ervoor gekozen een enquête te houden onder projectbetrokkenen van het bouwbedrijf. Er is voor een enquête gekozen omdat voor veel variabelen die uit de literatuur voortvloeien geen proxy bestaat. Voor de vertraging door weersomstandigheden is het bijvoorbeeld niet mogelijk om slechts de temperatuur als proxy te gebruiken nu bijvoorbeeld vorst in de winter niet per se tot vertraging hoeft te leiden.

Op basis van de literatuur over complexiteit, procesverloop, vertraging en aanpassingen en literatuur van Baarda & De Goede (2007) is de enquête in een vereenvoudigde versie opgesteld voor de werknemers. In de enquête is gekozen voor een Likertschaal van vijf antwoordmogelijkheden voor de eerste twee vragen om nuance in de antwoorden te creëren. De laatste twee vragen zijn gesloten vragen waarop met ja of nee geantwoord kan worden. De uitwerking van de enquête is opgenomen in tabel 1, Appendix.

De enquête is voor bijna alle projecten verstuurd naar de drie genoemde betrokken functionarissen van het bedrijf. Om diverse redenen is het niet mogelijk gebleken om ook daadwerkelijk drie responses per project te krijgen, waardoor het aantal responses per project verschilt.⁸ De door de enquête verkregen data moeten worden getransformeerd naar één observatie per variabele per project, aangezien de procentuele afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten de afhankelijke variabele is in het onderzoek en niet de enquêteresultaten. In de literatuur bestaat geen eenduidige mening over de wijze waarop Likertschaaldata getransformeerd dienen te worden. Enerzijds wordt gesteld dat ze moeten worden gezien als ordinale data die zich niet lenen voor het nemen van een gemiddelde en het gebruik van parametrische testen (Jamieson, 2004). Anderzijds stellen tegenhangers van deze gedachte dat Likertschaaldata kunnen worden gezien als intervaldata waarbij het nemen van een gemiddelde en het gebruik van parametrische testen wel is toegestaan (Jamieson, 2004). In een onderzoek van Santià & Pèrez (2003) is bijvoorbeeld het gemiddelde genomen van diverse responses op Likertschaal- basis.

Modificatie data

Ten eerste is voor het gebruik van de regressies één observatie verwijderd, omdat dit een positieve uitschieter was met een afwijking van +38%. Deze observatie is echter wel gebruikt voor de beschrijvende statistieken in hoofdstuk 3.5, aangezien voor de conclusies die uit deze statistieken worden getrokken van belang is om de gehele steekproef mee te nemen. In dit onderzoek is ervoor gekozen om de responses terug te brengen tot één per project door het middelen van de responses per variabele (Santià & Pèrez, 2003). Om de interpretatie te vereenvoudigen, is ervoor gekozen om de gemiddelde scores van de Likertschaaldata in twee groepen samen te voegen (Steijn, 2008). De Likertscores voor de variabelen zijn verdeeld in twee groepen, waarbij voor de complexiteitsvragen gemiddelde Likertscores boven de drie de ene groep vormen en gemiddelde Likertscores gelijk aan of onder drie de andere groep. Voor de procesverloop-

⁸ Voor dertien projecten zijn meer dan drie responses ontvangen. Vanwege de anonimiteit van de enquête was het niet mogelijk om te achterhalen welke respons dubbel was met als gevolg dat deze niet kon worden verwijderd

vragen zijn de groepen opgedeeld in enerzijds een groep met Likertscores onder drie en anderzijds een groep met Likertscores gelijk aan of boven drie. Vanwege het feit dat de waarden in de dataset nu een gemiddelde van een groep weergeven is op basis van het onderzoek van Dupraz (2013) ervoor gekozen om van analytische wegen gebruik te maken in de analyses.

De vragen in de enquête zijn zodanig opgesteld dat zij variabelen uit de literatuur representeren, namelijk de complexiteit, het procesverloop, vertragingen en aanpassingen tijdens het proces. Deze vier variabelen zijn gekozen omdat deze de lading dekken van een groot aantal specifieke variabelen die in de literatuur genoemd zijn. Om het aantal variabelen in de analyse te reduceren is gebruikgemaakt van een principale componentenanalyse. Deze vorm van factoranalyse transformeert een aantal mogelijk gecorreleerde variabelen naar een aantal niet-correlerende variabelen die principale componenten worden genoemd (Aerd Statistics, 2016). Voor het uitvoeren van een principale componentenanalyse moeten de data voldoen aan een vijftal eisen. Ten eerste moeten er meerdere variabelen zijn waarop de analyse wordt uitgevoerd. Ten tweede moet er een lineaire relatie zijn tussen alle variabelen, hetgeen automatisch het geval is vanwege de dummy-variabelen. Daarnaast moet er sprake zijn van een minimale steekproefgrootte van 150 en 5 tot 10 waarnemingen per variabele. Ook hieraan wordt voldaan in de dataset. Tevens is er sprake van een dusdanige correlatie tussen de variabelen dat de datareductie wordt gerechtvaardigd. De laatste eis is dat er geen sprake mag zijn van significante uitschieters. Door de transformatie naar dummy-variabelen is ook aan deze voorwaarde voldaan. Uit de principale componentenanalyse blijkt dat de variabelen met betrekking tot complexiteit kunnen worden teruggebracht tot één component, de variabelen met betrekking tot het procesverloop onder twee componenten kunnen worden geschaard, de aanpassingsvariabelen gereduceerd kunnen worden tot één component en dat één component de variabelen voor vertraging (tabel 1, Appendix) kan vervangen. In de tabellen 3A tot en met 3D, Appendix worden de waarden van de eigenvalues van de principale componenten weergegeven. Daarnaast geven deze tabellen de verklaarde variantie en de cumulatieve verklaarde variantie van de onderliggende variabelen. De eigenvalues van de componenten worden ook grafisch weergegeven in de figuren 3A tot en met 3D, Appendix. De waarden voor de Kaiser-Meyer-Olkin-maatstaf voor alle vier principale componentenanalyses zijn weergegeven in tabel 4, Appendix.

Uit de principale componentenanalyse blijkt dat er twee componenten voor procesverloop gebruikt dienen te worden. In het vervolg van de scriptie zullen deze twee variabelen procesverloop1 en procesverloop2 worden genoemd. Uit de analyse blijkt dat op procesverloop1 voornamelijk de variabelen reële planning, kwaliteit, werkplezier, klanttevredenheid, communicatie en het nakomen van afspraken zijn geladen. Op procesverloop2 zijn voornamelijk de variabelen doelstelling en resultaat geladen. Voor de interpretatie van de coëfficiënten in de regressie wordt van bovenstaande ladingen op de componenten uitgegaan.

3.2 Meervoudige lineaire regressiemethode

Met de meervoudige lineaire regressiemethode wordt getracht de onafhankelijk variabele te voorspellen met behulp van meerdere onafhankelijke variabelen. De geschatte regressiecoëfficiënten geven in het model aan wat de invloed van een onafhankelijke variabele op de afhankelijke variabele is.

De regressievergelijking is als volgt:

$$O_i = \alpha + \beta_1 G_i + \beta_2 A_i + \beta_3 I_i + \beta_4 C_i + \beta_5 P1_i + \beta_6 P2_i + \beta_7 V_i + \beta_8 R_i + \varepsilon_i$$

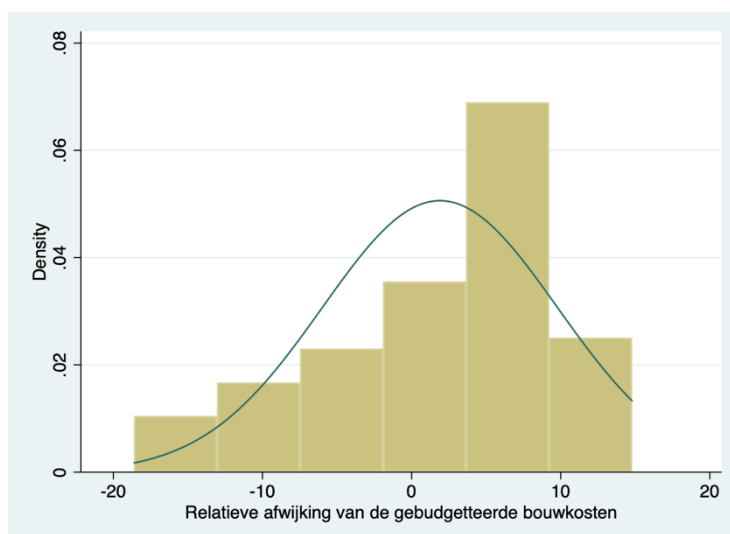
Waarbij O_i de relatieve onder- dan wel overschrijding van de gebudgetteerde bouwkosten bij project i , α de constante, G_i de gunningsvorm van het project, A_i de aanbodstrategie, I_i het aantal inwoners van de buurt waarin het project is gelegen, C_i de complexiteit van het project en $P1_i$ en $P2_i$ het procesverloop van het project weergeven. V_i geeft aan of er vertraging is opgetreden tijdens het project en R_i of er aanpassingen zijn geweest gedurende het bouwproces.

Voordat een meervoudige lineaire regressie kan worden uitgevoerd, moet voldaan zijn aan een viertal voorwaarden (Brooks & Tsolacos, 2010):

- 1) Lineariteit; er is sprake van een lineair verband tussen de afhankelijke en de onafhankelijke variabele. Hierbij is de gemiddelde waarde van de fouttermen gelijk aan 0. $E(it) = 0$
- 2) Homoscedasticiteit; de variantie van de fouttermen is constant. $var(it) = \sigma^2 < \infty$
- 3) Onafhankelijkheid; de fouttermen zijn onafhankelijk van elkaar. $cov(ii, ij) = 0$
- 4) Normaliteit; de fouttermen zijn normaal verdeeld. $it \sim N(0, \sigma^2)$

Ten eerste de onafhankelijkheid: de residuen moeten onafhankelijk van elkaar zijn, wat getest kan worden door middel van een correlatiematrix. Ten tweede moet er sprake zijn van homoscedasticiteit: er is een constante variantie bij de residuen. Dit kan getest worden met een spreidingsdiagram waarbij de variantie van de onafhankelijke variabele wordt weergegeven. Ten derde moet er sprake zijn van lineariteit: het verband moet lineair zijn. Dit kan aangetoond worden in een spreidingsdiagram waarbij de residuen willekeurig worden weergegeven. Als laatste dient er sprake te zijn van normaliteit: er is een normale verdeling van de residuen. De normaliteit kan worden bewezen met behulp van een histogram.

Uit figuur 2 blijkt dat de data redelijk normaal verdeeld zijn, aangezien het histogram te vergelijken is met het figuur van een normale verdeling. Daarnaast onderschrijft figuur 1, Appendix dit nog, omdat uit de normale p-p plot blijkt dat de datapunten zich langs de lijn begeven. Uit figuur 2, Appendix blijkt dat er sprake is van homoscedasticiteit en lineariteit, omdat er spreiding en verdeling rond de model fit line is. Daarnaast blijkt uit correlatiematrix in tabel 2, Appendix dat er sprake is van onafhankelijkheid van de data. De data voldoen dus aan de voorwaarden van een meervoudige lineaire regressie. Hieruit blijkt dat hypothese 2 getoetst kan worden, aangezien de steekproef geldig is.



Figuur 2: Histogram relatieve afwijking van de bouwkosten

3.3 t-test

Om de stelling uit de praktijk over een gebruikelijke afwijking te testen wordt gebruik gemaakt van een t-test. De t-test toetst of het gemiddelde van een steekproef statistisch significant afwijkt van het gemiddelde van de populatie. Aangezien de maximale afwijking van 3% als gebruikelijk geldt, is er in de t-test voor gekozen dit percentage aan te houden als gemiddelde van de populatie, waarna met de data van het bedrijf kan worden getest of bij het bedrijf een afwijking tot 3% domineert binnen de populatie.

Hypothese 1, dat een maximale afwijking van 3% kan worden gezien als een gebruikelijke afwijking, wordt getest op basis van de volgende statistiek:

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

waarbij:

T = waarde voor de t-statistiek

\bar{x} = het gemiddelde van de populatie

μ = de waarde van de hypothese voor het gemiddelde

σ = de standaarddeviatie van de populatie

n = het aantal observaties

3.4 Chow-test

Om een uitspraak te kunnen doen over de relatie tussen gunningsvormen en onder- en overschrijdingen van bouwkosten bij projecten die volgens verschillende gunningsvormen zijn geacquireerd is een Chow-test vereist. Daarnaast is de Chow-test noodzakelijk om de relatie aan te tonen tussen de aanbodstrategie (manier van bouwen) en onder- en overschrijding van bouwkosten bij projecten die op verschillende manieren zijn gebouwd. Om de Chow-test te kunnen gebruiken moet de dataset eerst in twee of meerdere groepen worden verdeeld. Voor de verschillende gunningsvormen is de dataset gesplitst op basis van het feit of het een project uit aanbesteding, bouwteam of projectontwikkeling betreft. Voor de manier van bouwen is de dataset gesplitst op basis van het feit of het een project betreft dat traditioneel of conceptueel is gebouwd.

Met de Chow-test kunnen hypothese 3 en 4 uit paragraaf 2.4 worden getest op basis van de volgende statistiek:

$$F = \frac{[R \text{ Residu } SS - U \text{ Residu } SS / (2k - k)]}{[U \text{ Residu } SS / (n - 2k)]}$$

waarbij:

F = de waarde voor de F-statistiek

$R \text{ Residu } SS$ = de som van de gekwadrateerde residuen van het gerespecteerde model

$U \text{ Residu } SS$ = de gezamenlijke som van de gekwadrateerde residuen van de ongerestricteerde modellen

k = aantal variabelen in de regressievergelijking

n = het aantal observaties

Tabel 1: Beschrijvende statistiek (N=87)

Variabele	Gemiddelde	Standaarddeviatie	Minimum	Maximum
Procentueel verschil	2.31	8.74	-18.61	38.00
Aanbodstrategie				
<i>Conceptueel</i>	0.76	-	0	1
<i>Traditioneel</i>	0.24	-	0	1
Gunningsvorm				
<i>Aanbesteding</i>	0.22	-	0	1
<i>Bouwteam</i>	0.29	-	0	1
<i>Projectontwikkeling</i>	0.49	-	0	1
Locatie				
<i>Inwoners per km²</i>	0.58	-	0	1
Complexiteit				
<i>Planning</i>	0.23	-	0	1
<i>Logistiek</i>	0.39	-	0	1
<i>Belang</i>	0.25	-	0	1
<i>Hoeveelheid</i>	0.18	-	0	1
<i>Houding</i>	0.31	-	0	1
<i>Kennis</i>	0.25	-	0	1
Procesverloop				
<i>Doelstelling</i>	0.14	-	0	1
<i>Reële planning</i>	0.06	-	0	1
<i>Kwaliteit</i>	0.02	-	0	1
<i>Resultaat</i>	0.29	-	0	1
<i>Werkplezier</i>	0.06	-	0	1
<i>Klanttevredenheid</i>	0.03	-	0	1
<i>Communicatie</i>	0.06	-	0	1
<i>Nakomen</i>	0.10	-	0	1
Vertraging (ja=1)				
<i>Omgeving</i>	0.21	-	0	1
<i>Weer</i>	0.30	-	0	1
<i>Capaciteit anderen</i>	0.27	-	0	1
<i>Capaciteit Nijhuis</i>	0.03	-	0	1
Aanpassingen (ja=1)				
<i>Ontwerpaanpassingen</i>	0.10	-	0	1
<i>Kwaliteit aanpassingen</i>	0.13	-	0	1
<i>Omstandigheden</i>	0.23	-	0	1

Notitie: In deze tabel zijn alle variabelen opgenomen die worden gebruikt in het model. De afhankelijke variabele is de relatieve over- of onderschrijding van de gebudgetteerde bouwkosten. De rest van de variabelen zijn dummy-variabelen. Voor de variabelen onder aanbodstrategie, gunningsvorm en locatie wordt weergegeven hoeveel procent van de 87 projecten die aanbodstrategie, gunningsvorm of locatie hebben. Voor de variabelen onder complexiteit duidt een waarde dicht bij 1 op ingewikkelder. Voor de variabelen onder procesverloop duidt een waarde dicht bij 1 op een slechter procesverloop. Voor de variabelen onder vertraging en aanpassingen duidt een waarde dicht bij 1 op meer projecten waarbij een vertraging of aanpassing is opgetreden.

Tabel 2: Aantal onder- en overschrijdingen per kostenpost (N=87)

	Arbeid	Materiaal	Materieel	Onderaanneming	Overig
Gebruikelijke afwijking 3%					
<i>Aantal niet gebruikelijke onder- en overschrijdingen</i>	80	51	83	50	81
<i>Aantal niet gebruikelijke overschrijdingen</i>	54	17	45	13	30
<i>Aantal niet gebruikelijke onderschrijdingen</i>	26	34	38	37	51
Gebruikelijke afwijking 5%					
<i>Aantal niet gebruikelijke onder- en overschrijdingen</i>	75	30	79	31	79
<i>Aantal niet gebruikelijke overschrijdingen</i>	51	10	42	7	28
<i>Aantal niet gebruikelijke onderschrijdingen</i>	24	20	37	24	51
Gebruikelijke afwijking 10%					
<i>Aantal niet gebruikelijke onder- en overschrijdingen</i>	64	9	65	7	65
<i>Aantal niet gebruikelijke overschrijdingen</i>	44	5	36	1	21
<i>Aantal niet gebruikelijke onderschrijdingen</i>	20	4	29	6	44
Gebruikelijke afwijking 20%					
<i>Aantal niet gebruikelijke onder- en overschrijdingen</i>	38	2	56	1	46
<i>Aantal niet gebruikelijke overschrijdingen</i>	26	1	32	0	14
<i>Aantal niet gebruikelijke onderschrijdingen</i>	12	1	24	1	32

Notitie: Deze tabel geeft het totaal aantal onder- en overschrijvingen wanneer een 'gebruikelijke afwijking' van 3%, 5%, 10% of 20% wordt verondersteld. Daarnaast worden het aantal overschrijvingen en het aantal onderschrijvingen weergegeven. Het totaal aantal observaties is 87.

3.5 Beschrijvende statistieken

In tabel 1 (zie pagina 21) worden de verschillende variabelen voor het onderzoek beschreven. De tabel geeft voor elke variabele het gemiddelde, de standaarddeviatie, het minimum en het maximum aan. Het procentueel verschil, het relatieve verschil tussen de gebudgetteerde en werkelijke kosten, is de afhankelijke variabele in het model en neemt waarden aan van -18,61% tot 38,00%. De variabelen genoemd onder aanbodstrategie en gunningsvorm zijn modererende variabelen in het model. Deze nemen een waarde aan van 0 of 1 en de weergegeven waarden laten het percentage ten opzichte van het geheel zien. Dezelfde indeling is gebruikt voor het aantal inwoners per vierkante kilometer onder locatie.

De variabelen onder complexiteit, procesverloop, vertraging en aanpassingen zijn verkregen door middel van een enquête en eerdergenoemde modificaties in hoofdstuk 3.1, Data. Deze variabelen zijn omgezet naar dummy-variabelen zodat de waarde 0 of 1 is. Voor de variabelen onder complexiteit betekent een waarde dicht bij 1 dat een groter aantal respondenten vindt

dat de desbetreffende variabele het project ingewikkeld heeft gemaakt. Voor de variabelen onder procesverloop wordt een waarde dicht bij 0 geassocieerd met een groter aantal respondenten die stellen dat het procesverloop op het punt van de desbetreffende variabele slecht is verlopen. Voor de variabelen onder vertraging en aanpassingen betekent een waarde dicht bij 0 dat een groter aantal respondenten stelt dat er van vertragingen of aanpassingen geen sprake is geweest tijdens het project.

Tabel 2 (zie pagina 22) geeft het aantal onder- en overschrijdingen weer voor de vijf kostenposten, namelijk arbeid, materiaal, materieel, onderaanneming en overig. Zoals eerder vermeld, is in een gesprek met het hoofd calculatie bij het bouwbedrijf vastgesteld dat een afwijking van 0-3% ten opzichte van de laatste begroting als gebruikelijk kan worden beschouwd. Dit wordt in de literatuur niet onderschreven. Evenmin wordt er in de academische literatuur gerept over het aandeel onder- dan wel overschrijdingen. In de tabel wordt het aantal onder- en overschrijdingen weergegeven voor verschillende percentages als ‘gebruikelijke afwijking’. Hiervoor zijn de percentages 3%, 5%, 10% en 20% gekozen. In de rijen staat voor de verschillende afwijkingspercentages eerst het totaal van het aantal onder- en overschrijdingen, waarna de aantallen overschrijdingen en onderschrijdingen apart worden vermeld.

Uit tabel 2 (zie pagina 22) kan worden geconcludeerd dat voor de kostenposten arbeid, materieel en overig meer onder- en overschrijdingen worden gerealiseerd in vergelijking met materiaal en onderaanneming. Naarmate het percentage voor de ‘gebruikelijke afwijking’ stijgt wordt dit verschil groter. Een verklaring hiervoor is dat de producten en diensten die onder posten arbeid, materieel en overig vallen, in tegenstelling tot materiaal en onderaanneming, niet worden ingekocht. Hieruit blijkt dat de kosten van ingekochte goederen en diensten beter kunnen worden gecalculeerd dan kosten die voortvloeien uit de inzet van het bedrijf zelf. Daarnaast blijkt dat er bij de niet ‘gebruikelijke afwijking’ voor de ingekochte goederen en diensten vaker sprake is van een onderschrijding dan een overschrijding en dus dat er een vaker een positief dan een negatief resultaat op wordt behaald. Voor de kosten arbeid, materiaal en overig is er daarentegen vaker sprake van een overschrijding dan een onderschrijding.

In de tabellen 5 tot en met 8, Appendix, wordt een overzicht gegeven van het aantal onder- en overschrijdingen voor de 37 gedetailleerdere kostenposten. Ook hierbij zijn verschillende percentages (3%, 5%, 10% en 20%) gekozen als ‘gebruikelijke afwijking’ ten opzichte van het gebudgetteerde. In de rijen staan voor de verschillende afwijkingspercentages eerst het totaal van het aantal onder- en overschrijdingen, waarna de aantallen over- en onderschrijdingen apart worden weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat kosten, voor bijvoorbeeld sloopwerk en calculatie, relatief vaak goed worden gecalculeerd en dat kosten voor het inrichten van de bouwplaats, kilometervergoeding en reistijd en werkvoorbereiding/planning nagenoeg altijd verkeerd in worden geschat.

4. Resultaten

Dit hoofdstuk bespreekt de resultaten van de t-test, de regressie en de Chow-test. Voor het onderzoek zijn acht modellen opgesteld om de verschillende effecten van de onafhankelijke variabelen te testen. Het eerste model (model A) betreft het totale model waarbij alle variabelen van interesse zijn opgenomen. Model B en model F zijn ‘pooled modellen’ om respectievelijk de effecten van gunningsvormen en aanbodstrategieën met de Chow-test te kunnen onderzoeken. Model C, D en E zijn modellen met een restrictie voor de gunningsvorm en model G en H zijn modellen met een restrictie voor de aanbodstrategie. In alle modellen is de afhankelijke variabele de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten,⁹ waardoor de coëfficiënten als procentpunt invloed moeten worden gelezen. De variabelen complexiteit, procesverloop1, procesverloop2¹⁰, vertraging en aanpassingen zijn verkregen door middel van een principale componentenanalyse. Het gevolg hiervan is dat de waarden van de coëfficiënten niet voor interpretatie vatbaar zijn, maar dat er alleen ingegaan kan worden op het negatieve dan wel positieve effect dat de variabele heeft op de relatieve over- dan wel onderschrijding van de gebudgetteerde bouwkosten van het project en of deze invloed significant is.

4.1 T-test resultaten

De t-test is uitgevoerd op basis van de absolute waarden van de relatieve afwijkingen per project om te testen of de afwijking van maximaal drie procent kan worden gezien als een gebruikelijke afwijking, ongeacht of die positief of negatief is.

Tabel 3: Beschrijvende statistiek voor de relatieve afwijking met absolute waarden

Variabele	Gemiddelde	Standaardfout	Standaarddeviatie	# Observaties
Relatieve afwijking (absolute waarde)	7.270	0.571	5.324	87

Notitie: Alle relatieve afwijkingen zijn omgevormd tot absolute waarden waardoor een negatieve afwijking positief wordt

H0: De maximale afwijking van drie procent ten opzichte van de gebudgetteerde kosten is een gebruikelijke afwijking

H1: De gebruikelijke afwijking ten opzichte van de gebudgetteerde kosten is groter dan drie procent

Op basis van het resultaat van de t-test¹¹ kan de nulhypothese worden verworpen en kan worden geconcludeerd dat een gebruikelijke afwijking bij de onderzochte steekproef groter is dan drie procent van de gebudgetteerde kosten.

⁹

$$\left(\frac{\text{gebudgetteerde kosten} - \text{gerealiseerde kosten}}{\text{gebudgetteerde kosten}} \right)$$

¹⁰ Zie voor de uitleg bij procesverloop1 en procesverloop 2 de uitleg op pagina 18

¹¹

$$T = \frac{7.27 - 3}{5.32/\sqrt{87}} = 7.48$$

Tabel 4: Modeluitkomsten voor het totale model

Variabele	Model A		
	β	S.D.	p-waarde
Aanbodstrategie			
<i>Traditioneel</i>	-2.476	1.508	0.105
<i>Conceptueel</i>	-	-	-
Gunningsvorm			
<i>Aanbesteding</i>	-5.603***	1.671	0.001
<i>Bouwteam</i>	1.128	1.566	0.473
<i>Projectontwikkeling</i>	-	-	-
Locatie			
<i>Inwoners per km2</i>	2.585**	1.299	0.050
Complexiteit			
<i>Complexiteit</i>	-0.145	0.347	0.677
Procesverloop			
<i>Procesverloop 1</i>	-0.775**	0.338	0.025
<i>Procesverloop 2</i>	-2.186***	0.648	0.001
Vertraging			
<i>Vertraging (ja=1)</i>	-0.919	0.625	0.145
Aanpassingen			
<i>Aanpassingen (ja=1)</i>	-0.802	0.621	0.200
Constante	2.104*	1.136	0.068
<i>N</i>	86		
<i>R-square</i>	0.475		
<i>Adjusted R-square</i>	0.413		

Notitie:

- Afhankelijke variabele is de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten
- Referentiegroepen zijn aangeduid met – (conceptueel en projectontwikkeling)
- De coëfficiënten zijn aangeduid met β , de standaardfouten met S.D. en de p-waardes met p-waarde
- *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Tabel 5: Modeluitkomsten voor het pooled model en met restricties voor de gunningsvorm

Variabele	Model B			Model C aanbesteding			Model D bouwteam			Model E projectontwikkeling		
	β	S.D.	p-waarde	β	S.D.	p-waarde	β	S.D.	p-waarde	β	S.D.	p-waarde
Aanbodstrategie												
<i>Traditioneel</i>	-2.422	1.587	0.131	-1.454	4.660	0.761	-7.757*	4.272	0.088	-0.826	1.453	0.573
<i>Conceptueel</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locatie												
<i>Inwoners per km²</i>	2.887**	1.394	0.042	-5.774	3.896	0.166	8.525*	4.593	0.082	2.364**	1.149	0.047
Complexiteit												
<i>Complexiteit</i>	0.213	0.371	0.567	1.636	0.925	0.105	1.076	0.956	0.277	-0.359	0.336	0.293
Procesverloop												
<i>Procesverloop 1</i>	-0.658*	0.344	0.059	53.740**	22.907	0.039	-0.830	0.562	0.159	0.801	1.092	0.468
<i>Procesverloop 2</i>	-3.010***	0.655	0.000	-17.182**	7.072	0.033	-1.656	1.295	0.219	-5.394***	1.483	0.001
Vertraging												
<i>Vertraging 1</i>	-0.696	0.655	0.291	-7.112**	2.800	0.027	-3.876*	1.997	0.070	0.849	0.681	0.221
Aanpassingen												
<i>Aanpassingen</i>	-0.835	0.668	0.215	-1.346	1.226	0.296	0.154	1.779	0.932	-1.478**	0.635	0.026
Constante	0.967	1.075	0.371	26.554**	11.386	0.040	0.804	3.225	0.806	1.273	0.963	0.195
<i>N</i>	86			19			24			43		
<i>R-square</i>	0.376			0.709			0.402			0.620		
<i>Adjusted R-square</i>	0.320			0.524			0.141			0.544		

Notitie:

- a. Afhankelijke variabele is de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten
b. Referentiegroepen zijn aangeduid met – (conceptueel en projectontwikkeling)
c. De coëfficiënten zijn aangeduid met β , de standaardfouten met S.D. en de p-waardes met p-waarde
d. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Tabel 6: Modeluitkomsten voor het pooled model en met restricties voor de aanbodstrategie

Variabele	Model F			Model G traditioneel			Model H conceptueel		
	β	S.D.	p-waarde	β	S.D.	p-waarde	β	S.D.	p-waarde
Gunningsvorm									
<i>Aanbesteding</i>	-5.849***	1.683	0.001	-2.652	5.654	0.648	-3.876**	1.898	0.046
<i>Bouwteam</i>	0.595	1.548	0.702	-2.938	5.127	0.578	1.752	1.740	0.318
<i>Projectontwikkeling</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Locatie									
<i>Inwoners per km2</i>	2.561*	1.313	0.055	8.425	5.079	0.125	1.652	1.367	0.232
Complexiteit									
<i>Complexiteit</i>	-0.071	0.348	0.839	0.816	0.820	0.341	-0.320	0.416	0.446
Procesverloop									
<i>Procesverloop 1</i>	-0.664*	0.335	0.051	0.029	2.722	0.992	-0.746**	0.350	0.038
<i>Procesverloop 2</i>	-2.228***	0.655	0.001	-2.658	3.459	0.458	-2.165***	0.716	0.004
Vertraging									
<i>Vertraging 1</i>	-1.055*	0.626	0.096	-2.956	2.003	0.168	-0.094	0.717	0.896
Aanpassingen									
<i>Aanpassingen</i>	-0.961	0.620	0.126	-0.286	1.417	0.844	-0.816	0.758	0.287
Constante									
	1.705	1.122	0.133	-2.832	3.961	0.490	2.213*	1.141	0.057
<i>N</i>	86			20			66		
<i>R-square</i>	0.457			0.648			0.398		
<i>Adjusted R-square</i>	0.400			0.392			0.314		

Notitie:

- a. Afhankelijke variabele is de relatieve afwijking van gebudgetteerde bouwkosten
b. Referentiegroepen zijn aangeduid met – (conceptueel en projectontwikkeling)
c. De coëfficiënten zijn aangeduid met β , de standaardfouten met S.D. en de p-waarden met p-waarde
d. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

4.2 Regressieresultaten

Tabel 4 (pagina 25) geeft de regressieresultaten voor het totale model weer. Het totale model bestaat uit 86 observaties en de onafhankelijke variabelen verklaren 47.5% van de variantie in de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten. Uit de resultaten blijkt dat er sprake is van vier variabelen die een significante invloed hebben op de afhankelijke variabele, namelijk de gunningsvorm aanbesteding, het aantal inwoners per vierkante kilometer in de buurt waar het project is gelegen en de twee variabelen procesverloop. De significante negatieve coëfficiënt voor aanbesteding kan worden geïnterpreteerd als een relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten die 5.603 procentpunt lager is ten opzichte van projectontwikkeling. De significante positieve coëfficiënt voor het aantal inwoners per vierkante kilometer betekent dat de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten 2.585 procentpunt hoger ligt voor projecten in zeer stedelijke gebieden ten opzichte van minder stedelijke gebieden. Daarnaast kunnen de negatieve coëfficiënten voor procesverloop1 en procesverloop2 worden geïnterpreteerd als een kleinere overschrijding of een grotere overschrijding als het procesverloop door werknemers wordt gewaardeerd als slecht of zeer slecht ten opzichte van wanneer werknemers het procesverloop waarderen als zeer goed, goed of neutraal. Verder kan worden geconcludeerd dat er geen significante invloed bestaat van de aanbodstrategie, de complexiteit van het werk, het optreden van vertragingen of aanpassingen tijdens het proces op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

In tabel 5 (pagina 26) staan de regressieresultaten voor de modellen B, C, D en E. In deze tabel is model B het pooled model en zijn de modellen C, D en E de modellen met een restrictie. In deze modellen wordt getest wat de verschillende invloeden van de onafhankelijke variabelen op de relatieve afwijking van de bouwkosten zijn voor projecten met drie verschillende gunningsvormen, namelijk aanbesteding, bouwteam en projectontwikkeling. Het pooled model bestaat uit 86 observaties en verklaart 37.6% van de variantie van de afhankelijke variabele. Dit is een daling van de verklaarde variantie van circa 10 procentpunt ten opzichte van model A in tabel 4. In de resultaten voor het pooled model kan worden gezien dat er positieve significante invloed is voor het aantal inwoners per vierkante kilometer in de buurt waar het project is gelegen en een negatieve significante invloed wordt gevonden voor de variabelen procesverloop1 en procesverloop2. Wanneer echter de coëfficiënten van de verschillende gerespecteerde modellen worden vergeleken, blijken er verschillen te zijn. Voor het gerespecteerde model voor de gunningsvorm bouwteam blijkt dat traditionele bouwprojecten een significant lagere relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten laten zien ten opzichte van conceptuele bouwprojecten. Daarnaast blijkt uit de resultaten van het model met de restrictie voor projectontwikkeling een significante positieve invloed van 2.364 bij een project in een zeer stedelijk gebied ten opzichte van projecten in minder stedelijke gebieden. Dit kan worden geïnterpreteerd als een relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten die 2.364 procentpunt hoger ligt voor projecten gelegen in zeer stedelijke gebieden dan voor projecten in minder stedelijke gebieden. Voor de projecten met de gunningsvorm bouwteam is het effect ook significant positief en voor projecten met de gunningsvorm aanbesteding is het effect niet significant. Verder laat de coëfficiënt voor complexiteit in geen van de drie modellen een significante invloed zien. Voor de variabele procesverloop1 is er in het gerespecteerde model voor aanbesteding een significant positief effect. In vergelijking met de niet-significante resultaten voor de modellen met bouwteam en projectontwikkeling is dit een verschil. De waarden voor procesverloop2 zijn voor alle vier de modellen negatief, maar alleen niet significant voor de bouwteamprojecten. Daarnaast kan het negatieve effect van vertraging voor de aanbestedings- en bouwteamprojecten worden opgemerkt ten opzichte van niet-significante effecten voor projectontwikkelingsprojecten. Als laatste is er het significante negatieve effect van aanpassingen voor projectontwikkeling. Voor aanbesteding is de waarde negatief en voor bouwteam positief, maar beide waarden zijn niet significant.

De regressieresultaten voor de modellen F, G en H staan in tabel 6 (pagina 27) weergegeven. In deze tabel is model F het pooled model en zijn de modellen G en H de geres tricteerde modellen voor de aanbodstrategieën traditionele bouw en conceptuele bouw. Met behulp van deze tabel kunnen de verschillende coëfficiënten van de onafhankelijke variabelen voor de traditionele en de conceptuele bouwmethode worden vergeleken. Het pooled model bestaat uit 86 observaties en verklaart 45.7% van de variantie van de afhankelijke variabele. Dit is slechts een daling van 1.8 procentpunt ten opzichte van model A in tabel 4. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de verschillende aanbodstrategieën de variantie van de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten nauwelijks verklaren. Uit deze tabel blijkt dat er voor het pooled model sprake is van een significant negatief effect van -5.849 wanneer er sprake is van aanbesteding ten opzichte van projectontwikkeling, dus de relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten is 5.849 procentpunt lager wanneer er sprake is van aanbesteding ten opzichte van projectontwikkeling. Daarnaast is er in het pooled model sprake van significante negatieve effecten voor de variabelen het aantal inwoners per vierkante kilometer in de buurt waar het project is gelegen, procesverloop1, procesverloop2 en vertraging. Bij de traditionele bouwprojecten is geen sprake van een significant verschil voor aanbesteding ten opzichte van projectontwikkeling, maar voor de conceptuele bouwprojecten wordt wel een significant negatief effect vastgesteld. Verder blijkt dat er bij de variabelen procesverloop1 en procesverloop2 geen significant effect is voor de traditionele bouwmethode, in tegenstelling tot het significante negatieve effect voor conceptuele projecten. Als laatste zijn er geen significante resultaten gevonden voor de variabelen vertraging en aanpassingen voor zowel de traditionele als de conceptuele bouwmethoden.

4.3 Interpretatie regressieresultaten

Uit de regressieresultaten voor het totale model in hoofdstuk 4.1 blijkt dat de invloed op de afwijking van de bouwkosten van een traditioneel bouwproject ten opzichte van een conceptueel bouwproject niet significant verschillend is. Er is wel een duidelijke negatieve significante invloed van 5.603 van de gunningsvorm aanbesteding ten opzichte van projectontwikkeling, wat geïnterpreteerd kan worden als een lagere relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten van 5.603 procentpunt voor aanbestedingsprojecten ten opzichte van projectontwikkeling. Voor bouwteam ten opzichte van projectontwikkeling is er geen significant verschil. Bubbait & Al-Juwairah (2002) beweren in hun onderzoek dat de geografische locatie van een project kan worden aangedragen als oorzaak voor kostenoverschrijdingen. Uit de statistische analyse in dit onderzoek blijkt dat de invloed van zeer stedelijke gebieden ten opzichte van minder stedelijke gebieden significant is. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de bevolkingsdichtheid op de locatie van het project, als proxy voor de logistieke problemen die de locatie met zich mee kan brengen, een van de locatiegebonden variabelen is die kostenover- of onderschrijdingen kunnen verklaren. Cunningham (2017) stelt in zijn onderzoek dat diverse variabelen die het werk complexer maken als belangrijke oorzaken voor kostenoverschrijdingen kunnen worden gezien. De statistische analyse in dit onderzoek resulteert echter in een niet-significant effect voor complexiteit wat in strijd is met eerdere bevindingen van Cunningham (2017). Uit eerdere onderzoeken blijkt dat naarmate het procesverloop slechter is er meer kostenoverschrijdingen ontstaan (Vaardine et al. 2016). Deze bevinding wordt ondersteund door de uitkomst van dit onderzoek, omdat voor beide procesverloopvariabelen een significante negatieve invloed wordt gevonden. Volgens Lee (2008) hebben ook vertragingen met diverse oorzaken tijdens het bouwproces invloed op de kostenstijgingen. In het model is de invloed van de vertraging wel negatief, maar niet significant bij een significantieniveau van 10%. Daardoor kan niet worden gesteld dat dit onderzoek de bevinding van Lee (2008) met betrekking tot vertraging ondersteunt. Gibb & Isack (2001) stellen verder nog dat aanpassingen gedurende het proces verantwoordelijk zijn voor kostenstijgingen. Uit de analyse blijkt geen significante invloed van aanpassingen op de relatieve afwijking van de bouwkosten, waardoor de resultaten niet in lijn

zijn met de bevindingen van Gibb & Isack (2001). Op basis van deze resultaten kan hypothese 2 worden getest.

H0: De variabelen stedelijke dichtheid, complexiteit, procesverloop, aanpassingen en vertraging hebben geen invloed op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

H1: De variabelen stedelijke dichtheid, complexiteit, procesverloop, aanpassingen en vertraging hebben invloed op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

Uit bovenstaande analyse blijkt dat de variabelen stedelijke dichtheid en procesverloop een significante invloed hebben op de relatieve afwijking van de bouwkosten. Hierdoor kan de nulhypothese worden verworpen en kan worden geconcludeerd dat het procesverloop en de stedelijke dichtheid als enige variabelen wel een significante invloed hebben op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

In eerdere literatuur is, bij mijn weten, geen onderzoek aangetroffen naar hoe variabelen de relatieve afwijking van de bouwkosten voor diverse gunningsvormen verschillend beïnvloeden. Door middel van een analyse met lineaire regressie is het mogelijk om de coëfficiënten van de onafhankelijke variabelen in de verschillende gerespecteerde modellen te vergelijken. De resultaten worden echter in de regressie beïnvloed door het geringe aantal observaties per gunningsvorm. Desalniettemin worden de resultaten hierna uiteengezet. Uit de resultaten van de regressie blijkt dat er voor projectontwikkelings- en bouwteamprojecten een significante positieve invloed is van zeer stedelijke gebieden ten opzichte van minder stedelijke gebieden. Dit is niet het geval voor aanbestedingsprojecten. Hieruit valt te concluderen dat er voor zowel bouwteam als projectontwikkelingsprojecten een significant verschil is tussen minder stedelijke en zeer stedelijke gebieden. Daarnaast blijkt dat de complexiteit geen invloed heeft voor alle drie de gunningsvormen. Dit is een opmerkelijke bevinding, aangezien men op basis van literatuur van Cunningham (2008) zou verwachten dat de complexiteit wel degelijk van invloed is. Dit resulteert in de conclusie dat de afwijking van de bouwkosten niet beïnvloed wordt door de mate van complexiteit van het project. Wat betreft het procesverloop heeft de variabele procesverloop1 een significante positieve invloed op de projecten met de gunningsvorm aanbesteding. Deze positieve invloed is niet in lijn met eerdere literatuur, aangezien Vaardine et al. (2016) stellen dat naarmate het procesverloop slechter wordt gewaardeerd de kosten stijgen. Voor de gunningsvormen bouwteam en projectontwikkeling is er geen significante invloed voor de variabele procesverloop1 gevonden. De variabele procesverloop2 laat voor alle drie de gunningsvormen een negatieve invloed zien, maar voor bouwteamprojecten is deze invloed niet significant. Daarnaast kan de significante negatieve invloed van vertraging voor projecten op basis van aanbesteding en bouwteam worden opgemerkt. Deze bevinding is in lijn met eerdere literatuur van Lee (2008). Voor de projecten op basis van projectontwikkeling is geen sprake van een significante invloed door de variabele vertraging. Dit leidt tot de conclusie dat zowel aanbestedings- als bouwteamprojecten een significant effect ondervinden van vertraging en projectontwikkelingsprojecten niet. Als laatste ondervinden projecten met de gunningsvorm projectontwikkeling een significant negatief effect van aanpassingen gedurende het bouwproces. Dit is in lijn met bevindingen van Gibb & Isack (2001). Daarentegen is er geen significant effect voor de projecten op basis van aanbesteding en bouwteam, dus deze projecten ondervinden geen significante gevolgen van aanpassingen gedurende het project.

In de literatuur is, bij mijn weten, geen onderzoek aangetroffen naar de wijze waarop variabelen bij de verschillende aanbodstrategieën de relatieve afwijking van de bouwkosten beïnvloeden. De analyse met een lineaire regressie maakt het mogelijk om de coëfficiënten van de onafhankelijke variabelen voor de verschillende gerespecteerde modellen te vergelijken. De resultaten worden in deze modellen beïnvloed door het geringe aantal observaties per aanbodstrategie.

Toch is ervoor gekozen om in het onderzoek de resultaten van de regressies te interpreteren. Uit de resultaten blijkt dat er sprake is van een significante invloed van -3.876 voor aanbesteding ten opzichte van projectontwikkeling voor de conceptuele bouwprojecten. Dit kan worden geïnterpreteerd als een lagere relatieve afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten van 3.876 procentpunt voor aanbesteding ten opzichte van projectontwikkeling bij conceptuele bouwprojecten. Voor traditionele bouwprojecten wordt een negatief effect verondersteld, maar deze waarde is niet significant. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de conceptuele projecten negatief worden beïnvloed wanneer sprake is van aanbesteding ten opzichte van projectontwikkeling terwijl dit voor de traditionele projecten niet van significante invloed is. Daarnaast is er een significante negatieve invloed voor procesverloop1 en procesverloop2 van projecten op conceptuele basis. Voor traditionele projecten is de invloed van deze variabelen niet significant, waardoor kan worden geconcludeerd dat alleen conceptuele projecten een significant effect ondervinden wanneer het procesverloop als slecht wordt gewaardeerd. Voor de variabelen vertraging en aanpassingen worden bij zowel de traditionele als de conceptuele projecten geen significante invloeden gevonden. Hierdoor kan worden gesteld dat de afwijking van de gebudgetteerde bouwkosten bij projecten op basis van beide aanbodstrategieën niet significant wordt beïnvloed door aanpassingen en vertragingen tijdens het proces.

4.4 Chow-testresultaten

Uit de resultaten blijkt dat er een significante negatieve invloed bestaat van aanbestedingsprojecten ten opzichte van projectontwikkelingsprojecten. Daarnaast wordt een positief effect van de gunningsvorm bouwteam ten opzichte van projectontwikkeling verondersteld bij de resultaten, maar dit effect is niet significant. Het verschil tussen aanbesteding en projectontwikkeling ligt in lijn der verwachting, aangezien inschrijvingen voor aanbestedingen worden beoordeeld op basis van de beste kwaliteit-prijsverhouding. Om de selectie te winnen moeten bouwbedrijven of een betere kwaliteit bieden voor dezelfde prijs, of dezelfde kwaliteit bieden voor een lagere prijs. Dit leidt vaak tot een calculatie van bouwkosten die lager is dan een berekening voor hetzelfde project op basis van projectontwikkeling. Op basis van de Chow-test uit paragraaf 3.3 kan worden getest of er een structureel verschil is tussen de invloeden van de verschillende gunningsvormen op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

Tabel 7: Sum of squares voor model B, C, D en E

Sum of squares	Model B	Model C	Model D	Model E
Residu	2727.794	377.504	848.033	1030.134

Notitie: Model B is het pooled model, model C het model met de restrictie voor aanbesteding, model D het model met de restrictie voor bouwteam en model E het model met de restrictie voor projectontwikkeling.

H0: Er is geen structureel verschil tussen de invloed van verschillende gunningsvormen op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

H1: Er is een structureel verschil tussen de invloed van verschillende gunningsvormen op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

Op basis van de Chow-test¹² kan de nulhypothese worden verworpen en kan geconcludeerd worden dat er een structureel verschil is tussen de invloed van verschillende gunningsvormen op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

¹²

$$F_{\sim(14,65)} = \frac{\left[4076.299 - \frac{377.504 + 848.033 + 1030.134}{21 - 7} \right]}{\left[\frac{3377.504 + 848.033 + 1030.134}{86 - 21} \right]} = 3.747$$

Verder blijkt uit de resultaten geen significant verschil tussen de aanbodstrategieën. In de literatuur is, bij mijn weten, geen onderzoek gedaan naar het verschil van invloed op de relatieve afwijking van bouwkosten tussen enerzijds traditionele en anderzijds conceptuele bouw. Wel blijkt dat traditionele bouw vaak gepaard gaat met eenmalige kosten voor bijvoorbeeld ontwikkeling en dat deze bij conceptuele bouw kunnen worden verspreid over meerdere projecten. Dit betekent echter niet dat dit invloed hoeft te hebben op de relatieve afwijking van de bouwkosten, omdat deze eenmalige kosten kunnen worden doorberekend aan de klant. Het is onduidelijk of er een structureel verschil in invloed van de aanbodstrategieën kan worden verwacht, alhoewel men zou verwachten dat bedrijven alleen een concept ontwikkelen als een positief resultaat wordt verwacht. Op basis van de Chow-test wordt gekeken of er een structureel verschil is in invloed van traditionele bouw op de relatieve afwijking van de bouwkosten in vergelijking met conceptuele bouw.

Tabel 8: Sum of squares voor de modellen F, G en H

Sum of squares	Model F	Model G	Model H
Residu	2375.099	619.226	1424.236

Notitie: Model F is het pooled model, model G is het model met de restrictie voor traditionele projecten en model H is het model met de restrictie voor conceptuele projecten.

H0: Er is geen structureel verschil tussen de invloed van verschillende aanbodstrategieën op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

H1: Er is een structureel verschil tussen de invloed van verschillende aanbodstrategieën op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

Op basis van de Chow-test¹³ kan de nulhypothese niet worden verworpen en is er geen bewijs voor een structureel verschil tussen de invloed van de twee aanbodstrategieën op de relatieve afwijking van de bouwkosten.

13

$$F \sim (8,70) = \frac{\left[2375.099 - \frac{619.226 + 1424.236}{16 - 8} \right]}{\left[\frac{619.226 + 1424.236}{86 - 16} \right]} = 1.420$$

5. Conclusie

5.1 Conclusie

In dit toetsende onderzoek is de invloed van diverse projectgerelateerde variabelen op kostenover- en onderschrijdingen tijdens het bouwproces onderzocht. De gebruikte data zijn afkomstig van een bouwbedrijf, uit een enquête en uit de database van het CBS. Het doel was antwoord te verkrijgen op de vraag of en in welke mate bepaalde variabelen de variantie in de relatieve afwijking van de bouwkosten kunnen verklaren. De hiermee gepaard gaande centrale onderzoeksvraag is:

Wat zijn de determinanten van kostenover- en onderschrijdingen tijdens het bouwproces?

Deze vraag is beantwoord aan de hand van de resultaten van een lineaire regressie. De bevindingen van deze regressie zijn dat de gunningsvorm aanbesteding ten opzichte van projectontwikkeling een significante negatieve invloed heeft op de relatieve afwijking van de bouwkosten en dat naarmate het procesverloop door werknemers slechter wordt gewaardeerd, dit een significant negatief effect heeft op de relatieve afwijking van de bouwkosten. Dit heeft tot gevolg dat er een lagere onderschrijding dan wel een hogere overschrijding optreedt. De significante positieve invloed van het gelegen zijn in een zeer stedelijk gebied is niet in lijn der verwachting, aangezien verwacht werd dat zeer stedelijke gebieden een negatieve invloed zouden hebben ten opzichte van minder stedelijke gebieden in plaats van positief. De bevinding dat een slechtere waardering van het procesverloop een negatief effect heeft is in lijn met eerdere literatuur van Vaardine et al. (2016). Het niet-significante resultaat voor de complexiteit van het project is in strijd met eerder onderzoek van Cunningham (2017). Verder is de niet-significante coëfficiënt voor vertraging gedurende het bouwproces strijdig met de bevindingen van Lee (2008). Als laatste is er geen significante invloed vastgesteld van aanpassingen gedurende het proces op de relatieve afwijking van de bouwkosten, hetgeen in strijd is met de resultaten van het onderzoek van Gibb & Isack (2001).

In het onderzoek is gebruik gemaakt van voorlopige hypothesen. Aan de hand van de resultaten van het onderzoek kunnen deze hypothesen worden geherformuleerd tot definitieve hypothesen.

Deze hypothesen zijn:

Hypothese 1: *De werkelijk gerealiseerde kosten vertonen een afwijking van gemiddeld 7.27% ten opzichte van de gebudgeteerde kosten.*

Hypothese 2: *Stedelijke dichtheid op de projectlocatie, de complexiteit van het project, de vertraging en aanpassingen tijdens het project hebben geen significante invloed op de relatieve afwijking van de bouwkosten van het project.*

Hypothese 3: *Er is een structureel verschil in effect van de onafhankelijke variabelen voor de gunningsvormen aanbesteding, bouwteam en projectontwikkeling op de relatieve afwijking van de bouwkosten.*

Hypothese 4: *Er is geen structureel verschil in effect van de onafhankelijke variabelen voor traditionele of conceptuele bouw op de relatieve afwijking van de bouwkosten.*

5.2 Discussie

In dit toetsende onderzoek is gebruik gemaakt van zowel objectieve data, aangeleverd door het bouwbedrijf, als subjectieve data, die verkregen zijn door middel van een enquête. Het bouwbedrijf heeft in de periode van 2013 tot en met 2017 in totaal 87 nieuwbouwprojecten opgeleverd. Van al deze projecten zijn de data ter beschikking gesteld, waardoor in dit onderzoek geen sprake is van een steekproef, maar van de hele populatie over deze periode. Het nadeel is dat het aantal observaties gelimiteerd is tot slechts 87 projecten.

De regressie voor het totale model wordt gedraaid voor negen variabelen waardoor er net niet is voldaan aan de vuistregel van minimaal tien observaties per variabele. Daarnaast is er een gemiddelde getrokken van de scores op de verschillende enquêtevragen, omdat per project meerdere enquêtes zijn ingevuld. Door het gemiddelde van Likertschalen te nemen verdwijnt er informatie. Daarnaast zijn de vijf Likertschalen nog onderverdeeld in twee groepen, namelijk goed en slecht. Dit heeft wederom informatieverlies tot gevolg, aangezien de nuance in de antwoorden hierdoor verdwijnt. Verder is ervoor gekozen om gebruik te maken van een principale componentenanalyse om zo het aantal variabelen in de regressie te reduceren. Door de componenten uit de analyse in de regressie te gebruiken wordt een deel van de variantie van de oorspronkelijke variabelen niet meegenomen wat wederom informatieverlies veroorzaakt. Tevens wordt de interpretatie bemoeilijkt door het gebruik van de componenten, aangezien de waarde van de coëfficiënt niet te interpreteren is. Deze modificaties in de data waren echter noodzakelijk om een statistische regressie met de beschikbare data te kunnen draaien.

Om de structurele verschillende invloeden voor de subgroepen te testen zijn de data in nog kleinere groepen verdeeld waardoor er bijvoorbeeld voor de gunningsvorm aanbesteding maar 19 observaties en voor de aanbodstrategie traditionele bouwmethode maar 21 observaties overblijven. Als gevolg hiervan is sprake van grote variatie in de data binnen de subgroepen. Hierdoor worden de coëfficiënten en de standaardfouten van de variabelen sterk beïnvloed en kunnen deze onjuiste waarden aannemen. In het onderzoek is er echter toch voor gekozen om de regressieresultaten weer te geven en te bespreken.

5.3 Aanbevelingen

Voor toekomstig onderzoek is het aan te raden om een dataset met meer observaties te gebruiken. Het is niet eenvoudig om een bedrijf te overtuigen van het nut van het onderzoek, maar wellicht kunnen de resultaten uit dit onderzoek helpen dat aan te tonen. Voor een grotere dataset die een niet te grote tijdsperiode beslaat is het aan te raden om data bij meerdere bedrijven op te vragen. Als er meer observaties zijn kunnen er ook meer variabelen in het onderzoek worden opgenomen zodat wellicht de verklaarde variantie stijgt. Met behulp van een grotere dataset wordt het mogelijk om de definitieve hypotheses, als in hoofdstuk 5.1 gesteld, statistisch te testen. Naast het verkrijgen van objectieve data over het project is het van belang om data met betrekking tot verschillende projectgerelateerde karakteristieken te verkrijgen door middel van bijvoorbeeld een enquête. Hierbij is het van belang goede vragen te bedenken waarvan de resultaten kunnen worden gebruikt in de statistische analyse zonder dat er veel modificaties met informatieverlies als gevolg nodig zijn. Daarnaast is het voor een vervolgonderzoek van belang om te onderzoeken of er voor verschillende soorten projecten anders wordt gecalculiseerd door de calculators. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat calculators bij een aanbestedingsproject nauwkeuriger calculeren dan bij projectontwikkelingsprojecten, aangezien bij aanbesteding de prijs van groot belang is om de selectie te winnen. Wanneer er een verschil blijkt in de manier van begroten bij verschillende soorten projecten dient hier een correctie voor opgenomen te worden.

Literatuurlijst

- Aerd Statistics, 2016. *Aerd Statistics*. [Online] Beschikbaar op: <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/principal-components-analysis-pca-using-spss-statistics.php> [Geopend 11 september 2018].
- Baarda, D. en Goede, M. de, (2007). *Basisboek enquêteren*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Boijens, B., (2008). *Bevorderen van de efficiëntie van bouwteams*. [Online] Beschikbaar op: <https://pure.tue.nl/ws/files/46927061/638902-1.pdf> [Geopend 21 juni 2018].
- Bolte, G., Huijbregts, P. en Kruyzen, H., (2004). *Innovatie in de bouw: De noodzaak van nieuwe strategieën*. Rotterdam: SBR.
- Boudewijn, E. en Broekhuizen, R., (2007). *Bouwen is teamwork, praktijkgids voor succesvol samenwerken in de bouw*. Gouda: Regieraad Bouw & PSI Bouw.
- Brockmann, C. en Kähkönen, K., (2012). Evaluating Construction Project Complexity. *Management of Construction: Research to Practice*, Volume 2, p. 716-727.
- Brooks, C. en Tsolacos, S., (2010). *Real Estate Modelling and Forecasting*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bubshait, A. en Al-Juwairah, Y., (2002). Factors contributing to construction costs in Saudi Arabia. *Cost Engineering*, 44(5), p. 30-34.
- Cantarelli, C. C., (2011). *Cost Overruns in Large-Scale Transport Infrastructure Projects*. [Online] Beschikbaar op: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A450bb0e8-4e54-4f8d-8a55-5dcc315dee9f> [Geopend op 28 augustus 2018]
- CBS, 2018. *Statline*. [Online] Beschikbaar op: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/navigatieScherm/thema?themaNr=52010> [Geopend 28 augustus 2018].
- Chan, A., Chan, A. en Scott, D., (2004). Factors Affecting the Success of a Construction Project. *Journal of Construction Engineering & Management*, 130(1), p. 153-155.
- Chan, A., Ho, D. en Tam, C., (2001). Design and build project success factors : multivariate analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(2), p. 93-100.
- Clahsen, A. (2017, 6 december). BAM en VolkerWessels lijden strop van €138 mln door zeesluis IJmuiden. *Financieel Dagblad*. [Online] Beschikbaar op: <https://fd.nl/beurs/1231009/bam-komt-met-winstwaarschuwing-na-melding-groot-verlies-op-bouwproject-zeesluis-ijmuiden> [Geopend op 21 juni 2018]
- CROW, (2007). *Gunnen op waarde: hoe doe je dat? praktische handreiking voor bouwopdrachten*. Ede: CROW.
- Cunningham, T., (2017). *What causes cost overruns on building projects? An overview*, Dublin: School of Surveying and Construction Management.
- Cuperus, Y., (2003). *Gewild wonen is gewild bouwen?: De lessen van Almere als handreiking voor consumentgericht bouwen*. Rotterdam: SBR.

- Doodeman, M. (2016, 22 december). Nieuwe kantoren 3 procent duurder. *Cobouw*. [Online] Beschikbaar op: <https://www.cobouw.nl/utiliteitsbouw/nieuws/2016/12/nieuwe-kantoren-3-procent-punt-duurder-10166028> [Geopend op 21 juni 2018]
- Dupraz, Y., (2013). *Using weights in Stata*. [Online] Beschikbaar op: [https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/dupraz-yannick/using-weights-in-stata\(1\).pdf](https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/dupraz-yannick/using-weights-in-stata(1).pdf) [Geopend 12 september 2018].
- Gibb, A. G. F. en Isack, F., (2001). Client Drivers for Construction Projects: Implications for Standardization. *Journal of Engineering Construction and Architectural Management*, 8(1), p. 46-58.
- Gologlu, C. en Mizrak, C., (2011). An integrated fuzzy logic approach to customer-oriented product design. *Journal of Engineering Design*, 22(2), p. 113-127.
- Hacquebord, J., (2003). *Consumentgericht bouwen: Strategie en praktijk*. Rotterdam: SBR.
- Horstman, A., (2005). *Een kwestie van organiseren!: Praktische maatregelen voor procesverbetering in de consumentgerichte woningbouw*. Rotterdam: SBR.
- Huijbregts, P., (2003). *De koper als bindend element: Integrerend samenwerken*. Rotterdam: SBR.
- Huijbregts, P., (2006). *Conceptueel bouwen: Denken in doelgroepen*. Rotterdam: SBR.
- Huijbregts, P., (2010). *Conceptueel bouwen: De weg naar een vraaggerichte innovatieve bouwsector*. Rotterdam: SBR.
- Iersel, C. van, (2005). *Overwegingen bij uitbestedingsstrategieën*. Amersfoort: DHV.
- Jackson, S., (2002). *Project cost overruns and risk management*. [Online] Beschikbaar op: <https://www.reading.ac.uk/web/files/innovativeconstructionresearchcentre/icrc-31-c-ProjectcostoverrunsandriskmanagementARCOM2002.pdf> [Geopend op 21 juni 2018]
- Jacobs, A. (2013, 19 december). 'Meeste schade door ontbreken stukken'. *Cobouw*. [Online] Beschikbaar op: <https://www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2013/12/meeste-schade-door-ontbreken-stukken-10167210> [Geopend op 21 juni 2018]
- Jamieson, S., (2004). Likert scales: how to (ab)use them. *Journal of Medical Education*, 38(12), p. 1217-1218.
- Josephson, P. E. en Hammarlund, Y., (1999). The causes and costs of defects in construction: A study of seven building projects. *Automation in Construction*, 8(6), p. 681-687.
- Kousemaecker, F. de, (1990). *Onroerend goed: leidraad voor studie en praktijk*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Lam, E., Chan, A. en Chan, D., (2008). Determinants of succesful Design-Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(5), p. 333-341.
- Lee, L., (2008). Cost Overrun and Cause in Korean Social Overhead Capital Projects: Roads, Rails, Airports, and Ports. *Journal of Urban Planning and Development*, 134(2), p. 59-62.
- Love, P. E., (2002). Influence of Property Type and Procurement Method on Rework Costs in Building Construction Projects. *Journal of Construction Engineering & Management*, 128(1), p. 18-29.

Molier, E., (1999). De organisatie van samenwerking in de bouw. *Symposium Toekomst voor het bouwteam*. Eindhoven: Bouwkundige studievereniging Cheops.

Morris, S., (1990). Cost and Time Overruns in Public Sector Projects. *Economic and Political Weekly*, 15(47), p. 154-168.

Nozeman, E. en Fokkema, J., (2013). *Handboek Projectontwikkeling*. Alphen a/d Rijn: Vakmedianet BouwCommunicaties.

Oosterwegel, M., (2015). *Succesfactoren in het tenderproject en P.v.A.* [Online] Beschikbaar op: <http://essay.utwente.nl/68351/1/Oosterwegel-Michel.pdf> [Geopend 21 juni 2018].

Pries, F., Bleeker, R. en Vermande, H., (2008). *Procesprotocol consumentgericht bouwen: Keuzevrijheid voor de consument*. Rotterdam: SBR.

Rajkumar, S., (2010). *Art of Communication in project management*. Washington, DC: Project Management Institutue.

Riddell, T., (2017). *Top 5 Causes for Construction Delays and How to Resolve Them*. [Online] Beschikbaar op: <https://esub.com/top-5-causes-for-construction-delays-and-how-to-resolve-them/> [Geopend 23 juli 2018].

Santiñà, M. en Pèrez, J., (2003). Health professionals' sex and attitudes of health science students to health claims. *Journal of Medical Education*, 37(6), p. 509-513.

SBR, (2006). *Haal het beste uit de bouw, een praktische handleiding voor bouwopdrachtgevers*. Rotterdam: SBR.

Spekkink, D., (2006). *Functioneel specificeren in de bouw: Stimulans voor innovatie en optimale oplossingen*. Rotterdam: SBR.

Steijn, B., (2008). Person-Environment Fit and Public Service Motivation. *International Public Management Journal*, 11(1), p. 13-27.

Thorpe, D. en Karan, E., (2008). *Method for calculating schedule delay considering weather conditions*. Cardiff: ARCOM.

Timmers, T. en Rangelrooij, A. van, (1999). Tussen hoop en wanhoop. *Symposium toekomst voor het bouwteam*. Eindhoven: Bouwkundige Studievereniging Cheops.

Vaardini, U. S., Karthiyayini, K. en Ezhilmathi, P., (2016). Study on cost overruns in construction projects -a review. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(3), p. 356-363.

Van Dale, 2018. *Van Dale*. [Online] Beschikbaar op: www.vandale.nl [Geopend 17 juli 2018].

Veen, B van der. en Keizer, M., (2005). *Projectpartnering in de bouw: Een kennismaking*. Rotterdam: SBR.

Velthuis, T., (2018.) Quote: "Een normale afwijking van de gebudgetteerde kosten is 0-3%".

Vermande, H. en Spalburg, M., (1998). *Risicomangement in de bouw: een verkenning*. Rotterdam: SBR.

Vidal, L. en Marle, F., (2008). Understanding project complexity: implications on project management. *Kybernetes*, 37(8), p. 1094-1110.

Wachs, M., (1987). Forecasts in urban transportation planning: uses, methods and dilemmas. *Climate Change*, Volume 11, p. 61-80.

Wachs, M., (1989). When Planners Lie with Numbers. *Journal of the American Planning Association*, 55(4), p. 476-479.

Wood, M., (2015). *Project Management*. [Online] Beschikbaar op: <https://www.projectmanagement.com/articles/289721/Measuring-the-Quality-of-the-Project-Management-Process> [Geopend 23 juli 2018].

Appendix

Tabel 1, Appendix: Enquêtevragen

Wat is de naam van het project?

Wat is het projectnummer?

Hebben de volgende aspecten het project ingewikkeld gemaakt? (Complexiteit)

	Helemaal oneens (1)	Oneens (2)	Neutraal (3)	Eens (4)	Helemaal eens (5)
Planning (1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Logistiek (2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gezamenlijk belang partijen (3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hoeveelheid partijen (4)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Houding en gedrag van partijen (5)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kennis en vaardigheden van partijen (6)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Hebben zich tijdens het bouwproces de volgende veranderingen voor gedaan? (Veranderingen)

	Nee (1)	Ja (2)
Ontwerpaanpassingen (1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kwaliteit aanpassingen (2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Niet voorziene omstandigheden op de bouwplaats? (3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

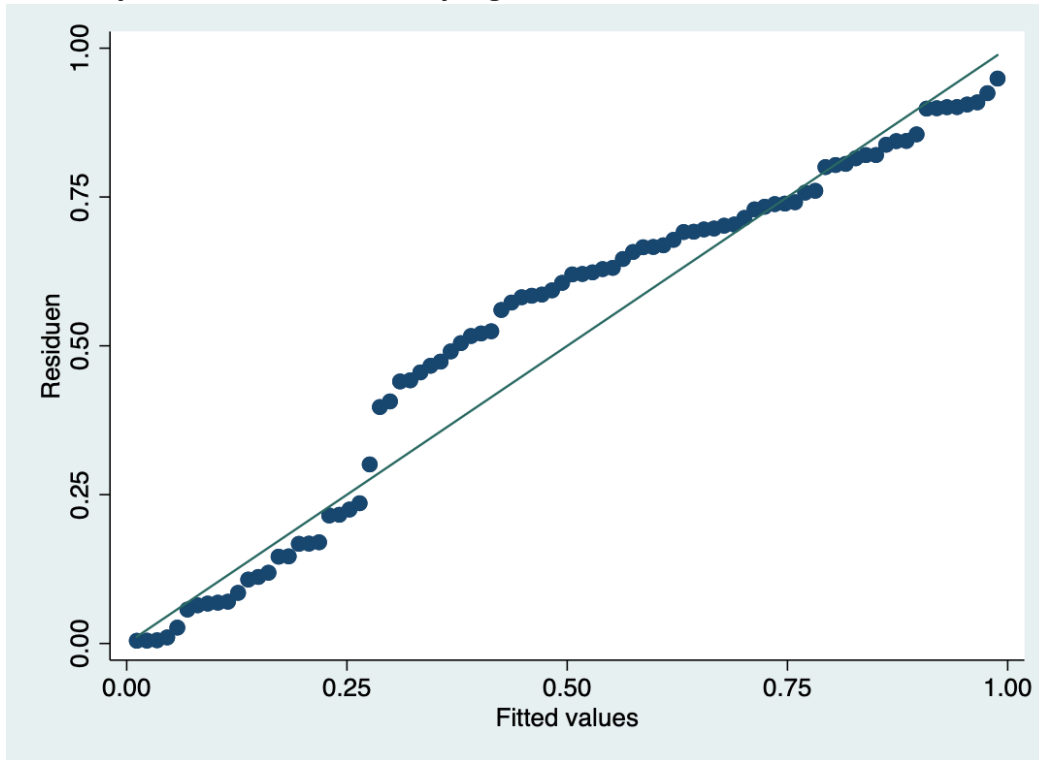
Hoe zou u de onderstaande aspecten qua procesverloop waarderen? (Procesverloop)

	Zeer slecht (1)	Slecht (2)	Neutraal (3)	Goed (4)	Zeer goed (5)	N.v.t. (6)
Reële doelstellingen (1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reële planning (2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kwaliteit (3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Financieel resultaat (4)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Werkplezier (5)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klanttevredenheid (6)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Communicatie tussen partijen (7)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nakomen van afspraken (8)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Heeft een van de volgende aspecten voor vertraging gezorgd? (Vertraging)

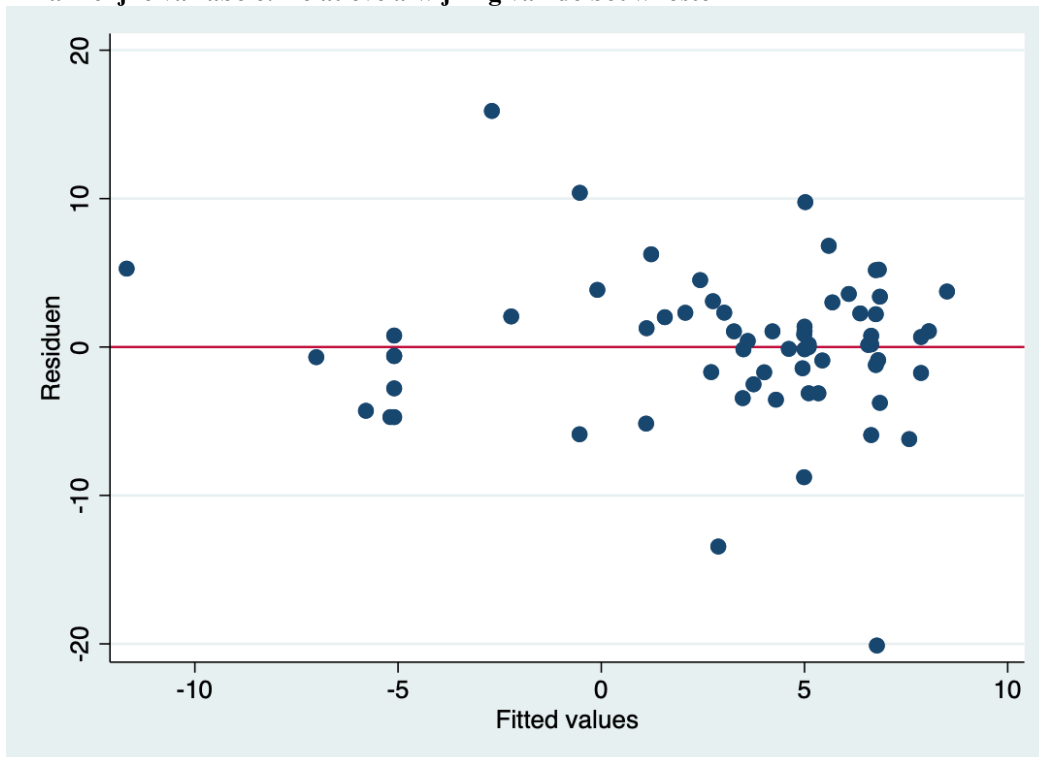
	Nee (1)	Ja (2)
Omgeving (bijvoorbeeld belemmeringen die de locatie met zich mee brengt) (1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weer (2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capaciteitsproblemen van andere partijen (3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capaciteitsproblemen bij Nijhuis (4)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Afhankelijke variabele: Relatieve afwijking van de bouwkosten



Figuur 1, Appendix: Normal P-P plot

Afhankelijke variabele: Relatieve afwijking van de bouwkosten



Figuur 2, Appendix: Residuen versus verklarende variabelen diagram

Tabel 2, Appendix: Correlatiematrix

	Vershil	Traditioneel	Conceptueel	Aanbesteding	Bouwteam	PO	Inwoners	Complexiteit	PV1	PV2	Vertraging	Aanpassingen
Vershil	1.000											
Traditioneel	-0.264	1.000										
Conceptueel	0.264	-1.000	1.000									
Aanbesteding	-0.460	0.039	-0.039	1.000								
Bouwteam	0.095	0.148	-0.148	-0.331	1.000							
PO	0.296	-0.165	0.165	-0.533	-0.622	1.000						
Inwoners	0.128	-0.008	0.008	-0.015	0.093	-0.071	1.000					
Complexiteit	-0.040	0.167	-0.167	-0.108	0.279	-0.160	0.082	1.000				
PV1	-0.158	-0.071	0.071	-0.051	0.301	-0.228	-0.064	0.359	1.000			
PV2	-0.429	0.057	-0.057	0.470	-0.130	-0.273	0.200	-0.021	0.000	1.000		
Vertraging	-0.273	0.185	-0.185	-0.063	-0.023	0.073	0.093	0.199	0.195	0.138	1.000	
Aanpassingen	-0.330	0.263	-0.263	0.082	0.013	-0.080	-0.186	0.222	0.0570	0.195	0.387	1.000

Notitie:

PO staat voor projectontwikkeling

PV1 staat voor procesverloop1

PV2 staat voor procesverloop2

Tabel 3A, Appendix: PCA-tabel vragen complexiteit

Principal component	Eigenvalue	Variance (%)	Cumulative (%)
Component 1	3.433	0.572	0.572
Component 2	0.9234	0.154	0.726
Component 3	0.605	0.101	0.827
Component 4	0.430	0.072	0.899
Component 5	0.342	0.057	0.956
Component 6	0.265	0.044	1.000

Notitie: In de tabel worden de eigenvalues, de verklaarde variantie en de cumulatie verklaarde variantie weergegeven van de componenten

Tabel 3B, Appendix: PCA-tabel vragen procesverloop

Principal component	Eigenvalue	Variance (%)	Cumulative (%)
Component 1	3.756	0.470	0.470
Component 2	1.466	0.183	0.652
Component 3	0.968	0.121	0.774
Component 4	0.799	0.100	0.874
Component 5	0.472	0.059	0.933
Component 6	0.230	0.029	0.961
Component 7	0.199	0.025	0.986
Component 8	0.110	0.014	1.000

Notitie: In de tabel worden de eigenvalues, de verklaarde variantie en de cumulatie verklaarde variantie weergegeven van de componenten

Tabel 3C, Appendix: PCA-tabel vragen vertraging

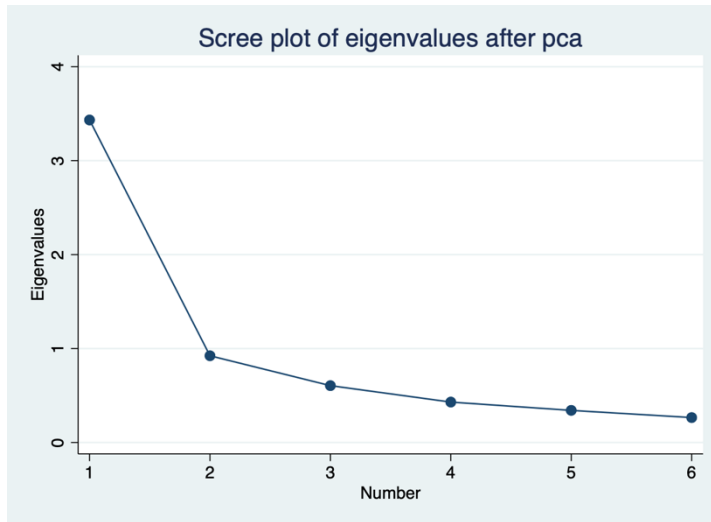
Principal component	Eigenvalue	Variance (%)	Cumulative (%)
Component 1	1.371	0.343	0.343
Component 2	0.985	0.246	0.589
Component 3	0.896	0.224	0.813
Component 4	0.748	0.187	1.000

Notitie: In de tabel worden de eigenvalues, de verklaarde variantie en de cumulatie verklaarde variantie weergegeven van de componenten

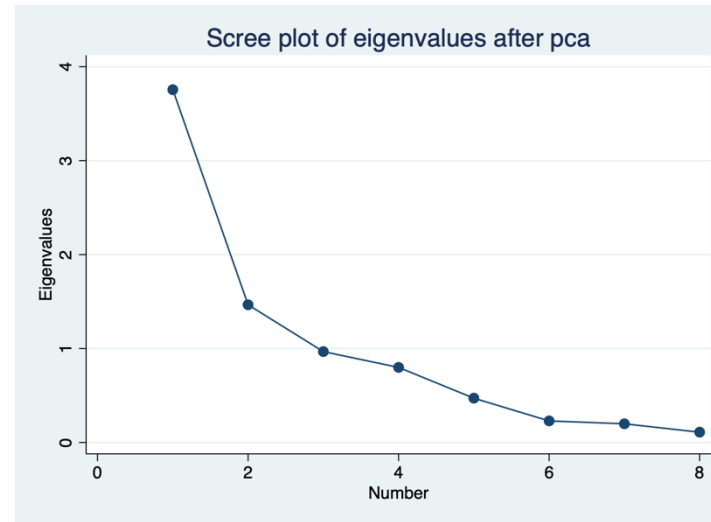
Tabel 3D, Appendix: PCA-tabel vragen aanpassingen

Principal component	Eigenvalue	Variance (%)	Cumulative (%)
Component 1	1.546	0.515	0.515
Component 2	0.904	0.301	0.817
Component 3	0.550	0.184	1.000

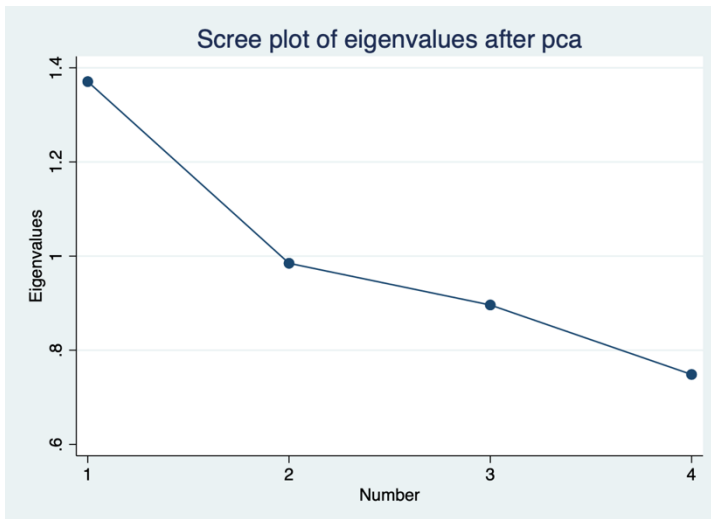
Notitie: In de tabel worden de eigenvalues, de verklaarde variantie en de cumulatie verklaarde variantie weergegeven van de componenten



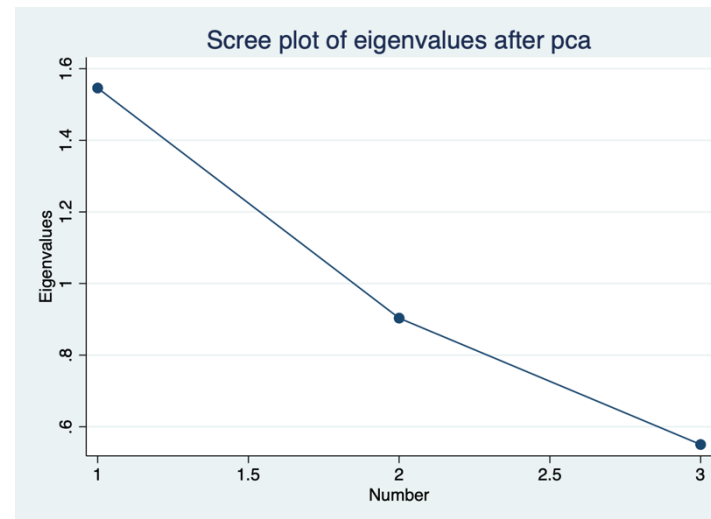
Figuur 3A, Appendix: Scree plot PCA complexiteit



Figuur 3B, Appendix: Scree plot PCA procesverloop



Figuur 3C, Appendix: Scree plot PCA vertraging



Figuur 3D, Appendix: Scree plot PCA aanpassingen

Tabel 4, Appendix: Kaiser-Meyer-Olkin waardes voor principale componenten analyse

Complexiteit		Procesverloop	
Variabele	kmo	Variabele	kmo
Planning	0.8636	Doelstelling	0.4510
Logistiek	0.8486	Reële planning	0.6488
Belang	0.8739	Kwaliteit	0.7536
Hoeveelheid	0.8906	Resultaat	0.7052
Houding	0.8262	Werkplezier	0.7247
Kennis	0.8339	Klanttevredenheid	0.6721
		Communicatie	0.7830
		Nakomen	0.7189
Totaal	0.8548	Totaal	0.7029

Vertraging		Aanpassingen	
Variabele	kmo	Variabele	kmo
Omgeving	0.5605	Ontwerpaanpassingen	0.5821
Weer	0.5665	Kwaliteitsaanpassingen	0.5678
Capaciteit anderen	0.5354	Onvoorziene omstandigheden	0.6626
Capaciteit Nijhuis	0.5483		
Totaal	0.5487	Totaal	0.5914

Notitie: De tabel geeft de verschillende waardes aan Kaiser-Meyer-Olkin maatstaf na het gebruik van de principale componenten analyse

Tabel 5, Appendix: Aantal onder- en overschrijdingen per kostenpost (N=87)

Gebruikelijke afwijking 3%	Totaal aantal over- en onderschrijdingen	Totaal aantal over-schrijdingen	Totaal aantal on-der-schrijdingen
Arbeid			
<i>Inrichting bouwplaats</i>	81	21	60
<i>Werkzaamheden bouw</i>	77	48	29
<i>Schoonmaak en oplevering</i>	75	41	34
<i>Kilometervergoeding en reistijd</i>	80	80	0
<i>Overige arbeid</i>	41	30	11
Materiaal			
<i>Gevelsteen en metselproducten</i>	77	36	41
<i>Verdiepings/ bbg vloer</i>	68	9	59
<i>Casco/gevel betonelement</i>	52	13	39
<i>Dakelementen</i>	53	17	36
<i>Kozijnen, deuren en ramen</i>	58	17	41
<i>Overige materialen</i>	74	39	35
Materieel			
<i>Bouwplaats inrichting</i>	81	44	37
<i>Kranen en liften</i>	80	42	38
<i>Nutsvoorzieningen</i>	76	43	33
<i>Overig materieel</i>	80	43	37
Onderaanneming			
<i>Sloopwerk</i>	4	4	0
<i>Grond- en straatwerk</i>	69	31	38
<i>Prefab bergingen</i>	49	13	36
<i>Prefab heipalen, prefab funderingen</i>	62	25	37
<i>Metselwerk</i>	65	36	29
<i>Cascomontage</i>	51	28	23
<i>Dakwerk</i>	63	22	41
<i>Kozijnen en deuren</i>	59	20	39
<i>Houten trappen</i>	57	29	38
<i>Binnenwanden, afwerkvloeren en stucwerk</i>	54	25	29
<i>Tegel- en kitwerk</i>	74	26	48
<i>Keukens</i>	47	13	34
<i>Loodgieter</i>	60	13	47
<i>Electra</i>	59	22	37
<i>Schilderwerk</i>	76	24	52
<i>Overige onderaanneming</i>	75	20	55
Overige kosten			
<i>UTA-uitvoerder</i>	75	45	30
<i>Calculatie</i>	26	24	2
<i>Werkvoorbereiding/planning</i>	82	42	40
<i>Projectleider</i>	63	57	6
<i>Algemene kosten</i>	40	31	9
<i>Overig overig</i>	81	31	50

Notitie: Deze tabel geeft het totaal aantal onder- en overschrijdingen wanneer een 'gebruikelijke afwijking' van 3%, 5%, 10% of 20% wordt verondersteld. Daarnaast worden het aantal overschrijdingen en het aantal onderschrijdingen weergegeven. Het totaal aantal observaties is 87.

Tabel 6, Appendix (vervolg): Aantal onder- en overschrijdingen per kostenpost (N=87)

Gebruikelijke afwijking 5%	Totaal aantal over- en onderschrijdingen	Totaal aantal over- schrijdingen	Totaal aantal on- derschrijdingen
Arbeid			
<i>Inrichting bouwplaats</i>	81	21	60
<i>Werkzaamheden bouw</i>	73	46	27
<i>Schoonmaak en oplevering</i>	74	41	33
<i>Kilometervergoeding en reistijd</i>	80	80	0
<i>Overige arbeid</i>	41	30	11
Materiaal			
<i>Gevelsteen en metselproducten</i>	68	33	35
<i>Verdiepings/ bbg vloer</i>	46	5	41
<i>Casco/gevel betonelement</i>	43	12	31
<i>Dakelementen</i>	42	14	28
<i>Kozijnen, deuren en ramen</i>	40	11	29
<i>Overige materialen</i>	69	37	32
Materieel			
<i>Bouwplaats inrichting</i>	79	44	35
<i>Kranen en liften</i>	78	40	38
<i>Nutsvoorzieningen</i>	72	42	30
<i>Overig materieel</i>	78	43	35
Onderaanneming			
<i>Sloopwerk</i>	4	4	0
<i>Grond- en straatwerk</i>	66	31	35
<i>Prefab bergingen</i>	35	12	23
<i>Prefab heipalen, prefab funderingen</i>	52	22	30
<i>Metselwerk</i>	55	30	25
<i>Cascomontage</i>	42	23	19
<i>Dakwerk</i>	51	19	32
<i>Kozijnen en deuren</i>	53	16	37
<i>Houten trappen</i>	51	16	35
<i>Binnenwanden, afwerkvloeren en stucwerk</i>	39	17	22
<i>Tegel- en kitwerk</i>	59	22	37
<i>Keukens</i>	41	11	30
<i>Loodgieter</i>	43	9	34
<i>Electra</i>	49	18	31
<i>Schilderwerk</i>	64	19	45
<i>Overige onderaanneming</i>	72	20	52
Overige kosten			
<i>UTA-uitvoerder</i>	73	43	30
<i>Calculatie</i>	26	24	2
<i>Werkvoorbereiding/planning</i>	78	39	39
<i>Projectleider</i>	53	47	6
<i>Algemene kosten</i>	31	23	8
<i>Overig overig</i>	86	22	64

Notitie: Deze tabel geeft het totaal aantal onder- en overschrijvingen wanneer een 'gebruikelijke afwijking' van 3%, 5%, 10% of 20% wordt verondersteld. Daarnaast worden het aantal overschrijdingen en het aantal onderschrijdingen weergegeven. Het totaal aantal observaties is 87.

Tabel 7, Appendix (vervolg): Aantal onder- en overschrijdingen per kostenpost (N=87)

Gebruikelijke afwijking 10%	Totaal aantal over- en onderschrijdingen	Totaal aantal overschrijdingen	Totaal aantal onderschrijdingen
Arbeid			
<i>Inrichting bouwplaats</i>	77	19	58
<i>Werkzaamheden bouw</i>	66	42	24
<i>Schoonmaak en oplevering</i>	72	40	32
<i>Kilometervergoeding en reistijd</i>	80	80	0
<i>Overige arbeid</i>	40	29	11
Materiaal			
<i>Gevelsteen en metselproducten</i>	48	25	23
<i>Verdiepings/ bbg vloer</i>	22	2	20
<i>Casco/gevel betonelement</i>	19	5	14
<i>Dakelementen</i>	21	9	12
<i>Kozijnen, deuren en ramen</i>	17	8	9
<i>Overige materialen</i>	46	28	18
Materieel			
<i>Bouwplaats inrichting</i>	74	44	30
<i>Kranen en liften</i>	74	38	36
<i>Nutsvoorzieningen</i>	66	38	28
<i>Overig materieel</i>	71	40	31
Onderaanneming			
<i>Sloopwerk</i>	4	4	0
<i>Grond- en straatwerk</i>	51	25	26
<i>Prefab bergingen</i>	25	11	14
<i>Prefab heipalen, prefab funderingen</i>	37	14	23
<i>Metselwerk</i>	27	13	14
<i>Cascomontage</i>	30	16	14
<i>Dakwerk</i>	31	11	20
<i>Kozijnen en deuren</i>	40	14	26
<i>Houten trappen</i>	42	14	28
<i>Binnenwanden, afwerkvloeren en stucwerk</i>	17	6	11
<i>Tegel- en kitwerk</i>	47	18	29
<i>Keukens</i>	29	10	19
<i>Loodgieter</i>	11	3	8
<i>Electra</i>	34	13	21
<i>Schilderwerk</i>	48	16	32
<i>Overige onderaanneming</i>	62	16	46
Overige kosten			
<i>UTA-uitvoerder</i>	68	42	26
<i>Calculatie</i>	26	24	2
<i>Werkvoorbereiding/planning</i>	66	37	29
<i>Projectleider</i>	35	30	5
<i>Algemene kosten</i>	17	13	4
<i>Overig overig</i>	82	22	60

Notitie: Deze tabel geeft het totaal aantal onder- en overschrijdingen wanneer een 'gebruikelijke afwijking' van 3%, 5%, 10% of 20% wordt verondersteld. Daarnaast worden het aantal overschrijdingen en het aantal onderschrijdingen weergegeven. Het totaal aantal observaties is 87.

Tabel 8, Appendix (vervolg): Aantal onder- en overschrijdingen per kostenpost (N=87)

Gebruikelijke afwijking 20%	Totaal aantal over- en onderschrijdingen	Totaal aantal overschrijdingen	Totaal aantal onderschrijdingen
Arbeid			
<i>Inrichting bouwplaats</i>	68	14	54
<i>Werkzaamheden bouw</i>	47	33	14
<i>Schoonmaak en oplevering</i>	72	40	32
<i>Kilometervergoeding en reistijd</i>	80	80	0
<i>Overige arbeid</i>	40	29	11
Materiaal			
<i>Gevelsteen en metselproducten</i>	20	11	9
<i>Verdiepings/ bbg vloer</i>	8	1	7
<i>Casco/gevel betonelement</i>	4	3	1
<i>Dakelementen</i>	7	3	4
<i>Kozijnen, deuren en ramen</i>	4	3	1
<i>Overige materialen</i>	25	17	8
Materieel			
<i>Bouwplaats inrichting</i>	57	34	23
<i>Kranen en liften</i>	62	31	31
<i>Nutsvoorzieningen</i>	57	33	24
<i>Overig materieel</i>	50	28	22
Onderaanneming			
<i>Sloopwerk</i>	4	4	0
<i>Grond- en straatwerk</i>	30	16	14
<i>Prefab bergingen</i>	10	5	5
<i>Prefab heipalen, prefab funderingen</i>	17	8	9
<i>Metselwerk</i>	9	4	5
<i>Cascomontage</i>	15	8	7
<i>Dakwerk</i>	10	4	6
<i>Kozijnen en deuren</i>	20	8	12
<i>Houten trappen</i>	23	11	12
<i>Binnenwanden, afwerkvloeren en stucwerk</i>	5	3	2
<i>Tegel- en kitwerk</i>	22	8	14
<i>Keukens</i>	22	9	13
<i>Loodgieter</i>	4	1	3
<i>Electra</i>	13	4	9
<i>Schilderwerk</i>	32	13	19
<i>Overige onderaanneming</i>	51	11	40
Overige kosten			
<i>UTA-uitvoerder</i>	52	31	21
<i>Calculatie</i>	25	24	1
<i>Werkvoorbereiding/planning</i>	54	30	24
<i>Projectleider</i>	26	21	5
<i>Algemene kosten</i>	10	6	4
<i>Overig overig</i>	78	20	58

Notitie: Deze tabel geeft het totaal aantal onder- en overschrijdingen wanneer een 'gebruikelijke afwijking' van 3%, 5%, 10% of 20% wordt verondersteld. Daarnaast worden het aantal overschrijdingen en het aantal onderschrijdingen weergegeven. Het totaal aantal observaties is 87.

Bijlage 1: Stata code

```
/*
```

```
.do file voor de willekeurige koppeling tussen bestaande dataset en enquête resultaten, waarbij elke eerste responsie voor een project is toegevoegd aan de originele dataset
```

NOTES

planning, logistiek, belang, hoeveelheid, houding, kennis zijn variabelen waarbij 1 niet-complex aangeeft en 5 heel complex

doelstelling, reëleplanning, kwaliteit, resultaat, werkplezier, klanttevredenheid, communicatie, nakomen zijn variabelen waarbij 1 een slecht procesverloop aangeeft en 5 een goed procesverloop

omgeving, weer, capaciteita, capaciteitn zijn variabelen waarbij 1 aangeeft dat hierdoor geen vertraging is opgetreden en 2 aangeeft dat er wel vertraging door is opgetreden

ontwerpaanpassingen, kwaliteitaanpassingen, omstandigheden zijn variabelen waarbij 1 aangeeft dat dit niet is opgetreden tijdens het proces en 2 aangeeft dat dit wel is opgetreden

```
*/
```

```
clear
```

```
cap log close
```

```
log using "/Users/Berendnijhuis/Documents/Documenten/Universiteit/Real Estate Studies/Master Thesis/Stata/Combinatie enquêteniveau.log", replace  
set more off
```

```
import excel "/Users/Berendnijhuis/Documents/Documenten/Universiteit/Real Estate Studies/Master Thesis/Totale kosten projecten.xlsx", sheet("Koppeling enquêteniveau") firstrow
```

```
summarize
```

```
tabulate concept, generate(concept)  
tabulate verwerving, generate(verwerving)  
tabulate ligging, generate(ligging)
```

```
rename concept1 traditioneel  
rename concept2 conceptueel  
rename verwerving1 aanbesteding  
rename verwerving2 bouwteam  
rename verwerving3 projectontwikkeling  
rename ligging1 noord  
rename ligging2 oost  
rename ligging3 west
```

```
by projectnummer (procentueelverschil100), sort: assert procentueelverschil100[1] ==procentueelverschil100[_N]
```

```
collapse (first) procentueelverschil100 (count) n_observaties = procentueelverschil100 (mean) planning  
logistiek belang hoeveelheid houding kennis doelstelling reëleplanning kwaliteit resultaat werkplezier  
klanttevredenheid communicatie nakomen omgeving weer capaciteita capaciteitn ontwerpaanpassingen
```

kwaliteitaanpassingen omstandigheden traditioneel conceptueel aanbesteding bouwteam projectontwikkeling noord oost west inwonerskm2 , by (projectnummer)
drop if procentueelverschil100 >30

/*

t-test voor de eerste hypothese of een procentuele afwijking van 0-3% normaal is

*/

```
summarize procentueelverschil100
gen procentabs=abs(procentueelverschil100)
summarize procentabs
ttest procentabs == 3
```

/*

gebruik egen functie om dummy variabelen te creëren. Gezien interesse in complex neutraal (3) hoort bij niet complex.

1 tot en met 3 is niet complex en krijgt dummy 1, 4 tot en met 5 is complex en krijgt dummy 4

*/

```
egen planningdummy = cut(planning), at (1,3.1,6)
egen logistiekdummy = cut(logistiek), at (1,3.1,6)
egen belangdummy = cut(belang), at (1,3.1,6)
egen hoeveelheiddummy = cut(hoeveelheid), at (1,3.1,6)
egen houdingdummy = cut(houding), at (1,3.1,6)
egen kennisdummy = cut(kennis), at (1,3.1,6)
```

/*

gebruik egen functie om dummy variabelen te creëren. Gezien interesse in slecht procesverloop neutraal (3) hoort bij goed verloop.

1 tot en met 2 is slecht procesverloop en krijgt dummy 1, 3 tot en met 5 is goed procesverloop en krijgt dummy 3

*/

```
egen doelstellingdummy = cut(doelstelling), at (1,2.9,6)
egen reëleplanningdummy = cut(reëleplanning), at (1,2.9,6)
egen kwaliteitdummy = cut(kwaliteit), at (1,2.9,6)
egen resultaatdummy = cut(resultaat), at (1,2.9,6)
egen werkplezierdummy = cut(werkplezier), at (1,2.9,6)
egen klanttevredenheiddummy = cut(klanttevredenheid), at (1,2.9,6)
egen communicatiedummy = cut(communicatie), at (1,2.9,6)
egen nakomendummy = cut(nakomen), at (1,2.9,6)
```

/*

verander het getal 1 in 0 om daarna 4 in 1, aangezien de interesse ligt in het effect als het complexer wordt. Dus het effect van 0 naar 1

*/

```
replace planningdummy = 0 if planningdummy==1
replace logistiekdummy = 0 if logistiekdummy==1
replace belangdummy = 0 if belangdummy==1
replace hoeveelheiddummy = 0 if hoeveelheiddummy==1
replace houdingdummy = 0 if houdingdummy==1
replace kennisdummy = 0 if kennisdummy==1
```

```
replace planningdummy = 1 if planningdummy>3
replace logistiekdummy = 1 if logistiekdummy>3
replace belangdummy = 1 if belangdummy>3
```

```
replace hoeveelheiddummy = 1 if hoeveelheiddummy>3
replace houdingdummy = 1 if houdingdummy>3
replace kennisdummy = 1 if kennisdummy>3
```

```
/*
```

```
verander het getal 3 in 0 om een dummy te creëren die bestaat uit 0 en 1, aangezien de interesse ligt in
het effect als het procesverloop
slechter is. Dus het effect van 0 naar 1
*/
```

```
replace doelstellingdummy = 0 if doelstellingdummy>2
replace reëleplanningdummy = 0 if reëleplanningdummy>2
replace kwaliteitdummy = 0 if kwaliteitdummy>2
replace resultaatdummy = 0 if resultaatdummy>2
replace werkplezierdummy = 0 if werkplezierdummy>2
replace klanttevredenheiddummy = 0 if klanttevredenheiddummy>2
replace communicatiedummy = 0 if communicatiedummy>2
replace nakomendummy = 0 if nakomendummy>2
```

```
/*
```

```
verander de waarden kleiner dan 1.5 in 0 en daarna groter dan 1.4 in 1 om een dummy te creëren die
bestaat uit 0 en 1, aangezien de
interesse ligt in het effect als er vertraging is ten opzichte van geen vertraging. Dus het effect van 0 naar
1
*/
```

```
replace omgeving = 0 if omgeving<1.5
replace omgeving = 1 if omgeving>1.4
replace weer = 0 if weer<1.5
replace weer = 1 if weer>1.4
replace capaciteita = 0 if capaciteita<1.5
replace capaciteita = 1 if capaciteita>1.4
replace capaciteitn = 0 if capaciteitn<1.5
replace capaciteitn = 1 if capaciteitn>1.4
```

```
/*
```

```
verander de waarden kleiner dan 1.5 in 0 en daarna groter dan 1.4 in 1 om een dummy te creëren die
bestaat uit 0 en 1, aangezien de
interesse ligt in het effect als er aanpassingen zijn ten opzichte van geen aanpassingen. Dus het effect
van 0 naar 1
*/
```

```
replace ontwerpaanpassingen = 0 if ontwerpaanpassingen<1.5
replace ontwerpaanpassingen = 1 if ontwerpaanpassingen>1.4
replace kwaliteitaanpassingen = 0 if kwaliteitaanpassingen<1.5
replace kwaliteitaanpassingen = 1 if kwaliteitaanpassingen>1.4
replace omstandigheden = 0 if omstandigheden<1.5
replace omstandigheden = 1 if omstandigheden>1.4
```

```
summarize inwonerskm2
```

```
replace inwonerskm2 = 0 if inwonerskm2<2500
replace inwonerskm2 = 1 if inwonerskm2>2499
```

```
corr inwonerskm2 traditioneel conceptueel aanbesteding bouwteam projectontwikkeling noord oost
west planningdummy logistiekdummy belangdummy hoeveelheiddummy houdingdummy kennis-
dummy doelstellingdummy reëleplanningdummy kwaliteitdummy resultaatdummy werkplezierdummy
```

klanttevredenheid dummy communicatie dummy nakomend dummy omgeving weer capaciteitn ontwerp aanpassingen kwaliteitanpassing omstandigheden [aw=n_observaties]

```

reg procentueelverschil100 inwonerskm2
reg procentueelverschil100 traditioneel
reg procentueelverschil100 aanbesteding bouwteam
reg procentueelverschil100 noord oost
reg procentueelverschil100 planningdummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 logistiekdummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 belangdummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 hoeveelheid dummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 houdingdummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 kennisdummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 doelstellingdummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 reëleplanningdummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 kwaliteit dummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 resultaat dummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 werkplezier dummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 klanttevredenheid dummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 communicatie dummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 nakomend dummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 omgeving [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 weer [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 capaciteit a [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 capaciteit n [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 ontwerp aanpassingen [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 kwaliteitanpassingen [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 omstandigheden [aw=n_observaties]

```

reg procentueelverschil100 inwonerskm2 traditioneel aanbesteding bouwteam noord oost planningdummy logistiekdummy belangdummy hoeveelheid dummy houdingdummy kennisdummy doelstellingdummy reëleplanningdummy kwaliteit dummy resultaat dummy werkplezier dummy klanttevredenheid dummy communicatie dummy nakomend dummy omgeving weer capaciteit a capaciteit n ontwerp aanpassingen kwaliteitanpassingen omstandigheden [aw=n_observaties]

```

reg procentueelverschil100 planningdummy logistiekdummy belangdummy hoeveelheid dummy houdingdummy kennisdummy [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 doelstellingdummy reëleplanningdummy kwaliteit dummy resultaat dummy werkplezier dummy klanttevredenheid dummy communicatie dummy nakomend dummy omgeving weer capaciteit a capaciteit n ontwerp aanpassingen kwaliteitanpassingen omstandigheden [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 omgeving weer capaciteit a capaciteit n [aw=n_observaties]
reg procentueelverschil100 ontwerp aanpassingen kwaliteitanpassingen omstandigheden [aw=n_observaties]

```

/*

gebruik van principal component analysis zorgt voor een reductie in variabelen die gebruikt worden in de analyse.

componenten reduceren tot aantal componenten met een eigenvalue van minimaal 1.

een kmo met een score meer dan 0.5 wordt gezien als een goede vervanger van de variabelen. In alle gevallen boven de 0.5, behalve bij vertraging

*/

```

pca planningdummy logistiekdummy belangdummy hoeveelheid dummy houdingdummy kennisdummy, mineigen(1)
estat loadings

```

```
predict complexiteit1, score
estat kmo
```

```
pca doelstellingdummy reëleplanningdummy kwaliteitdummy resultaatdummy werkplezierdummy
klanttevredenheiddummy communicatiedummy nakomendummy, mineigen(1)
loadingplot
scoreplot
estat loadings
predict procesverloop1 procesverloop2, score
estat kmo
```

```
pca omgeving weer capaciteita capaciteitn, mineigen(1)
estat loadings
predict vertraging1, score
estat kmo
```

```
pca ontwerpaanpassingen kwaliteitaanpassingen omstandigheden, mineigen(1)
estat loadings
predict aanpassingen1, score
estat kmo
```

```
reg procentueelverschil100 traditioneel aanbesteding bouwteam inwonerskm2 complexiteit1 procesver-
loop1 procesverloop2 vertraging1 aanpassingen1 [aw=n_observaties]
```

```
hist procentueelverschil100
pnorm procentueelverschil100
rvfplot, yline(0)
estat hetttest
```

```
corr inwonerskm2 traditioneel conceptueel aanbesteding bouwteam projectontwikkeling noord oost
west planningdummy logistiekdummy belangdummy hoeveelheiddummy houdingdummy kennis-
dummy doelstellingdummy reëleplanningdummy kwaliteitdummy resultaatdummy werkplezierdummy
klanttevredenheiddummy communicatiedummy nakomendummy omgeving weer capaciteita capaci-
teitn ontwerpaanpassingen kwaliteitaanpassinge omstandigheden [aw=n_observaties]
```

```
/*
Model zonder gunningsmethode (aanbesteding, bouwteam of projectontwikkeling)
*/
```

```
reg procentueelverschil100 traditioneel inwonerskm2 complexiteit1 procesverloop1 procesverloop2
vertraging1 aanpassingen1 [aw=n_observaties]
```

```
/*
Restricted model voor aanbesteding
*/
```

```
reg procentueelverschil100 traditioneel inwonerskm2 complexiteit1 procesverloop1 procesverloop2
vertraging1 aanpassingen1 if aanbesteding==1 [aw=n_observaties]
```

```
/*
Restricted model voor bouwteam
*/
```

```
reg procentueelverschil100 traditioneel inwonerskm2 complexiteit1 procesverloop1 procesverloop2
vertraging1 aanpassingen1 if bouwteam==1 [aw=n_observaties]
```

```
/*
```

Restricted model voor projectontwikkeling

*/

reg procentueelverschil100 traditioneel inwonerskm2 complexiteit1 procesverloop1 procesverloop2
vertraging1 aanpassingen1 if projectontwikkeling==1 [aw=n_observaties]

/*

model zonder manier van bouwen (traditioneel of conceptueel)

*/

reg procentueelverschil100 aanbesteding bouwteam inwonerskm2 complexiteit1 procesverloop1 pro-
cesverloop2 vertraging1 aanpassingen1 [aw=n_observaties]

/*

Restricted model voor traditioneel

*/

reg procentueelverschil100 aanbesteding bouwteam inwonerskm2 complexiteit1 procesverloop1 pro-
cesverloop2 vertraging1 aanpassingen1 if traditioneel==1 [aw=n_observaties]

/*

Restricted model voor conceptueel

*/

reg procentueelverschil100 aanbesteding bouwteam inwonerskm2 complexiteit1 procesverloop1 pro-
cesverloop2 vertraging1 aanpassingen1 if conceptueel==1 [aw=n_observaties]