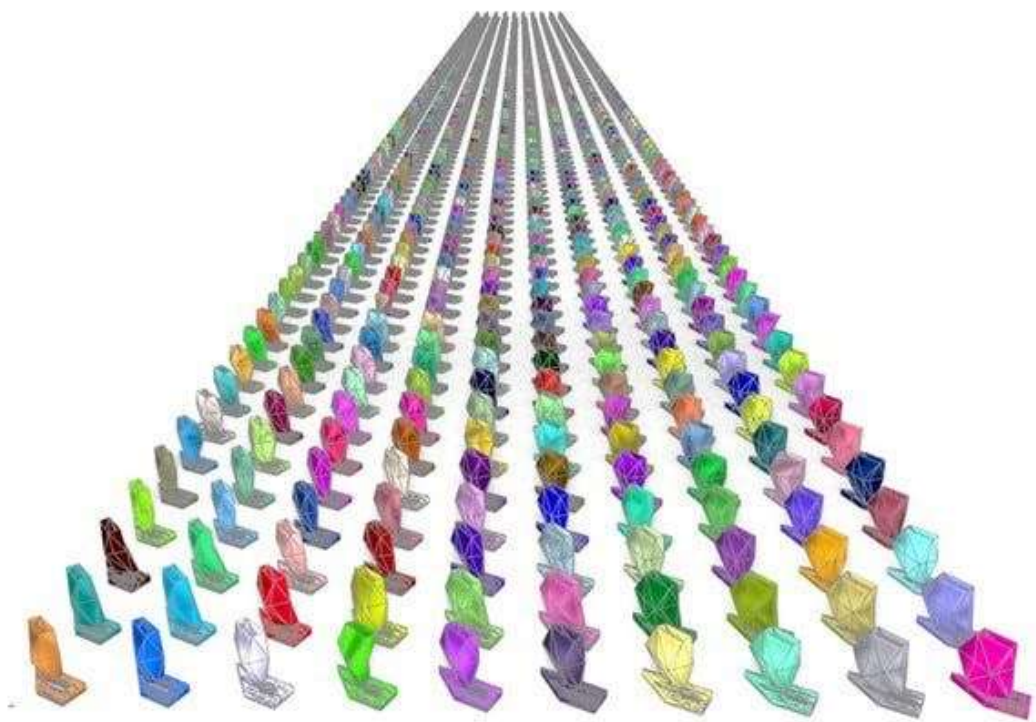


MEER EFFECTIVITEIT IN HET ONTWIKKELPROCES DOOR MIDDEL VAN PARAMETRISCH ONTWIKKELEN



Emre Terlemis | Amsterdam School of Real Estate | april 2023

In hoeverre maakt parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces van
woningbouwprojecten effectiever?

MEER EFFECTIVITEIT IN HET ONTWIKKELPROCES DOOR MIDDEL VAN PARAMETRISCH ONTWIKKELEN

Auteur: Emre Terlemis
Emre.t@live.nl
Masterscriptie
Master of Science in Real Estate
Amsterdam School of Real Estate
Supervisie: G.J. Peek

Zoetermeer, 17 april 2023

Voorwoord

Welkom bij mijn scriptie over parametrisch ontwikkelen.

Er is een woningtekort in Nederland. Aan de ene kant ligt dit aan ruimtelijke procedures, maar aan de andere kant is er ook een slag te maken in het effectiever en efficiënter ontwikkelen van woningen. Het ontwikkelen van woningen wordt steeds complexer door de klimaatopgave, plancapaciteit die vaak gereserveerd is in de binnenstad, stoeve onderhandelingsprocessen met lokale overheden en veranderende regelgeving. In dit onderzoek probeer ik het ontwikkelproces door middel van parametrisch ontwikkelen effectiever te laten verlopen.

Het leek mij zeer interessant om onderzoek te doen naar parametrisch ontwikkelen. Dit komt omdat ik zelf werk als woningbouwontwikkelaar en zoek naar verbeteringen.

Tijdens het onderzoek heb ik veel informatie en medewerking gekregen van verschillende experts. Ik wil de deskundigen van Local, BPD Gebiedsontwikkeling, Lingotto, NS Vastgoed, Studio Elephant, Mei Architects, ARUP, OMRT en Bouwbedrijf De Nijs bedanken voor het afnemen van de interviews. Ook wil ik Mevr. H. Born en Dhr. B. Aydin bedanken voor de waardevolle feedback.

Graag wil ik ook mijn dankwoord uitspreken naar mijn familie en vrienden.

In het speciaal wil ik bedanken, mijn eerste afstudeerbegeleider Dhr. G.J. Peek en tweede afstudeerbegeleider Dhr. P. Boswinkel. Dank voor de begeleiding en de sturing ten tijde van het afstudeeronderzoek.

Ik wens u veel plezier bij het lezen van deze masterscriptie!

Zoetermeer, 17 april 2023

Emre Terlemiş

Managementsamenvatting

Elk woningbouwproject heeft zijn eigen lijst met randvoorwaarden, ontwerpbeperkingen, streef- en tijdrovende onderhandelingen en wensen vanuit de klant. Daarmee heeft elk project ook zijn eigen risico's die de opgave complex en risicovol maken. De complexiteit van woningbouwprojecten kan ervoor zorgen dat plannen vertraging oplopen of dat plannen pas later in het proces aanpassingen nodig hebben die extra kosten met zich meebrengen.

Er zijn drie redenen waarom de complexiteit tot vertraging en onnodige kosten leidt. Ten eerste kan de ontwikkelaar het laadvermogen van een project niet goed genoeg inschatten, dit komt doordat de locatie vaak complex is en er in het begin nog weinig is onderzocht. Daardoor kan de ontwikkelaar geen onderscheid maken in de hoofd- en bijzaken van een project. In een vervolgfase van het plan kan dit leiden tot een bedacht product (vastgoed) dat niet mogelijk is. Het plan moet daardoor aangepast worden. Ten tweede heeft de ontwikkelaar tijd nodig voor het verrichten van onderzoeken. Om vervolgens een plan bij een gemeente te kunnen presenteren. In dit plan geeft de ontwikkelaar antwoord op planologische- en stedenbouwkundige uitgangspunten van een gemeente. Het plan kan door verschil van inzicht door een gemeente afgekeurd worden. Dit leidt tot aanpassing van het plan. Als laatste is het ontwikkelproces tijdrovend, iteratief en vaak vol met onnodige compromissen. Dit maakt het lastig voor ontwikkelaars om de complexiteit te formuleren. Er is daarom behoefte aan een effectievere ontwikkelaanpak.

Het doel van dit onderzoek is om te verkennen of parametrisch ontwikkelen meer effectiviteit kan toevoegen aan het ontwikkelproces van woningen. Parametrisch ontwikkelen is een ontwikkelaanpak met toepassing van algoritmes en data. Om de doelstelling in het onderzoek te bereiken is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: in hoeverre maakt parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces van woningbouwprojecten effectiever? Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn er literatuuronderzoeken, interviews, een mini-enquête en casestudies verricht.

De onderzoeken tonen aan dat parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces voornamelijk effectiever maakt in de initiatief- en haalbaarheidsfase. Er zijn vier redenen waarom parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces effectiever maakt in deze fasen. *Allereerst* omdat parametrisch ontwikkelen gevalideerde analyses en technische evaluaties -door middel van algoritmes- toevoegt aan de beginfase van een project. Hierdoor kunnen ontwikkelaars, klanten en ontwerpers samenwerken om volumestudies (ontwerpen) te verfijnen in een real-time digitaltwin (in 3D). Deze methode activeert in de beginfase van een plan het creatieve proces. Een beginfase waar de ontwikkelaar nog bezig is met het vinden van optimale massastudies voor de locatie. Hierdoor kunnen juridische, financiële, ecologische, stedenbouwfysische en technische aspecten -al in de initiatieffase van een plan- getoetst worden op de volumestudies en wensen vanuit de klant. De ontwikkelaar kan daardoor goed onderscheid maken in de hoofd- en bijzaken van een project. Over deze informatie beschikt de ontwikkelaar in een fase waar er nog veel invloed uitgeoefend kan worden, tegen minimale kosten. Dit komt omdat er in de beginfase nog weinig afspraken zijn gemaakt met stakeholders. Een voorbeeld hiervan is als een gemeente verschillende woonmilieus in een gebouw wil hebben. Door de parameter 'daglicht-eis' te koppelen aan de volumestudies, kan de uitkomst zijn dat het niet mogelijk is om in de onderste verdiepingen van het gebouw woonfuncties te realiseren. De ontwikkelaar kan dan -vroegtijdig in het proces- in gesprek met de gemeente over mogelijke andere functies in het gebouw. Hierdoor worden ontwerprisico's vroegtijdig getackeld en plankosten geminimaliseerd. *Ten tweede* kunnen er door het toepassen van algoritmes al snel duizenden volumestudies worden gegenereerd. Over de volumestudies kan worden gecommuniceerd met stakeholders om geïnformeerde keuzen en afspraken te maken in het proces. In een conventioneel ontwikkelproces is dit niet mogelijk binnen de korte tijd die in een planproces beschikbaar is.

Ten derde bevordert parametrisch ontwikkelen de samenwerking in het proces. Een parametrisch model kan namelijk ingezet worden als communicatiemiddel naar stakeholders toe. Via een online 3D-omgeving of door middel van professionele grafieken kunnen data gepresenteerd worden aan stakeholders. De stakeholders

kunnen zelf ook filteren door het model heen en parameters invoeren via een onlinelink. De stakeholders krijgen hierbij comfort bij het maken van keuzes en het geven van opdrachten omdat de computer onderbouwd de resultaten weergeeft en niet de gehaide ontwikkelaar. De ontwikkelaar wordt namelijk in zijn keuzes niet als objectief gezien, de computer wel. Een groot voordeel van een onlinelink is dat iedereen kan inzien waarom keuzes gemaakt moeten worden. Volgens de geïnterviewden van dit onderzoek creëert dit een basis van vertrouwen.

Een laatste reden waardoor het ontwikkelproces effectiever wordt, is dat een planontwerp dynamischer wordt door parametrisch ontwikkelen. Gedurende het ontwikkelproces is het namelijk mogelijk om het planontwerp aan te passen zonder het zicht te verliezen op de keuzes die eerder gemaakt zijn. Als de invoer van data wijzigt zal het planontwerp ook automatisch wijzigen. Data beslissingen worden daardoor bij een parametrisch proces relevanter in plaats van de producten in de ontwikkelfasen (schetsontwerp, voorlopig ontwerp en definitiefontwerp). In een traditioneel proces komt de ontwikkelaar met een plan en kijkt het ontwikkelteam vervolgens wat het betekent voor de constructie, bouwfysica, businesscase of voor de omgeving. Bij verschillende disciplines zal er een rood licht gaan branden en bij een aantal een groen licht. Het ontwikkelteam zal de voorgedragen oplossing dan moeten finetunen om vervolgens dezelfde cyclus in te gaan. Zo blijft het ontwikkelteam in deze cyclussen doorgaan totdat er een oplossing is gevonden die voor alle disciplines akkoord is. Dit proces is zeer ineffectief en tijdrovend. Met een parametrisch proces wordt er eerst een algoritme geschreven voor alle disciplines. De ontwikkelaar haalt dus ook eerste de eisen op van de disciplines. Vervolgens worden er planontwerpen gegenereerd en automatisch getoetst aan de disciplines. Zo ontstaat er ter plekke informatie die voldoet aan de eisen van alle disciplines. Hierdoor hoeft een adviseur niet eerst een berekening te maken om vervolgens te beoordelen of dit past voor de overige adviseurs. Het algoritme maakt namelijk de berekening en maakt een onderscheid in disciplines die essentieel zijn en disciplines die minder essentieel zijn.

Dit onderzoek laat ook zien dat parametrisch ontwikkelen op drie mogelijke manier te implementeren is in het bedrijfsproces. De implementatie kan door middel van een quantsmodel, een adviesmodel en een softwaremodel. Het is afhankelijk van het doel in een project welke model het beste past voor de ontwikkelaar.

Parametrisch ontwikkelen heeft een aantal gevolgen voor de bedrijfsproces van de ontwikkelaar. In het besluitvormingsproces wordt er namelijk een zogenaamde digitaltwin toegevoegd. Preciezer geformuleerd is dit een toets model in 3D dat inzicht geeft in hoe het plan scoort ten opzichte van mogelijke projectambities. De ontwikkelaar wordt hiermee een professionelere opdrachtgever en een betrouwbaardere- en objectievere partner voor betrokkenen. Het gebruik van een parametrisch proces in de eerste fasen van een ontwikkeling levert procesvoordelen op en beperkt de ontwikkelrisico's.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Managementsamenvatting	ii
1. Inleiding	5
1.1 Aanleiding en het probleem.....	5
1.2 Probleemstelling.....	5
1.3 Doelstelling en afbakening	6
1.4 Hoofdvraag en deelvragen	6
1.5 Onderzoeksmethode.....	6
1.6 Leeswijzer	7
2. Woningbouwontwikkeling in Nederland	8
2.1 Woningen ontwikkelen	8
2.2 Rol van de ontwikkelaar	9
2.3 Adviseurs in het ontwikkelproces	10
2.4 Invloed, risico's en zekerheden in het ontwikkelproces	11
2.5 Deelconclusie: woningbouwontwikkeling in Nederland	11
3. Een parametrische denkwijze	13
3.1 Parameters en parametrische processen.....	13
3.2 Deelconclusie: een parametrische denkwijze.....	14
4. Parametrisch ontwikkelen	15
4.1 Wat is parametrisch ontwikkelen?.....	15
4.1.1 Parametrisch communiceren	17
4.2 Ontwikkelfasen bij parametrisch ontwikkelen.....	17
4.3 Een parametrisch ontwikkelproces	18
4.3.1 Communiceren met een parametrisch model	19
4.4 Het parametrische ontwikkelteam.....	20
4.5 Interne besluitvorming	21
4.5.1 Risico's en zekerheden in een parametrisch proces	21
5. Casestudies: The Elements, Smakkelaarsveld & Hart 010	22
5.2 Smakkelaarsveld Utrecht (Lingotto, ARUP).....	22
5.2 The Elements Amsterdam (ARUP).....	25
5.3 Hart010 Rotterdam (Local/ARUP)	27
6. Mini-enquête parametrisch ontwikkelen	30
6.1 mini-enquête	30

7. Conclusie	33
8. Discussie	36
8.1 Beperkingen	36
8.2 Praktijk.....	36
8.3 Aanbevelingen.....	37
9. Eindnoten	38
10. Literatuurlijst	39
Bijlage 01. Conceptueel model.....	41
Bijlage 02. Lijst met geïnterviewden	43
Bijlage 03. Interview- en enquête vragen	44
Bijlage 04. Interviews en enquête.....	46

1. Inleiding

In dit onderzoek wordt een eerste poging gedaan om door middel van innovatieve oplossingen, het ontwikkelproces van ontwikkelaars effectiever in te richten. Er wordt in dit rapport onderzoek gedaan naar woningbouwontwikkelingen die door middel van algoritmes en het toepassing van data zijn ontwikkeld.

1.1 Aanleiding en het probleem

Nederlandse woningbouwprojecten zijn complex. Mede hierdoor ontstaat er een woningtekort en stijgen de huizenprijzen fors (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2023). De woningbouwprojecten zijn complex door de volgende redenen:

1. Planologische goedkeuring van bestemmingsplannen kost veel tijd (Sorel, 2011; Planbureau voor de Leefomgeving, 2021; Verwest, Broek & Galle, 2011);
2. Plancapaciteit voor woningen is voornamelijk gereserveerd in binnenstedelijke locaties (Economisch Instituut voor Bouwen, 2019);
3. Onderhandelingsprocessen over woningbouwprojecten met gemeenten en belanghebbenden zijn stroef en tijdrovend (Centraal Planbureau, 2019);
4. Regelgeving omtrent woningbouw neemt toe (Economisch Instituut voor Bouwen, 2019; Centraal Bureau voor de Statistiek, 2021; Rijksoverheid 2021; Rabobank, 2021);
5. Investeerders hebben afstemming nodig met belanghebbenden (gemeente en ontwikkelaar) voor het kiezen van een optimaal bouwprogramma (Algemene Rekenkamer, 2017).
6. Woningbouwprojecten zijn uniek en elk project begint met een lange lijst aan randvoorwaarden, ontwerpbeperkingen en wensen vanuit de klant (Centraal Planbureau, 2019).

De complexiteit van woningbouwprojecten kan ervoor zorgen dat plannen (woningbouwprojecten) vertraging oplopen of dat plannen aanpassingen nodig hebben die extra kosten met zich meebrengen. Dit komt omdat er in het begin van het project nog weinig zekerheid is verkregen in juridische-, planologische-, stedenbouwfysische-, financiële- of andere aspecten die gekoppeld zijn aan het woningbouwproject (Peek & Gehner, 2018).

Het project kan ook te groot en te complex zijn om de hoofd- en bijzaken van het project te kunnen scheiden. Dit houdt bijvoorbeeld in dat een gemeente of een marktpartij zijn uitgangspunten niet goed kan omschrijven met als gevolg dat het project later aanpassingen nodig heeft. De aanpassingen resulteren in extra plankosten en doorlooptijd bij de ontwikkelaar (Bouwfonds Property Development, 2022). Er is daarom behoefte aan een effectievere ontwikkelaanpak.

Volgens een aantal ontwikkelaars is parametrisch ontwikkelen een effectieve ontwikkelaanpak (Lingotto, 2018; Architects, 2022; Arup, 2022). Parametrisch ontwikkelen is een ontwikkelaanpak met toepassing van algoritmes en data (Arup, 2022). Een voorbeeld waar parametrisch ontwikkelen is toegepast, is het project Smakkelaarsveld in Utrecht (Lingotto, 2018). In dit project kon de ontwikkelaar, door toepassing van algoritmes, goed onderscheid maken in de kritische randvoorwaarden van de locatie. De kritische randvoorwaarden van de locatie waren bijvoorbeeld: het geluidsniveau van de omgeving, het volume, het groenoppervlak, de energieopwekking en de overige stedenbouwfysische aspecten die het laadvermogen van de locatie bepaalden. De inzichten van de computer (algoritmes) werden door de ontwikkelaar gedeeld met de gemeente die daardoor werd overtuigd en haar uitgangspunten wijzigde. Ook won de ontwikkelaar de tender van Smakkelaarsveld. Dit succes gaf reden (aan de onderzoeker van dit onderzoek) om meer onderzoek te doen naar parametrisch ontwikkelen.

1.2 Probleemstelling

Het hoofdprobleem (vertraging en onnodige kosten, zie paragraaf 1.1) kan onderverdeeld worden in drie oorzaken. Ten eerste kan de ontwikkelaar het laadvermogen van een project niet goed genoeg inschatten, dit

komt omdat de locatie vaak te complex is en er in het begin nog weinig is onderzocht. In een vervolgfase van het plan kan dit leiden tot een bedacht product (vastgoed) dat niet meer bruikbaar is voor een bepaalde doelgroep (markt). Het plan moet daardoor aangepast worden. Ten tweede heeft de ontwikkelaar tijd nodig voor het verrichten van onderzoeken, om een plan bij een gemeente te kunnen presenteren. In dit plan geeft de ontwikkelaar antwoord op planologische- en stedenbouwfysische uitgangspunten van een gemeente. Het plan kan door verschil van inzicht afgekeurd worden door een gemeente. Dit leidt tot aanpassing van het plan. Als laatste is het ontwikkelproces tijdrovend, iteratief en vaak vol met onnodige compromissen. Dit maakt het lastig voor ontwikkelaars om de complexiteit te formuleren.

1.3 Doelstelling en afbakening

In dit onderzoek wordt er geprobeerd om door middel van parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces effectiever in te richten. Het (onderzoek) doet daarmee een eerste verkenning naar parametrisch ontwikkelen en focust zich op woningbouwontwikkelingen in Nederland.

Het doel van het onderzoek is om achter de definitie van parametrisch ontwikkelen te komen, uit te vinden wat de meerwaarde ervan (effectiviteit) is in het ontwikkelproces en de voorwaarden voor implementatie in woningbouwprojecten. Het onderzoek moet een basis zijn voor vervolgonderzoek en verwachtingen scheppen voor ontwikkelaars die parametrisch ontwikkelen willen toepassen in hun projecten.

In dit onderzoek worden parametrische processen op stedenbouwkundig niveau buiten beschouwing gelaten.

1.4 Hoofdvraag en deelvragen

De centrale onderzoeksvraag in dit onderzoek luidt:

*In hoeverre maakt **parametrisch ontwikkelen** het ontwikkelproces van woningbouwprojecten **effectiever**?*

Parametrisch ontwikkelen: is een ontwikkelproces dat gebruikmaakt van het toepassen van algoritmes en data. Het ontwerpproces is ook onderdeel van het ontwikkelproces.

Effectiever: de juiste dingen doen zodat de gestelde doelen behaald worden. Mensen zijn vaak tijd kwijt aan taken die ze eigenlijk niet moeten doen. Effectiviteit begint dus met het stellen van hoofd- en bijzaken.

Deelvragen hierbij zijn;

1. *Hoe wordt er in Nederland woningbouw ontwikkeld en wat is de rol van projectontwikkeling daarin?*
2. *Wat is parametrisch ontwikkelen?*
3. *Wat betekent het ontwikkelen met een parametrisch model voor de ontwikkelfasen, het ontwikkelproces, het ontwikkelteam, de financiële haalbaarheid en de bedrijfsvoering?*
4. *Welke randvoorwaarden brengt parametrisch ontwikkelen met zich mee om het te kunnen implementeren in een project?*

1.5 Onderzoeksmethode

Het onderzoek is een exploratief onderzoek dat gebruikmaakt van triangulatie. Er wordt dus vanuit verschillende invalshoeken antwoord gegeven op de hoofd- en deelvragen. De onderzoeksmethoden die toegepast worden in dit onderzoek zijn literatuuronderzoeken, interviews, een mini-enquête en casestudies. Daarmee is het onderzoek kwalitatief.

Het onderzoek start met een literatuuronderzoek naar projectontwikkeling om kaders te schetsen voor een ontwikkelproces van woningbouwontwikkelingen. Dit is noodzakelijk om later in het onderzoek te kunnen beoordelen in hoeverre het ontwikkelproces effectiever wordt. Vervolgens wordt een literatuuronderzoek

gedaan naar parametrische modellen. Er is niet veel wetenschappelijke literatuur beschikbaar in de gebouwde omgeving over parametrische modellen. Daarom wordt er in dit rapport onderzoek gedaan naar parametrische modellen in een andere sector dan de vastgoedontwikkeling. Het idee hiervan is om achter de denkwijze te komen van parametrische processen en hoe deze werken, om vervolgens te kijken hoe parametrische processen kunnen worden toegepast in de vastgoedsector.

Door het doen van literatuuronderzoeken is er voldoende kennis verzameld om gerichte vragen te kunnen opstellen en experts hiermee te kunnen interviewen. Selectie van de geïnterviewden is gebeurd op basis van ervaring (referentieprojecten). Ook is er geselecteerd op 'verschillen' in de disciplines van de vastgoedsector. Zie lijst met geïnterviewden (Bijlage 02: Lijst met geïnterviewden).

De interviews worden afgenomen in de vorm van semigestructureerde interviews. Het is hierdoor mogelijk om interviews met elkaar te kunnen vergelijken. Ook biedt het semigestructureerd interview ruimte om door te kunnen vragen als respondenten nieuwe informatie delen. De interviewvragen zijn open vragen (kwalitatief), ze zijn opgenomen in Bijlage 03: Interview- en enquêtevragen. De vragen zijn ter controle voorgelegd aan de geïnterviewden, om zo suggestieve vragen of sociaal wenselijke antwoorden te mijden. Na elk interview is er een mini-enquête voorgelegd aan de geïnterviewden. De mini-enquête heeft als doel om de interviewvragen ook kwantitatief te kunnen vergelijken (Bijlage 03: Interview- en enquêtevragen).

Om de resultaten uit de interviews met de praktijk te kunnen vergelijken, is er gekozen voor casestudies. Dit gebeurt door middel van expertsinterviews (ongestructureerde diepte-interviews). Zo kunnen de resultaten van het vorige onderzoek getoetst worden op de praktijkvoorbeelden. In Nederland zijn er nog weinig praktijkvoorbeelden te vinden. The Valley in Amsterdam is één van de weinige projecten in Nederland die gebruik heeft gemaakt van een parametrisch model en inmiddels ook opgeleverd is. Helaas hebben de betrokkenen van The Valley afgezegd en is het project voor dit onderzoek dus buiten beschouwing gelaten. Ook zijn een aantal projecten recentelijk in de verkoop gegaan en wordt op korte termijn gestart met de bouw. Het betreft de projecten The Elements in Amsterdam en Smakkelaarsveld in Utrecht. Deze projecten zijn geselecteerd voor verder onderzoek aangezien de ontwikkelingen definitief zijn en er daardoor teruggekeken kan worden. Verder is de ontwikkelaar Local bezig met een project in Rotterdam (Hart010) dat op basis van een parametrisch model ontwikkeld wordt. Momenteel bevindt de ontwikkeling zich in de VO-fase en daarom is dit project ook geselecteerd voor verder onderzoek.

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de relevante literatuur over woningbouwontwikkeling in Nederland en de rol van de woningbouwontwikkelaar. In Hoofdstuk 3 wordt vervolgens de denkwijze van parametrische processen beschreven. Hierna gaat Hoofdstuk 4 in op de belangrijkste resultaten van parametrisch ontwikkelen. In Hoofdstuk 5 wordt er dieper ingezoomd op de casestudies en in Hoofdstuk 6 worden de belangrijkste resultaten van de mini-enquête weergegeven. Op basis hiervan presenteer ik in Hoofdstuk 7 het antwoord op de hoofdvraag van deze scriptie. Tot slot komen in hoofdstuk 8 de beperkingen van dit onderzoek aan bod en worden er aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

De literatuuronderzoeken (hoofdstuk 2 en 3) van dit rapport eindigen met een conclusie die een (deel)antwoord geeft op de deelvraag van het hoofdstuk. In de hoofdstukken 4, 5 en 6 (interviews, de mini-enquête en casestudies) wordt in de hoofdstukken zelf antwoord gegeven op de deelvragen. Zie Bijlage 01. Conceptueel model, voor een overzicht van de doorlopen stappen in dit onderzoek.

2. Woningbouwontwikkeling in Nederland

In het literatuuronderzoek 'Woningbouwontwikkeling' is de onderzoeker op zoek naar theorie over woningbouwontwikkeling in Nederland. Het betreft informatie over hoe er in Nederland woningbouw wordt ontwikkeld en wat de rol van de projectontwikkelaar daarin is. Het doel is om informatie te verzamelen, om in de interviews gerichte vragen te kunnen stellen aan de experts. Dit literatuuronderzoek beantwoordt deelvraag één van het onderzoek.

2.1 Woningen ontwikkelen

Ontwikkelaars ontwikkelen woningen om verschillende redenen. De belangrijkste reden voor de ontwikkelaar is vanuit een financieel belang (Peek & Gehner, 2018). Andere redenen zijn bijvoorbeeld vanuit een ecologisch of een maatschappelijk belang. Ook moet de ontwikkelaar rekening houden met de belangen van anderen. De overheid heeft namelijk de positie om de belangen van belanghebbenden, binnen het afwegingskader van projectontwikkeling, een rol te geven (Peek & Gehner, 2018).

Het speelveld van projectontwikkeling wordt bepaald door de ruimte die de overheid overlaat aan de markt (Peek & Gehner, 2018). Dit komt omdat maatschappelijke prikkels de basis vormen voor het vaststellen van het ruimtelijke ordeningsbeleid vanuit de overheid. Het beleid wordt voor de lange termijn vastgesteld en heeft consequenties voor de ruimtelijke invulling (Peek & Gehner, 2018).

Historisch gezien is de invloed van de overheid steeds groter geworden vanaf de invoering van de Woningwet in 1901. Met de invoering van de Woningwet ontstond er toelatingsplanologie. Overheden werkten ruimtelijke plannen uit en nodigden vervolgens marktpartijen uit om hierop aan te sluiten.

In de jaren negentig verscheen de Vierde Nota Ruimtelijk Ordening Extra (VINEX) vanuit de overheid (Wetenschappelijk Raad voor het Regeringsbeleid, 1998). De VINEX hield in dat er grootschalige ontwikkellocaties werden aangewezen door de overheid bestemd voor woningbouw. Eén derde van de woningen moest door initiatiefnemers ontwikkeld worden voor de sociale woningbouw en de rest van de woningen mocht voor de vrije sector ontwikkeld worden. De VINEX wordt ook wel gekenmerkt als ontwikkelingsplanologie, waarbij ontwikkelaars en gemeenten samenwerkten om de woningopgave te realiseren (Wetenschappelijke Raad voor Regeringsbeleid, 1998).

Na de financiële crisis in 2008 ontstond er uitnodigingsplanologie. Door de crisis leden overheden namelijk veel verliezen op grondexploitaties (Rooy, 2011). Voor veel gemeenten was dit reden om zich meer uitnodigend en faciliterend op te stellen -richting de markt- voor de realisatie van woningbouwlocaties.

Door ontwikkelings- en uitnodigingsplanologie werd het werkveld van de projectontwikkelaar groter en deed de term gebiedsontwikkeling haar intrede. Het doel van gebiedsontwikkeling is volgens Peek & Gehner (2018) te omschrijven als volgt: "Gebiedsontwikkeling stelt de kaders en randvoorwaarden waardoor projecten in elkaars nabijheid onderling meerwaarde realiseren. Zo ontstaat er een waardesprong in gezamenlijkheid". Gebiedsontwikkeling wordt ook wel de kunst van het verbinden genoemd, zo stelt de Zeeuw (2018): "De kunst van het verbinden van functies, disciplines, partijen, belangen en geldstromen, met oog op de ontwikkeling van een gebied".

Een duidelijke afbakening tussen project- of gebiedsontwikkeling is er in praktijk vaak niet (Peek & Gehner, 2018). Het onderzoek van Wijnen (2007) toont aan dat het bij projectontwikkeling gaat over hoe zaken te maken zijn. Hierbij wordt er projectmatig gestuurd door tijd, geld, kwaliteit, organisatie en informatie te beheersen. Het project is dan pas succesvol als het resultaat is ontwikkeld binnen de vastgestelde tijd, budget en kwaliteit. Bij gebiedsontwikkeling stellen Bekkering & Bruijn (2004, 2002) dat het betreft hoe zaken mogelijk te maken zijn. Hierbij wordt er procesmatig gestuurd op de toegevoegde waarde, de voortgang, het participeren, de openheid en de expertise. Het proces is geslaagd als er overeenstemming is bereikt over de kaders waaronder projecten ontwikkeld kunnen worden. Projectontwikkeling is dus onderdeel van gebiedsontwikkeling en kan pas plaatsvinden als de kaders en randvoorwaarden van een gebied zijn bepaald (Peek & Gehner, 2018).

Gemeenten verschillen in het ruimtelijkeordeningsbeleid. Het werkveld is daardoor verschillend en weinig

voorspelbaar (Hobma, 2019). Wel is de overheid bezig met nieuwe wetgeving die een omslag maakt naar uitnodigingsplanologie met vooraf participatietrajecten als norm (Rijksoverheid, 2022).

2.2 Rol van de ontwikkelaar

Ontwikkelaars onderzoeken of een bedacht product (vastgoed) kansrijk is voor een geselecteerde doelgroep(en). De onderzoeken beginnen met een marktanalyse vanuit de ontwikkelaar voor een locatie en doelgroep waarop het product gerealiseerd kan worden. Als de locatie voldoende potentie heeft, dan besluit de ontwikkelaar om te investeren in de locatie en het plan verder te ontwikkelen. De markt waar het product op moet aansluiten, wordt de 'product-marktcombinatie' genoemd.

Om de gekozen product-marktcombinatie(s) te ontwikkelen, dient de ontwikkelaar zekerheid te krijgen op zes verschillende kernaspecten. Volgens Peek & Gehner (2018) zijn dit onder andere:

- de locatie: werkzaamheden voor de grondverwerving en het bouw- en woonrijp maken van de locatie;
- het ontwerp en de bouw: werkzaamheden die betrekking hebben op het realiseren van een plan;
- de planologie: activiteiten die nodig zijn voor het ontvangen van planologische goedkeuring;
- het gebruik: werkzaamheden die nodig zijn voor het vinden van kopers of huurders;
- het eigendom: het verkopen van het vastgoed aan een nieuwe eigenaar en alle werkzaamheden die daarvoor nodig zijn;
- de financiering: werkzaamheden voor de financiering van alle kernaspecten.

Kernaspecten worden door de ontwikkelaar gemanaged door een project in tijd te faseren. De NEN hanteert de fasen programma, ontwerp, uitwerking, bouw en beheer (NEN, 1993). Deze fasering gaat uit van het perspectief van de bouwer en de architect. Peek en Gehner (2018) schetsen het vanuit een ontwikkelaarsperspectief: initiatiefase, haalbaarheidsfase, commitmentfase en realisatiefase.

Het is de rol van de ontwikkelaar om de ontwikkelingsgang van de kernactiviteiten te bewaken en te sturen op de onderlinge samenhang. Het sturen op samenhang door de ontwikkelaar gebeurt door middel van conceptontwikkeling of een gekozen product-marktcombinatie (Peek & Gehner, 2018). Conceptontwikkeling vindt plaats in de initiatiefase van een project. De ontwikkelaar treedt hiermee op als regisseur in het proces en geeft op basis van het concept sturing op de kernaspecten. Wolf (2018) noemt dit ook wel de definitiefase. Het gaat in het vastgoedconcept bijvoorbeeld over: de activiteiten, de bestemming, de locatie, de grootte, de doelgroepsegmentatie en de materialen.

Naast het ontwikkelen van een concept wordt er in de initiatiefase ook een businesscase opgesteld door de ontwikkelaar. Sommige bedrijven noemen het ook een Risico Acceptatie Voorstel (Bouwfonds Property Development, 2022), een financieringsvoorstel of een investeringsvoorstel (Graaf, 2018). Het betreft een intern document over beoogde investeringsbeslissingen. Hierin wordt het ontwikkelconcept verwoord naar financiële parameters. Inhoudelijk voorziet het inzicht in de geschatte opbrengsten en kosten, de risico's van het project en de financiering. Het document (vaak in Excel) wordt ook gekoppeld aan een planning met daaraan toegevoegd een marktonderzoek (Graaf, 2018).

De businesscase van de ontwikkelaar moet gedurende het project ververst worden. Dit komt doordat de informatie en de zekerheden gedurende het proces toenemen (Peek & Gehner, 2018). Het verversen van de businesscase gebeurt vaak bij de overgang naar een volgende ontwikkelfase (Bouwfonds Property Development, 2022). Zo wordt er per fase sturing gegeven en beoordeeld of de uitgangspunten van een project nog standhouden. Op die manier wordt er gestuurd door de ontwikkelaar op de kwaliteit van het project, de tijd waarbinnen het project gerealiseerd wordt, de kosten van de ontwikkeling en de opbrengsten van het vastgoed.

Het is niet ontegenzeggelijk aan te geven in welke tijdsfase een project wordt begonnen (Peek & Gehner, 2018). Dit komt omdat ieder plan anders is. Zo kan agrarisch land van een boer gekocht worden, zonder te weten of de bestemming 'wonen' mogelijk is. Er dient eerst een bestemmingswijziging plaats te vinden voordat er gestart kan worden met bouwen. Het komt ook voor dat er al een bouwrijpe bestemming ligt voor de locatie. De gemeente voert dan een grondbeleid waarbij de ontwikkelaar bouwrijpe grond afneemt van de gemeente.

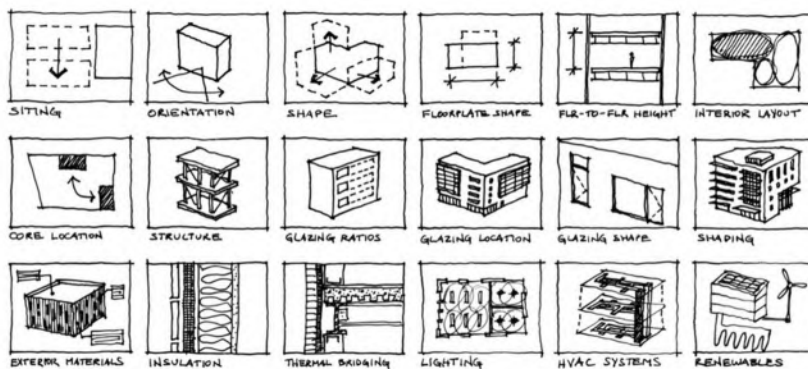
Een ontwikkelaar kan ook eerst in gesprek gaan met een belegger om vervolgens daarna pas de grond aan te kopen. Dit biedt meer zekerheid bij de verkoop van het vastgoed (Peek & Gehner, 2018). Het risico tussen de projecten is daarmee verschillend. Wel is het zo dat het risico bij de aankoop van grond met een agrarische functie groter is dan bij de aankoop van grond met een woonfunctie, als het doel van de ontwikkelaar is om woningen te bouwen (Peek & Gehner, 2018).

2.3 Adviseurs in het ontwikkelproces

De ontwikkelaar heeft adviseurs nodig om de product-marktcombinatie te vertalen in een ruimtelijk ontwerp dat maakbaar is (Bouwfonds Property Development, 2022; Gehner, 2018). De maakbaarheid betreft de technische-, de bouwfysische-, de juridische-, de esthetische- en de financiële maakbaarheid. Afhankelijk van de complexiteit van het project of de bedrijfsvoering van de ontwikkelaar kunnen er verschillende adviseurs betrokken worden in een ontwikkelteam. Onder adviseurs wordt verstaan architecten, aannemers, constructeurs, bouwfysische adviseurs, juridische adviseurs of andere adviseurs. Gezamenlijk zorgen de partijen ervoor dat er een gebouwontwerp ontstaat dat gerealiseerd kan worden en dat voldoet aan alle randvoorwaarden van het project (Bouwfonds Property Development, 2022; Gehner, 2018).

Vaak begint de architect met een eerste ruimtelijk vertaling van de wensen van de ontwikkelaar in een schetsontwerp (Bouwfonds Property Development, 2022). Vervolgens toetsen diverse adviseurs, zoals een constructeur of een bouwfysische adviseur, het schetsontwerp op de maakbaarheid. Op basis van deze input werkt de architect het gebouw gedetailleerder uit en worden de materialen en kleuren gedefinieerd in een voorlopig ontwerp. Het voorlopig ontwerp wordt voorgelegd aan een uitvoerende partij die samen met de ontwikkelaar, architect en alle adviseurs een definitief ontwerp maakt dat ingediend kan worden voor planologische goedkeuring. Zodat er na het verkrijgen van een vergunning gestart kan worden met bouwen (Bouwfonds Property Development, 2022). Het kan ook voorkomen dat er geen planologische goedkeuring wordt verleend vanuit de gemeente. Het plan moet dan aangepast worden of er moet een nieuw plan bedacht worden door de ontwikkelaar. Dit zorgt voor extra plankosten bij de ontwikkelaar en maakt het ontwikkelproces ineffectief.

Het ontwikkelteam maakt gaandeweg het proces keuzes om tot een definitief ontwerp te komen (Arup, 2022). Deze keuzes kunnen gaan over de constructie van een bouwwerk, de isolatiewaarde van een gevel, de esthetische voorwaarden van het ontwerp, de ambities van een project en nog veel meer. Zie ook figuur 2.1. Het maken van keuzes door een ontwikkelteam heeft invloed op het verdere verloop van het proces. Dit komt omdat de informatie niet altijd direct beschikbaar is en dus eerst onderzocht moet worden (Bouwfonds Property Development, 2022). De keuze om het gebouvvolume groter te maken kan later in het definitieve ontwerp problemen geven. Omdat het gebouw bijvoorbeeld niet voldoet aan de bouwfysische regelgeving. Daarvoor dienen dan weer extra maatregelen genomen te worden tot dat het ontwerp wel voldoet (Bouwfonds Property Development, 2022; Arup, 2022).



Figuur 2.1: Ontwerpkeuzes (Arup, 2022)

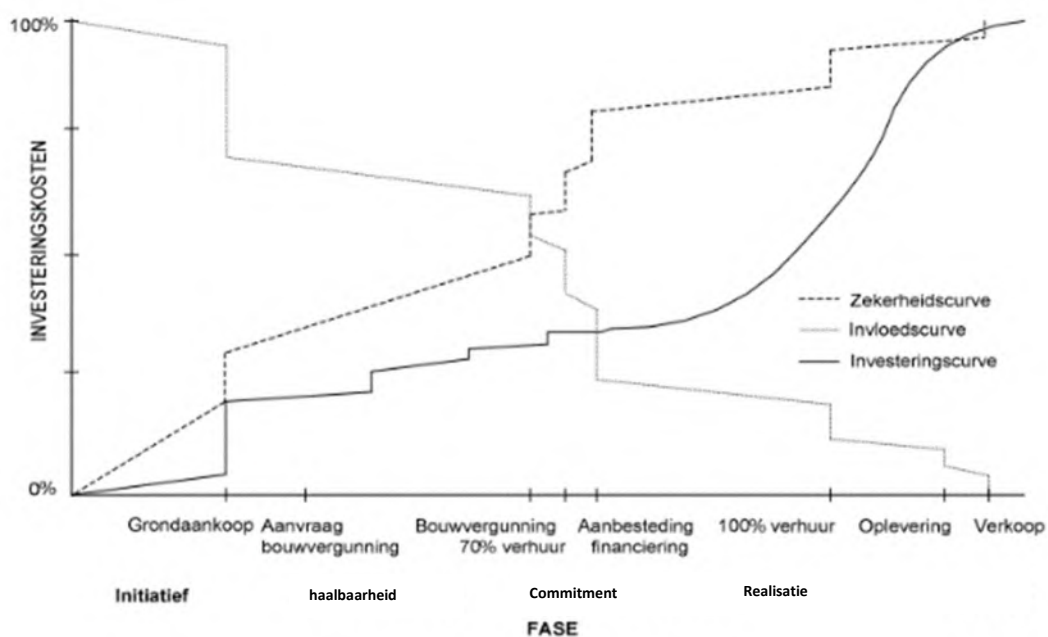
2.4 Invloed, risico's en zekerheden in het ontwikkelproces

Elk woningbouwproject heeft zijn eigen lijst met randvoorwaarden, ontwerpbeperkingen en wensen vanuit de klant. Daarmee heeft elk project ook zijn eigen onzekerheden. Door onzekerheden lopen ontwikkelaars risico's op. Risico's zijn voorvallen die het rendement van een project kunnen doen afnemen of stijgen. In het begin van elk project is alles onzeker. Gaandeweg het proces neemt de onzekerheid af door het toenemen van zekerheden op de kernaspecten (Ruhl, 2018).

Meijden (2006) toont aan dat risico's ontstaan door informatie-onzekerheden, keuze onzekerheden, inschattingonzekerheden en onverwachte gebeurtenissen. Informatie-onzekerheden ontstaan door het ontbreken van gegevens waardoor de waarde van een object niet juist kan worden gewaardeerd. Keuze onzekerheden ontstaan door oplossingen die gekozen worden maar niet juist blijken te zijn. Inschattingonzekerheden betreffen het verkeerd inschatten van het laadvermogen. Onverwachte gebeurtenissen zijn onzekerheden die onvoorzien zijn.

Als er nog weinig geïnvesteerd is door een ontwikkelaar en dus nog weinig verplichtingen zijn aangegaan, dan kan er nog veel worden beïnvloed door de ontwikkelaar. Daardoor is het risico op kapitaalverlies van de ontwikkelaar gering, terwijl de onzekerheid groot is, stelt de literatuur (Meijden, 2006; Gehner, 2018). Op het moment dat er geïnvesteerd wordt door een ontwikkelaar en daarmee kosten worden gemaakt en verplichtingen worden aangegaan, neemt de beïnvloedbaarheid af, de zekerheid toe en het risico op kapitaalverlies voor de ontwikkelaar wordt groter.

De beslissingen die door ontwikkelaars genomen worden in de initiatieffase hebben ingrijpende gevolgen voor de vervolgfases (zie ook figuur 2.2). Dit komt omdat de gemaakte beslissingen later moeilijk aan te passen zijn vanwege de gemaakte kosten en contracten met marktpartijen. Het optreden van onverwachte gebeurtenissen in de initiatieffase, is voor de ontwikkelaar het grootst. Dit komt omdat er nog weinig bekend is in de initiatieffase (Meijden, 2006; Gehner, 2018).



Figuur 2.2: Invloedmodel (Meijden, 2006)

2.5 Deelconclusie: woningbouwontwikkeling in Nederland

In deze fase is er theorie opgehaald over woningbouwontwikkeling in Nederland. Er is daarmee meer inzicht verkregen in de belangrijkste theorie over hoe woningbouw in Nederland wordt ontwikkeld en wat de rol van projectontwikkeling hierin is. Deze informatie is gebruikt voor het opstellen van de interviewvragen en het benaderen van type partijen voor de interviews (zie Bijlage 03: Interview- en enquêtevragen).

Om meer inzicht te krijgen in de Nederlandse woningbouwontwikkeling is de volgende deelvraag opgesteld voor het literatuuronderzoek: hoe wordt er in Nederland woningbouw ontwikkeld en wat is de rol van projectontwikkeling daarin?

Het antwoord op de deelvraag bestaat uit meerdere delen, onder andere:

1. overheden bepalen hoe de kaders van woningbouwontwikkeling in Nederland worden vormgegeven, ontwikkelaars proberen hieraan invulling te geven;
2. de ontwikkelaar ontwikkelt woningen vanuit een financieel-, een ecologisch- of een maatschappelijk belang;
3. de ontwikkelaar zoekt naar een geschikte product-marktcombinatie voor een locatie en stuurt op de product-marktcombinatie door zekerheden te verwerven op zes verschillende kernaspecten: de locatie en de doelgroep, het ontwerp, de planologische randvoorwaarden, het gebruik van het vastgoed, het eigendom en de financiering;
4. de kernaspecten worden gemanaged -door de ontwikkelaar- door het project in tijd te faseren: initiatiefase, haalbaarheidsfase, commitmentfase en realisatiefase;
5. in de initiatiefase van elk project is alles nog onzeker, gaandeweg het project nemen de zekerheden toe en het risico op kapitaalverlies voor de ontwikkelaar wordt groter;
6. elk woningbouwproject is uniek en heeft daarmee zijn eigen risico's en lijst van randvoorwaarden, beperkingen en wensen vanuit de markt;
7. de ontwikkelaar kan niet in z'n eentje woningen ontwikkelen, daarvoor heeft hij verschillende disciplines en stakeholders nodig in het proces en in het ontwikkelteam;
8. de werkwijze in het ontwikkelteam om tot een definitief planontwerp te komen is tijdrovend, iteratief en complex, daardoor ontstaan er vaak onnodige plankosten voor de ontwikkelaar.

3. Een parametrische denkwijze

In dit hoofdstuk is de onderzoeker op zoek naar theorie over parametrische modellen om de denkwijze van parametrische processen te begrijpen. Door middel van een literatuuronderzoek wordt hier antwoord op gegeven. Het literatuuronderzoek geeft een deelantwoord op deelvraag twee van dit onderzoek. Het betreft informatie over hoe parameters toegepast worden in algoritmes en waar ze vandaan komen. Echter is er niet veel wetenschappelijke literatuur beschikbaar in de gebouwde omgeving over de toepassing van parametrische modellen. Daarom wordt er een literatuuronderzoek gedaan naar parametrische modellen in een andere sector. Hieruit kan er vervolgens een vergelijking worden gemaakt met de vastgoedsector. Het begrip 'parametrisch model' is een model dat op basis van algoritmes en data een proces in werking stelt.

3.1 Parameters en parametrische processen

Parameters komen voor in wiskundige functies (Adams, 2006). In deze functies zijn parameters de onbekenden of de variabelen die de uitkomst van een waarde of uitdrukking bepalen. Dit gebeurt als de variabelen (parameters) een waarde toegekend krijgen. Een voorbeeld hiervan is water dat door de parameter temperatuur kan veranderen. Bij een hoge temperatuur verandert water in waterdamp en bij een lage temperatuur verandert water in ijs (Macris, 2010). Parameters zijn variabelen met een meetbare eigenschap die de waarde van een grootheid beschrijven.

Wiskundige functies kunnen op twee manieren geanalyseerd worden. Het kan handmatig door de grafiek van de functie te tekenen. Maar dit kan ook door parameters in te voeren in een grafische rekenmachine. In de rekenmachine zit namelijk een algoritme. Een algoritme is een opeenvolging van instructies die van een gegeven begintoestand naar een beoogt doel leiden. Bij invoer van een parameter in de rekenmachine treedt de algoritme in werking die output genereert. Deze output kan gebruikt worden voor analysedoeleinden. Volgens Macris (2010) wordt dit een parametrisch proces genoemd.

In de gebouwde omgeving zijn er eisen (codes) die de ontwikkeling van een project vorm kunnen geven. Denk aan regels met betrekking tot een hoogbouwvisie, het bouwbesluit of een haalbaarheidsmodel. Hierdoor is het mogelijk om met een algoritme gebouwen te analyseren, te genereren en te verbeteren (Spuybroek, 2008). Door een algoritme te schrijven voor deze regels (codes) kan er een geometrie gegenereerd worden in de computer die antwoord geeft op de regels. Het algoritme kan ook zo zijn geschreven dat er meerdere volumes gegenereerd en geanalyseerd kunnen worden. Om dit preciezer te formuleren kan er een vergelijking gemaakt worden met de biomedische wetenschappen die gebruikmaken van parametrische processen, zoals bij het analyseren van DNA.

Het menselijke DNA is volledig codeerbaar (terug te herleiden naar regels en eisen) stelt het onderzoek van Moor (2005). De mens bestaat uit een reeks van codes, zoals het menselijke genoom dat gecodeerd wordt door A, C, T en G-verbindingen. Dit concept kan in de basis vertaald worden naar gebouwen volgens Frazer (1995). Om dit te kunnen verhelderen wordt het DNA van een plant vergeleken met het DNA van een gebouw in een computer. Het DNA van een plant bevat informatie over hoe het geheel tot stand komt. Daarin zijn namelijk allerlei regels en eisen (codes) voor opgenomen die de plant tot stand moeten brengen. Dit wordt ook wel een 'genotype' genoemd (Moor, 2005). Naarmate planten groeien worden ze blootgesteld aan vele omgevingsfactoren, zoals regen, zonlicht en vele andere (EOS Wetenschap, 2013). Het genotype van een plant kan dan door veranderende omgevingsfactoren resulteren in een aantal variaties planten. Volgens het onderzoek van Moor (2005) worden dit 'fenotypes' genoemd. Dit houdt in dat genotypen harde parameters zijn die vaststaan (het DNA) en fenotypen focussen zich op zachte parameters die kunnen veranderen (omgevingsfactoren).

Harde- en zachte parameters bestaan ook in de vastgoedontwikkeling. Harde parameters kunnen bijvoorbeeld regelgeving voor gebouwen zijn, zoals het Bouwbesluit en zachte parameters kunnen gaan over ambities en gevoelswaarden van het vastgoed. Als er voor de harde- en zachte parameters een algoritme wordt geschreven, dan kan er door middel van een algoritme een gebouw gegenereerd worden. Het gebouw laat dan direct zien hoe het scoort ten opzichte van de gestelde harde- en zachte parameters (Frazer, 1995).

Het voordeel van het toepassen van algoritmes is dat de rekenkracht van de computer veel tegelijk kan analyseren. Volgens het onderzoek van Frazer (1995) zorgt dit ervoor dat men niet verzuipt in de complexiteit en de onderlinge samenhang van de vele parameters die in een gebied of gebouw kunnen bestaan, dit komt omdat de computer hierbij helpt.

Tegenwoordig wordt in de vastgoedsector de term 'parametrisch ontwerpen' voor deze denkwijze of proces in de volksmond gebruikt (Bouwfonds Property Development, 2022). Maar de term 'parametrisch ontwerp' dekt niet helemaal de lading. Een parametrisch ontwerp is een ontwerp dat op een parametrische manier tot stand is gekomen. Echter kunnen parametrische processen op veel meer zaken toegepast worden dan alleen een ontwerp. Zo kan bijvoorbeeld een businesscase opgesteld worden op basis van parameters en algoritmes. Waarbij geometrieën gekoppeld worden aan rekenmodellen zoals haalbaarheidsmodellen en stedenbouwfysica. Een aannemer kan een parametrisch proces weer gebruiken om een project in te kopen op basis van de capaciteit van de leveranciers. Waar het hierbij om gaat is dat parametrische processen overal en in elke branche kunnen voorkomen. Dus niet alleen voor een gebouwentwerp. In dit onderzoek wordt het parametrisch model vanuit de perspectief van de ontwikkelaar bekeken.

2.2 Deelconclusie: een parametrische denkwijze

De denkwijze van een parametrisch proces is gebaseerd op het algoritmisch denken: de kracht van de computer gebruiken voor analysedoeleinden. Algoritmes kunnen ook toegepast worden in de gebouwde omgeving. Hiervoor dienen er harde- en zachte parameters geformuleerd te worden die men wil toetsen op een gebied of een gebouw. Harde parameters zijn parameters die vaststaan zoals eisen met betrekking tot het Bouwbesluit. En zachte parameters zijn parameters die kunnen veranderen, denk hierbij aan ambities van een ontwikkelaar. Als een programmeur een algoritme schrijft voor de harde- en zachte parameters, dan kan een gebied of een gebouw automatisch getoetst worden aan de parameters. Hierdoor kunnen er snel inzichten worden gegenereerd die vroegtijdig geanalyseerd kunnen worden door alle betrokkenen. Het voordeel van een parametrisch proces is onder andere:

- betrokkenen kunnen geïnformeerd door het algoritme keuzes en afspraken maken;
- in een hele korte tijd kunnen er vele varianten visueel geanalyseerd worden door de snelheid van de computer, om daarbinnen een optimum te vinden;
- het biedt de mogelijkheid om dynamischer en online met elkaar te communiceren over complexe opgaven.

4. Parametrisch ontwikkelen

In dit hoofdstuk wordt gefocust op de verschillende aspecten van parametrisch ontwikkelen. Het betreft informatie over de definitie van parametrisch ontwikkelen, het werkveld, de methoden, het proces, de mate van effectiviteit en de implementatiemogelijkheden van parametrisch ontwikkelen. Het onderzoek probeert daarmee antwoord te geven op deelvraag twee en drie van dit onderzoek:

- Wat is parametrisch ontwikkelen?
- Wat betekent het ontwikkelen met een parametrisch model voor de ontwikkelfasen, het ontwikkelproces, het ontwikkelteam, de financiële haalbaarheid en de bedrijfsvoering?

De kennis wordt verzameld door interviews te houden met experts (zie Bijlage 02: Lijst met geïnterviewden). De resultaten uit de interviews zijn geparafraseerd en samengevat in dit hoofdstuk. Als bewijsvoering zijn de interviews getranscribeerd en als bijlage toegevoegd aan dit onderzoek (Bijlage 04: Interview en enquête).

4.1 Wat is parametrisch ontwikkelen?

Ontwikkelgebieden (locaties) zou je kunnen omschrijven als ingewikkelde vergelijkingen waarin veel harde- en zachte parameters bestaan die invloed hebben op de eigenschappen van een gebied of een gebouw. Deze vergelijkingen zijn soms dusdanig complex dat de ontwikkelaar de vergelijking zelf niet kan opstellen, laat staan oplossen. Parametrisch ontwikkelen is een manier om antwoord te geven op de complexe vergelijkingen. Het wordt ook gebruikt om een complexe vergelijking op te stellen die in een gebied of een gebouw kan bestaan. Dit blijkt uit de interviews met Boswinkel, Emstede, Schaik, Vola en Worms (Bijlage 04: Interview en enquête).

Parametrisch ontwikkelen wordt toegepast door een ontwikkelaar (of een adviseur) om aan de hand van algoritmes en de invoer van parameters in de algoritmes, woningbouwprojecten te genereren en te toetsen op de haalbaarheid. De toetsing kan bijvoorbeeld betrekking hebben op de haalbaarheid van het planontwerp, de product-marktcombinatie of de bouwvelop¹ van een gemeente (Bijlage 04; alle geïnterviewden). Vervolgens kunnen er op basis van de toetsing 'geïnformeerde keuzen' gemaakt worden met marktpartijen in het proces.

Binnen parametrisch ontwikkelen kan er een onderscheid gemaakt worden tussen twee toepassingsvormen van parametrisch ontwikkelen, bleek uit de interviews. Allereerst zijn er geïnterviewden die algoritmes inzetten voor het optimaliseren van het gebouwontwerp. De geïnterviewden bestempelden dit ook wel als parametrisch ontwerpen (Bijlage 04; Vola, Kooistra, Brobbel, Koehof en Basak). Daarnaast zijn er ook geïnterviewden die algoritmes inzetten voor het bepalen van het laadvermogen van een locatie en daarmee de hoogte van de investering. In de interviews werd dit ook wel parametrisch investeren genoemd (Bijlage 04; Boswinkel, Kooistra, Emstede & Soetendal).

Parametrisch investeren betreft het opstellen en definiëren van brede randvoorwaarden voor een locatie, stellen de geïnterviewden. Daarmee creëert de ontwikkelaar mogelijkheden in een locatie om vervolgens de waarde van de investering te bepalen. De ontwikkelaar stuurt hierbij op de randvoorwaarden van een project door zoveel mogelijk harde- en zachte parameters in het algoritme in te voeren. Volgens de geïnterviewden wordt dit gedaan om het model fouten te laten maken en daarmee te beoordelen welke parameters essentieel zijn en welke niet. De parameters die weinig of geen mogelijke planontwerpen genereren, hebben aanpassingen nodig of moeten gemanaged worden. De parameters die wel mogelijke planontwerpen genereren, vormen geen risico voor de ontwikkelaar. Zo kan de ontwikkelaar goed onderscheid maken in de hoofd- en bijzaken van de investering voor een locatie. Vervolgens kan dit weer teruggekoppeld worden aan de marktpartijen (gemeente of belegger) om hierin keuzen te maken en vast te leggen. Het resultaat van parametrisch investeren is uiteindelijk een geoptimaliseerde investering die ruimte biedt voor de product-marktcombinatie(s) en een aantal planontwerpen (massa's) mogelijk maakt. Het wordt ook wel gebruikt om de bouwvelop van een gemeente te optimaliseren. Volgens de geïnterviewden gebeurt parametrisch investeren in de initiatieffase van een plan.

Parametrisch ontwerpen wordt in de ontwerpfase gebruikt om de ratio's van het gebouw, het gebouwontwerp

en de vierkante meters van het gebouw te optimaliseren, bleek uit de interviews (Bijlage 04; Vola, Kooistra, Brobbel, Koehof en Basak). Hierbij worden esthetische-, economische-, ecologische-, juridische- en technische parameters getoetst op de plantontwerpen (massa's) die in de initiatieffase zijn bedacht. Vaak is er in de ontwerpfase meer zekerheid over uitgangspunten. Hierdoor heeft de ontwikkelaar specifiekere parameters die in de algoritmes gestopt kunnen worden. Met specifieke parameters wordt bijvoorbeeld regelgeving met betrekking tot het bestemmingsplan of het Bouwbesluit bedoelt, maar ook minimale afmetingen van bijvoorbeeld de constructie van het gebouw.

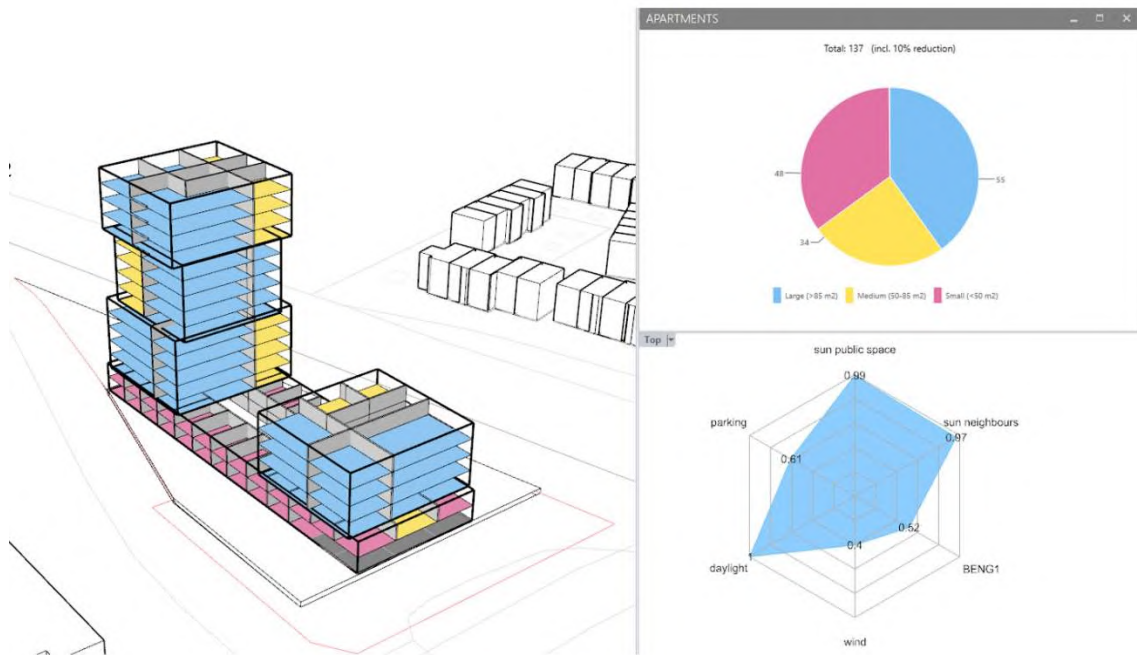
Uit de interviews met Basak, Boswinkel, Brobbel, Emstede, Kooistra, Schaik, Soetendal, Vola en Worms blijkt dat parametrisch ontwerpen en parametrisch investeren plaatsvinden op basis van een generatief- en een datagestuurde proces (Bijlage 04: Interview en enquête). Een generatief gestuurd proces is op basis van een set 'basisparameters'. Een soort black-box methode waarbij de computer duizenden scenario's genereert in één dag tijd. Volgens de geïnterviewden kan dit met (basis)parameters die een absolute waarheid hebben en automatisch op de achtergrond meedraaien. Bijvoorbeeld de parkeereisen van een locatie die in het algoritme kunnen leiden tot een automatisch gegenereerde parkeerbak. In paragraaf 3.1 wordt dit het genotype of harde parameters genoemd.

In figuur 4.1 staat een voorbeeld van oplossingsrichtingen die een parametrisch model op een generatieve wijze heeft gegenereerd. De oplossingen kunnen gefilterd worden op het aantal vierkante meters, de gebruiksfunctie, de gebouwhoogten of de parkeerplekken (harde parameters). Hierdoor kan de ontwikkelaar een top-5 maken van oplossingsrichtingen die verder geanalyseerd kunnen worden in een datagestuurde proces.



Figuur 4.1: Massastudies (Spacemaker, 2022)

De geïnterviewden stellen dat een datagestuurde proces gebruikt wordt om geometrieën te toetsen op een vooraf gespecificeerde kritieke prestatie-indicator². Het gaat hierbij meer over de 'zachte waarheden' in een plan. In paragraaf 3.1 worden dit ook wel de zachte parameters genoemd. Een voorbeeld hiervan is een stedenbouwkundigplan dat door een adviseur in het parametrisch model wordt ingevoerd. Met behulp van algoritmes kan het stedenbouwkundigplan getoetst worden aan de harde parameters, zoals juridische-, stedenbouwfysische of financiële eisen. Uit de toets worden er nieuwe data gegenereerd die door de adviseur in een database wordt gestopt. Vervolgens wordt de dataset geanalyseerd met de stakeholders, om op basis daarvan 'geïnformeerde keuzes' te maken. Zo kan het stedenbouwkundigplan geoptimaliseerd worden. De computer geeft hierbij het inzicht op hoe de zachte- en harde parameters ten opzichte van elkaar scoren. Zie figuur 4.2 voor een voorbeeld van een datagestuurde proces met een score per kritieke prestatie-indicator.



Figuur 4.2: Datagestuurd (Arup, 2022)

4.1.1 Parametrisch communiceren

In een parametrisch model is de ontwikkelaar samen met de stakeholders op zoek naar het optimum tussen alle eisen en wensen. Daarmee wordt een parametrisch model ook ingezet als communicatiemiddel richting de stakeholders, stellen de geïnterviewden (Bijlage 04; alle geïnterviewden). Uit de interviews komt ook naar voren dat het maken van keuzen over projectbeslissingen minder gebaseerd op onderbuikgevoel gaat. De output uit het model weergeeft namelijk feitelijke data en creëert daarmee een basis van vertrouwen. Volgens de geïnterviewden komt dit omdat het model onderbouwd een output aangeeft en niet de gehaaide ontwikkelaar. De ontwikkelaar wordt namelijk in zijn keuzen niet als objectief gezien, de computer wel (Bijlage 04: Basak, Boswinkel, Brobbel, Kooistra, Vola en Worms).

Gedurende het ontwikkelproces is het mogelijk om het planontwerp aan te passen zonder het verliezen van inzicht in de keuzen die eerder gemaakt zijn. Uit de interviews komt ook naar voren dat alle keuzen worden vastgelegd en daarmee zichtbaar zijn via het parametrische model (Bijlage 04: Brobbel, Kooistra, Schaik, Vola en Worms).

4.2 Ontwikkelfasen bij parametrisch ontwikkelen

De fasering van Peek en Gehner (2018), zie ook paragraaf 2.2, blijft relevant bij het toepassen van parametrisch ontwikkelen. Wel zorgt het ontwikkelen met een parametrisch model binnen de ontwikkelfasen voor meer effectiviteit en efficiëntie, bleek uit de interviews met Basak, Boswinkel, Emstede, Koehof, Kooistra, Schaik, Soetendal, Vola en Worms (Bijlage 04: Interview en enquête). De toepassing van een datagedreven ontwikkelmethode stelt de ontwikkelaar namelijk in staat om vroegtijdig gevalideerde analyses en technische evaluaties te koppelen aan volumestudies. Hierdoor kunnen ontwikkelaars, klanten en ontwerpers samenwerken om de volumestudies (ontwerpen) te verfijnen in een real-time digitaltwin. Deze methode activeert al vroeg het creatieve proces en maakt het daardoor effectief en efficiënt.

De ontwikkelfasen worden ook dynamischer met toepassing van een parametrisch model. Zaken die pas in de volgende fase aan de orde komen, kunnen door toepassing van algoritmes en data al in de initiatieffase van een plan meegenomen worden. Toch blijven de ontwikkelfasen ook relevant omdat er keuzen gemaakt moeten worden in het ontwikkelingsproces over zaken die geen absolute waarheden kennen, blijkt uit de interviews

met Brobbel, Kooistra, Basak, Vola en Worms (Bijlage 04: Interview en enquête). Dat zal vaak nog stapsgewijs gaan, zoals gemeentelijke procedures, belangen vanuit bewoners of een hoger ambitieniveau op het gebied van duurzaamheid. De geïnterviewden geven daarom aan dat het ook nog steeds moet gaan over vastgoed wat men mooi en waardevol vindt. Als de doelgroep het namelijk niet mooi vindt, dan zal niemand het gebouw willen kopen. In de interviews met Brobbel en Worms wordt aangegeven dat het een illusie is dat een parametrisch model direct een gebouw genereert dat optimaal is. De ontwikkelaar heeft nog steeds te maken met externe partijen en invloeden die het proces kunnen beïnvloeden. Denk bijvoorbeeld aan een stedenbouwkundige vanuit de gemeente die het plan afkeurt. Dit moet dan door de ontwikkelaar gemanaged worden.

Databeslissingen per fase worden met parametrisch ontwikkelen relevanter dan de producten in de fasen (definitiefase schetsontwerp, voorlopig ontwerp en definitiefontwerp), stelt Kooistra in het interview. De producten zullen namelijk wijzigen als de invoer van data ook wijzigt. Per project zal het verschillend zijn welke databeslissingen relevant zijn.

4.3 Een parametrisch ontwikkelproces

Een parametrisch ontwikkelproces start bij het specificeren van de kritieke prestatie-indicatoren, randvoorwaarden en variabelen van een project, stellen Basak, Boswinkel, Vola en Worms in de interviews (Bijlage 04: Interview en enquête). Een parametrisch model kan namelijk al snel duizend planontwerpen genereren in een dag tijd. Hierdoor ontstaat er een grote bulk aan data. Het beoordelen van duizend ontwerpvarianten is niet effectief (Bijlage 04; Worms). Het is daarom noodzakelijk om te kunnen filteren welke randvoorwaarden, variabelen en kritieke prestatie-indicatoren belangrijk zijn voor een project.

Randvoorwaarden zijn de vaste grenzen van een project, denk aan kavelgrenzen of regelgeving. Variabelen betreffen de vrijheidsgraden in het model. Dit kan de positionering zijn van de gebouwen op de kavel, de oriëntatie van het gebouw of het type gebouw. De kritieke prestatie-indicatoren zijn parameters die gebruikt kunnen worden voor het besluitvormingsproces. In paragraaf 3.1 worden de randvoorwaarden, de variabelen en de kritieke prestatie-indicatoren, ook wel de harde- en zachte parameters genoemd.

Na het specificeren van de harde- en zachte parameters voor een project wordt op basis van de parameters een algoritme gebouwd. Volgens de geïnterviewden kan het bouwen van een algoritme op drie manieren ingericht worden (Bijlage 04; Brobbel, Vola & Worms). Allereerst op basis van een quantmodel. Een quant is een wiskundige die algoritmes schrijft waarmee computers automatisch kunnen traden (handelen). Banken huren een quant in om optimale wiskundige formules te programmeren om zoveel mogelijk winst te maken op investeringen die een bank doet. De ontwikkelaar zou dit in zekere zin ook kunnen doen, stelt Brobbel. Waarbij de ontwikkelaar dus een quant (programmeur) in dienst neemt. De ontwikkelaar is hierbij goed in het specificeren van de belangrijkste parameters binnen een plan. Deze parameters worden meegegeven aan een quant die vervolgens een algoritme bouwt en daarmee optimale massastudies genereert waar de ontwikkelaar weer verder mee kan. De tweede optie is de inzet van het adviesmodel voor het bouwen van een algoritme. Een adviesmodel is een model waarbij een externe adviseur het algoritme bouwt. De ontwikkelaar levert wel de input voor de randvoorwaarden, de variabelen en de kritieke prestatie-indicatoren van een project. Voorbeelden hiervan zijn bedrijven als ARUP, OMRT of architecten zoals Mei Architects of Studio Elephant. Er wordt hierbij een bedrag betaald aan de externe partij die de verantwoordelijkheid van het model draagt. De derde optie is de softwaremodel. De ontwikkelaar koopt hierbij een programma in van een softwarebedrijf dat voor het algoritme zorgt. De ontwikkelaar kan deze gebruiken. De ontwikkelaar moet dan wel geschoold worden over het gebruik van het programma. Het softwarebedrijf zorgt ervoor dat de software up-to-date is en makkelijk te gebruiken is. Een voorbeeld hiervan is het programma Spacemaker van Autodesk.

In de interviews met Vola en Worms is op te merken dat een parametrisch proces benaderd kan worden vanuit een stedenbouwkundig niveau, een verkavelingsniveau, een gebouwniveau en het niveau vanuit de plattegrond. Het doel van het project kan de volgorde bepalen met welk niveau begonnen wordt. Als de

plattegronden al bekend zijn, is het mogelijk om te werken vanuit een bottum-up proces, stellen Emstede en Soetendal (Bijlage 04). Bij een bottum-up proces worden de plattegronden van gebouwen gebruikt als ruimtereservering in het algoritme om zo uiteindelijk de stedenbouw te kunnen bepalen. Echter kan het proces ook omgekeerd benaderd worden, bijvoorbeeld vanuit de omgevingsparameters. Door omgevingsparameters in te voeren in het algoritme kan er een product uitrollen dat optimaal past op de locatie. Welke volgorde logisch is, is afhankelijk van het doel van het project, blijkt uit de interviews met Vola, Worms, Soetendal en Emstede (Bijlage 04). In het geval dat de ontwikkelaar een masterplan of stedenbouwkundigplan moet maken, dan zou een top-down proces logisch zijn. Maar als alle kaders en randvoorwaarden al bepaald zijn en ingevoerd kunnen worden in het algoritme, dan zou een bottum-up proces logischer zijn. Op basis van de interviews van Emstede en Soetendal blijkt dat een top-down proces meer gebruikt wordt voor parametrisch investeren en een bottum-up proces meer voor parametrisch ontwerpen.

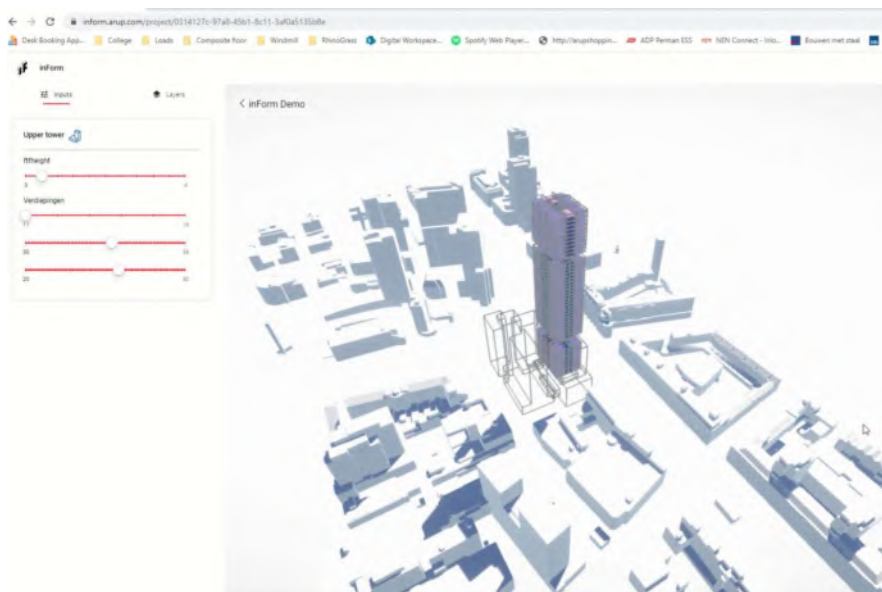
4.3.1 Communiceren met een parametrisch model

Het communiceren van data uit een parametrisch model kan op twee verschillende manieren volgens de geïnterviewden. Ten eerste door middel van grafieken, tabellen en 3D-beelden uit het parametrisch model (zie figuur 4.3 voor een geluidsstudie in Spacemaker). Ten tweede is het ook mogelijk om een licentie of een onlinelink met de stakeholders te delen. Parametrische processen zijn digitaal en daardoor eenvoudig toegankelijk te maken. Het idee is dat de stakeholders kunnen inzien wat de consequenties van keuzen betekenen. Zie figuur 4.4 voor een onlinelink.

Een groot voordeel van een online omgeving is dat het de mogelijkheid biedt om kennis online vast te leggen, stellen Vola, Worms, Schaik en Kooistra (Bijlage 04: Interview en enquête). Keuzes in een project kunnen dus ook vastgelegd worden en daarmee worden verantwoord. Het biedt ook de mogelijkheid om de kennis weer te delen in een ander project. Ook is het mogelijk om het algoritme van bijvoorbeeld een interessante parkeeroplossing te downloaden die elders in de wereld bedacht is en te implementeren in een nieuw project (Bijlage 04; Brobbel).



Figuur 4.3: Geluidstudie (Spacemaker, 2022)



Figuur 4.4: Onlinelink (Arup, 2022)

4.4 Het parametrische ontwikkelteam

Binnen het ontwikkelteam (adviseurs, architect, bouwer en ontwikkelaar) is er in het proces een functie nodig die de kwaliteit van de ingevoerde data bewaakt en het parametrisch model. In het interview met Brobbel wordt dit ook wel de modelverantwoordelijke genoemd. Het gevaar is namelijk dat het ontwikkelteam een overschot aan informatie krijgt. De modelverantwoordelijke heeft hierbij een controlerende functie. Dit zou in het proces dus ook de programmeur (quant) kunnen zijn of een externe partij.

Het ontwikkeltraject van een ontwikkelteam wordt door parametrisch ontwikkelen dynamischer en effectiever, stellen de geïnterviewden (Bijlage 04; Kooistra, Vola & Worms). Het parametrisch model geeft namelijk de mogelijkheid om alle disciplines van het ontwikkelteam in één keer te kunnen beschouwen. Elke input in het algoritme genereert direct een output. Een adviseur hoeft daardoor niet eerst een berekening te maken om antwoord te kunnen geven op de vraag van de ontwikkelaar. De berekeningsmethoden kunnen namelijk in een algoritme geautomatiseerd worden. Daardoor maakt het model de berekening en niet de adviseur. Alle geïnterviewden zijn het erover eens dat de kennis van een adviseur wel noodzakelijk is als input voor het model (Bijlage 04: Interview en enquête).

Uit de interviews met Basak, Brobbel, Boswinkel, Emstede, Kooistra, Vola en Worms blijkt dat de ontwikkelaar bij het opstellen van het programma van eisen (PVE) met veel meer aspecten rekening kan houden ten opzichte van een traditionele PVE. Vervolgens kan dit in 3D aangeleverd worden. De ontwerprisico's worden daardoor geminimaliseerd en dat geeft meer zekerheid voor het ontwerp. Het model van de ontwikkelaar wordt daarmee een ondersteunende tool en een toetsing voor het ontwerp van de architect.

Veel architecten stappen over op parametrisch ontwerpen. Zoals bijvoorbeeld MVRDV, Studio Elephant en Mecanoo (Bijlage 04; Brobbel). Waarbij het model van de ontwikkelaar als input gebruikt wordt voor het model van de architect. In sommige gevallen wordt de architect ingehuurd als externe (adviseur) om door middel van een parametrisch model een ontwerp te maken. Het is ook mogelijk dat het model van de ontwikkelaar wordt gebruikt als ruimtereservering in een BIM-model³ (top-down proces). De architect of aannemer kan dan vanuit het BIM-model het plan verder uitwerken. Ook komt het voor dat het BIM-model als ruimtereservering wordt gebruikt in het parametrisch model om van daaruit de stedenbouw te bepalen. In paragraaf 4.3 wordt dit ook wel een bottom-up proces genoemd.

Brobbel, Schaik, Worms en Kooistra geven aan dat het parametrisch model waarmee de ontwikkelaar de massa maakt, niet het parametrisch model is waarmee de aannemer de hoeveelheid lood wil berekenen of het gedetailleerde gebouwontwerp wil maken (Bijlage 04: Interview en enquête). Veel aannemers en architecten weten nu hoe het in BIM moet. Maar uiteindelijk is het denkbaar dat er een platform ontstaat waarbij er verschillende soorten software bestaan, maar dat het principe overal hetzelfde is, stellen Brobbel, Schaik, Kooistra en Vola (Bijlage 04: Interview en enquête). De ontwikkelaar begint met het maken van een massa die

haalbaar is, de architect en de adviseurs creëren binnen de massa een gebouwontwerp dat de aannemer toetst op de financiële en de technische maakbaarheid. Het ontwikkelteam levert hierbij de input en het model de output.

Uit het interview met Boswinkel blijkt dat door parametrisch te ontwikkelen er ook een ander voortraject ontstaat in de initiatieffase (Bijlage 04: Interview en enquête). Bij een parametrische ontwikkeling moet namelijk eerst een algoritme gebouwd worden en pas daarna komen er massastudies of ontwerpen uit. Er wordt dus tijdens een kick-off van een plan kennis gevraagd van de adviseurs zonder dat er al een ontwerp of massastudie bedacht is. Tussentijds worden er ook vragen gesteld aan de adviseurs om extra kennis te delen voor het verfijnen van het algoritme. Als vervolgens het algoritme gebouwd is, kan er gestart worden met een schetsontwerp. Waarbij de kaders en randvoorwaarden van het project al meteen beantwoord zijn. Afhankelijk van het project duurt het ongeveer 1-3 maanden om een algoritme te bouwen.

4.5 Interne besluitvorming

Parametrisch ontwikkelen voegt het laadvermogen in 3D toe aan de interne besluitvorming. Zo blijkt uit de interviews met Basak, Schaik en Kooistra dat de vastgoedexploitatie (in Excel) van een ontwikkelaar tastbaarder wordt en dat de cijfers beter kloppen, aangezien deze uit het model komen. Doordat er een digitaltwin toegevoegd wordt aan de interne besluitvorming, kunnen kwaliteitsaspecten automatisch getoetst worden in het 3D-model. Scores met betrekking tot duurzaamheid kunnen vroegtijdig gemeten worden door middel van algoritmes. Deze kunnen vervolgens in 3D beelden en in grafieken gepresenteerd worden aan het managementteam of externe stakeholders. Bedrijfsdoelstellingen kunnen daardoor ook al vroegtijdig gemeten worden, zonder dat daar al grote investeringen tegenover staan, geven Basak en Schaik aan. Het is ook mogelijk om van de vormfactoren die aangehouden worden in de vastgoedexploitatie te toetsen of deze in het plot te realiseren zijn, blijkt uit het interview met Emstede (Bijlage 04: Interview en enquête). Dit kan met name interessant zijn bij het sluitend krijgen van een exploitatie. Het is afhankelijk van de situatie en stand van het project welke factoren interessant zijn voor de besluitvorming. Op basis daarvan kan er een algoritme geschreven worden.

Uit de interviews met Vola, Schaik, Emstede en Worms blijkt dat er twee soorten manieren zijn om gegevens uit het parametrisch model te koppelen aan de interne besluitvorming (Bijlage 04: Interview en enquête). Ten eerste is het mogelijk om getallen te exporteren en deze in te voeren in de exploitatie (Excel) van de ontwikkelaar. Dit zal voor de hand liggend zijn als er gewerkt wordt met een externe partij of een softwareprogramma die een exportfunctie heeft naar Excel. Het programma levert de data zodat de ontwikkelaar dit weer kan invoeren in de grond- of vastgoedexploitatie. Een andere mogelijkheid is om de exploitatie in het algoritme te bouwen. Bij het wijzigen van de parameters verandert de geometrie en daardoor zal de exploitatie ook wijzigen. Het Excelbestand wordt daarmee onderdeel van het parametrisch model.

Ook is het mogelijk om kwaliteitsparameters te introduceren stellen Schaik, Basak en Brobbel (Bijlage 04: Interview en enquête). Bijvoorbeeld voor de leefbaarheid van het ontwerp. Dit kan in de briefing naar een architect toe worden opgenomen. Als ontwikkelaar is het daarmee mogelijk om te stellen dat x% van het gebouw groen moet zijn of dat op ieder balkon een eettafel moet staan als het een gezinswoning betreft. Het sturen op de kwaliteitseisen van de gebruiker kan hierdoor heel goed. Elk input geeft namelijk een output op de kwaliteitsparameters.

4.5.1 Risico's en zekerheden in een parametrisch proces

Vola en Worms stellen dat de lijn van zekerheid en risico verandert bij een parametrisch ontwikkelproces (zie figuur 2.2). In een ontwikkelproces is de zekerheid in het begin van het proces het laagst en het risico het hoogst (Meijden, 2006). Dit zal voor een parametrisch ontwikkelproces ook gelden. Alleen stellen de geïnterviewden dat de zekerheid eerder toeneemt en het risico eerder daalt. Dit komt omdat het ontwikkelteam meer elementen naar voren kan halen en daardoor veel eerder beschouwd kunnen worden.

5. Casestudies: The Elements, Smakkelaarsveld & Hart 010

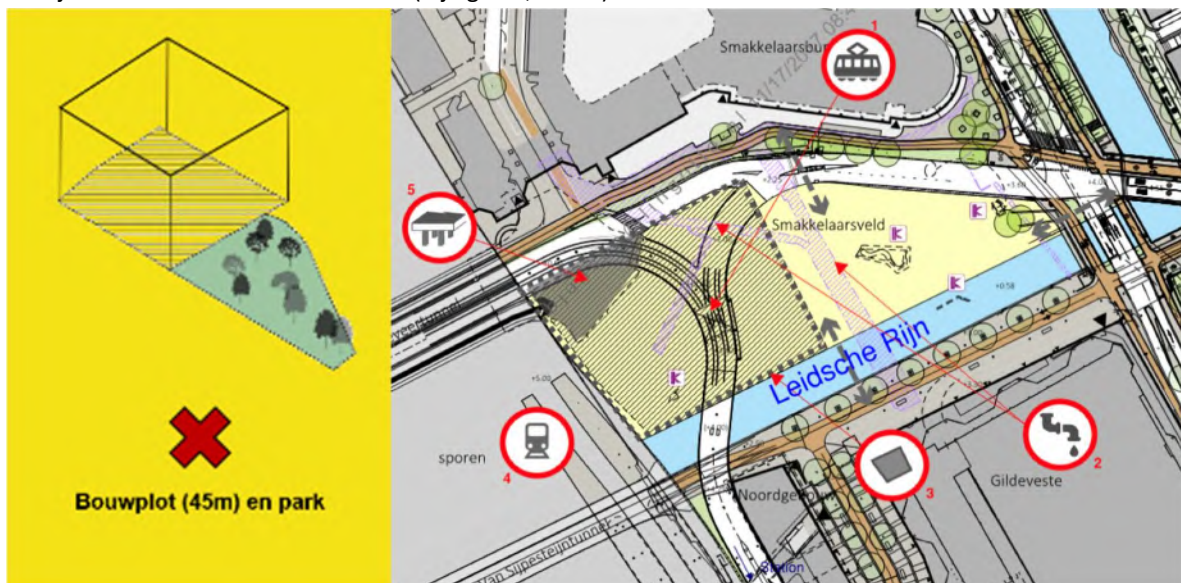
Dit hoofdstuk bevat informatie over hoe parametrisch ontwikkelen is toegepast in de projecten: The Element, Smakkelaarsveld en Hart 010. Middels diepte-interviews over de projecten zijn de praktijkvoorbeelden bestudeerd. Hieronder weergeeft de onderzoeker de belangrijkste resultaten van de onderzochte projecten. De resultaten uit de interviews zijn geparafraseerd en samengevat. Als bewijsvoering zijn de interviews getranscribeerd en als bijlage toegevoegd aan dit onderzoek (Bijlage 04; Basak, Boswinkel en Vola). Het doel van dit onderzoek is om de informatie van het vorige hoofdstuk te kunnen valideren. Het onderzoek geeft een antwoord op deelvraag vier:

- Welke randvoorwaarden brengt parametrisch ontwikkelen met zich mee om het te kunnen implementeren in een project?

5.2 Smakkelaarsveld Utrecht (Lingotto, ARUP)

Smakkelaarsveld is een tender geweest die in 2017 is uitgeschreven door de gemeente Utrecht en die door ontwikkelaar Lingotto gewonnen is. Smakkelaarsveld is een locatie die destijds niet toegankelijk was en er waren regelmatig drugsgebruikers te vinden. De locatie heeft een hele tijd leeggestaan wat toonaangevend was voor een locatie die naast het Centraal Station van Utrecht gelegen is.

Voor de tender had de gemeente een plan bedacht om een 45 meter hoog gebouw te realiseren in een 'doosvorm' die voor woningen en een bibliotheek was bestemd. In 2014 is dit weggestemd door de gemeenteraad om financiële redenen, er was namelijk geen budget beschikbaar. De gemeente besloot het project daarom te tenderen. De vraag van de gemeente in de tender was om een vastgoedontwikkeling te maken waaruit een park en het uitgraven van de Leidsche Rijn betaald kon worden. Eerder had de gemeente de Catharijnesingel uitgegraven en met het uitgraven van de Leidsche Rijn moest het mogelijk worden om een rondje te kunnen varen door Utrecht (bijlage 04; Basak).



Figuur 5.1 Idee gemeente Utrecht (Basak, 2022)

De ligging van Smakkelaarsveld maakt het een complexe locatie met veel ingewikkelde omgevingsfactoren. Bijvoorbeeld het geluid van het spoor, een tram- en een busverbinding, de drukke fiets- en autowegen, een aantal oude kunstwerken en ondergronds loopt er een betonnen plaat waar niet doorheen geboord mag worden in verband met afwatering van de tunnel. Kortom veel factoren in de tender die het plan risicovol maken. Zie figuur 5.1 voor een overzicht van het plan. Het donkergrijs gearceerde deel is het bouwvlak van het bestemmingsplan uit 2014 met daarnaast een park (bijlage 02; Basak).

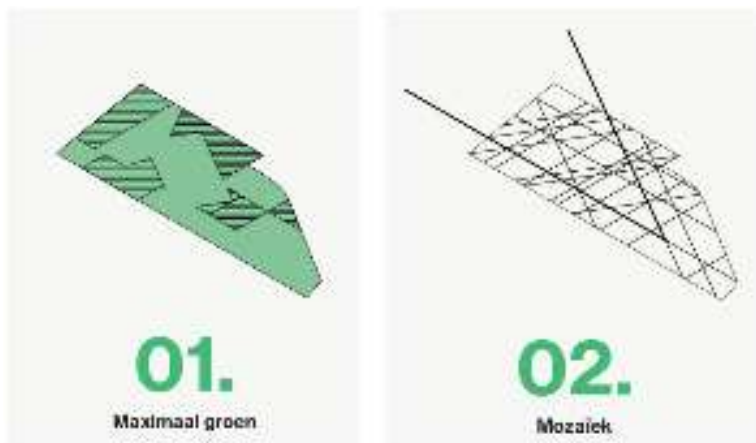
De gemeente heeft voorafgaand aan de tender participatietrajecten gestart. Hiervoor zijn vierhonderd Utrechtse uitgenodigd die hun mening konden geven over de toekomst van de Smakkelaarsveld. Het

antwoord is samengevat in woordwolken die in de tender uitvraag zijn toegevoegd. Allereerst wilden de Utrechters meer 'groen' om te kunnen ontspannen. De tweede eis van de Utrechters was voor 'rust' op de drukste plek in Utrecht, maar ook weer niet te veel rust, er moet ook iets te beleven zijn. Tevens moet het ook 'verbonden' zijn aan de omgeving vonden de Utrechters (zie figuur 5.2).



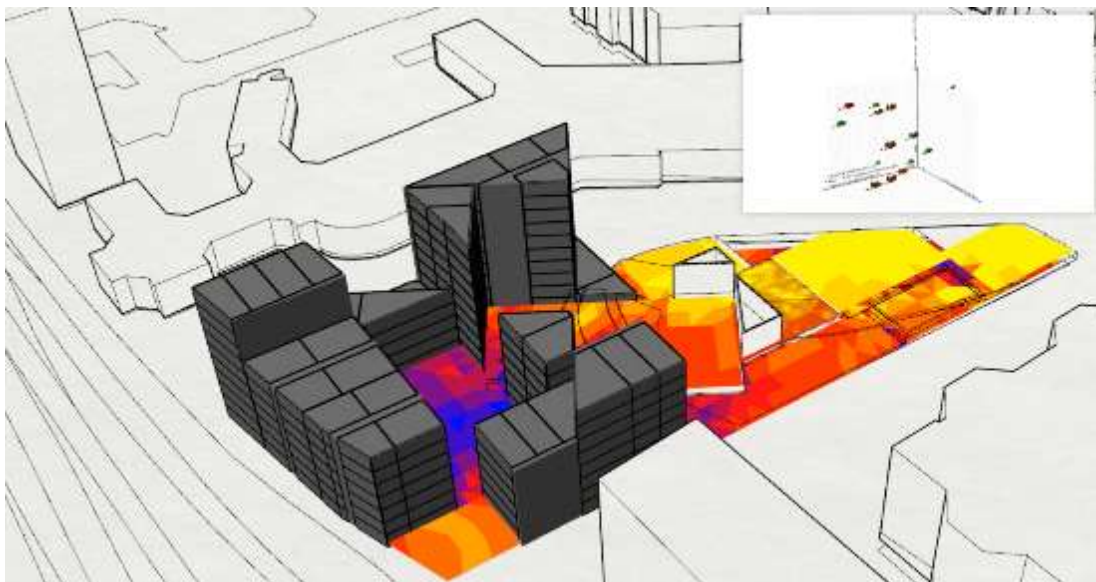
Figuur 5.2 Wordwolken tender Smakelaarsveld (Basak, 2022)

Ontwikkelaar Lingotto heeft geprobeerd om antwoord te geven op de tender door middel van parametrisch ontwerpen. Het proces begon hierbij met het definiëren van parameters door Lingotto. De volgende kritieke prestatie-indicatoren werden vastgelegd om antwoord te kunnen geven op de tender: optimaal comfort in het park, maximaal groen en optimaal comfort en kwaliteit in de woningen (bijlage 04; Basak). *Optimaal comfort in het park* wordt gedefinieerd als: er moet een maximale hoeveelheid zonlicht in het park schijnen zodat het geen duister parkje wordt, er moeten minimale geluidsniveaus in het park gecreëerd worden zodat er rust ontstaat, er moeten maximaal aantal zichtlijnen op het park zijn om een sociaal veilig park te creëren en er moet minimale windhinder in het park zijn voor het comfort. *Maximaal groen* betekent dat de gehele oppervlakte van de kavel groen moet zijn. En *optimaal comfort en kwaliteit in de woningen* betekent: alle woningen moeten minimaal via twee gevels daglicht binnenkrijgen, er moeten minimale geluidsniveaus op de gevels gecreëerd worden en er moet veel zonlicht op de zuidgevels schijnen voor de PV-panelen. De kritieke prestatie-indicatoren zijn getoetst aan het bestemmingsplan door middel van een algoritme. Daar kwam al gauw uit dat het huidige bestemmingsplan geen ruimte bood voor de kwaliteit die de ontwikkelaar en de Utrechters voor het plan wilden. In het bestemmingsplan was het park op het oosten georiënteerd dit betekende dat er geen optimaal zonlicht in het park aanwezig kon zijn. Tegelijkertijd moest er wel een volume aan de westzijde zitten vanwege de optimale geluidbelasting in het park. Dit zorgde ervoor dat de ontwikkelaar moest afwijken van het bestemmingsplan om de kwaliteit die gevraagd werd in de tender, te kunnen realiseren. De ontwikkelaar heeft hierbij architecten ingeschakeld om de afwijking te onderbouwen vanuit een stedenbouwkundig perspectief. Daaruit werd een mozaïek gecreëerd van belangrijke stedenbouwkundige lijnen die daar een oorsprong hebben, zie figuur 5.3 (Bijlage 02; Basak).



Figuur 5.3 Mozaïek van Stedenbouwkundige lijnen Smakkelaarsveld (Bijlage 04; Basak)

Het stedenbouwkundige mozaïek is samen met de kritieke prestatie-indicatoren en de overige parameters toegevoegd aan het parametrisch model. Hierdoor heeft het parametrisch model volumestudies gegenereerd die opgetrokken zijn vanuit het stedenbouwkundige mozaïek. In figuur 5.4 zijn de volumestudies te zien die het model heeft opgeslagen. Rechtsboven, in het witte venster, worden alle oplossingen opgeslagen en het grote 3D-beeld vertegenwoordigt de variant die op dit moment wordt gegenereerd. In het witte venster is er ook een assenstelsel zichtbaar. Het assenstelsel staat voor de kritieke prestatie-indicatoren en de randvoorwaarden. De variant die het dichtst in het middelpunt van het assenstelsel staat, is de variant die het beste scoort op de parameters en daarom het meest optimale is. In de tender is dit model gekozen. Het plan wijkt wel van het bestemmingsplan, maar voldeed wel beter aan de vraag van de gemeente en de Utrechters. De 45 meter hoge doos uit het oude bestemmingsplan is verdeeld in gebouwen met verschillende hoogten. Hierdoor voldeed het plan beter aan de kritische prestatie-indicatoren en kon de zon het park binnentreden (bijlage 04; Basak).



Figuur 5.4 Output parametrische model Smakkelaarsveld (Bijlage 04; Basak)

Om tot een haalbaar product te komen zijn alle civieltechnische werkzaamheden vooraf uitgerekend. Vervolgens is er uitgerekend hoeveel volume er nodig is met een bouw prijs en opbrengsten om financieel haalbaar te kunnen zijn, dat kwam uit op 24000m² bruto-vloeroppervlak (BVO). Het volume is als parameter toegevoegd in het model. Inmiddels is het plan verkocht en bestaat het volume nog steeds uit 24000m² BVO (bijlage 04; Basak).

Na het winnen van de tender heeft de ontwikkelaar samen met de architect en aannemer het plan verder uitgewerkt. Daarbij dienden de contouren van het volume als basis voor de verdere technische- en esthetische

uitwerking. De ontwikkelaar stuurde in het vervolg van het proces op het volume uit het parametrisch model, aangezien alle omgevingsfactoren daarop getoetst waren.

Door middel van een parametrisch model konden er veel scenario's worden doorgerekend, waarbij er gekozen is voor de meest optimale oplossing. Het plan heeft mede hierdoor de tender gewonnen. De ontwikkelaar van het plan (Lingotto) stelt dat door middel van het parametrisch model veel verder gekeken kon worden dan zonder (Lingotto, 2018). Het gaf de mogelijkheid en het inzicht om eerder, veel sneller en veel beter te communiceren met andere partijen, wat bevorderlijk was voor het proces. Daarnaast kan het menselijke brein maar een aantal scenario's doorrekenen. Met parametrisch ontwikkelen kunnen we meer opties doorrekenen en toetsen aan de juridische randvoorwaarden of de doelstellingen in het plan (Bijlage 04; Basak).

5.2 The Elements Amsterdam (ARUP)

In het Amstelkwartier in Amsterdam komt de woontoren The Elements, zie figuur 5.5. In het 70 meter hoge gebouw komen 144 huur- en koopwoningen in het hogere- en midden segment. Het planontwerp is vormgegeven door middel van parametrisch ontwerpen. Elementen als goede daglichttoetreding, minimale geluid- en windhinder en maximaal duurzaam opgewekte energie zijn meegenomen als kritieke prestatie-indicatoren in het parametrisch model (Architects, 2022).



Figuur 5.5 Amstelkwartier (Amsterdam, 2019)

Het Amstelkwartier is een tender geweest van de gemeente Amsterdam (Amsterdam, 2019). De vraag van de gemeente was om een woongebouw te maken dat duurzaam, prominent en markant aanwezig is. Een elegante en lichte woontoren op een onderbouw met daarin functies die passen bij de stad. Het gebouw moest verbonden zijn met de hoogbouw langs de Amstel. In het programma moesten er minimaal 70 middel-dure huurwoningen zijn, 70 tot 90 koopwoningen in de vrije sector en een plint met verschillende functies. Ook stelde de gemeente eisen aan de visie van de opgave en het ontwerp (Amsterdam, 2019). Punten die een belangrijke weging hadden in de tender waren: de relatie van het gebouw ten opzichte van de omgeving, het beeld, de karakter en de oriëntatie, de verbinding met de openbare ruimte, het programma, de inpassing van de duurzaamheidsmaatregelen in het volume en de samenhang van alle elementen (synergie).

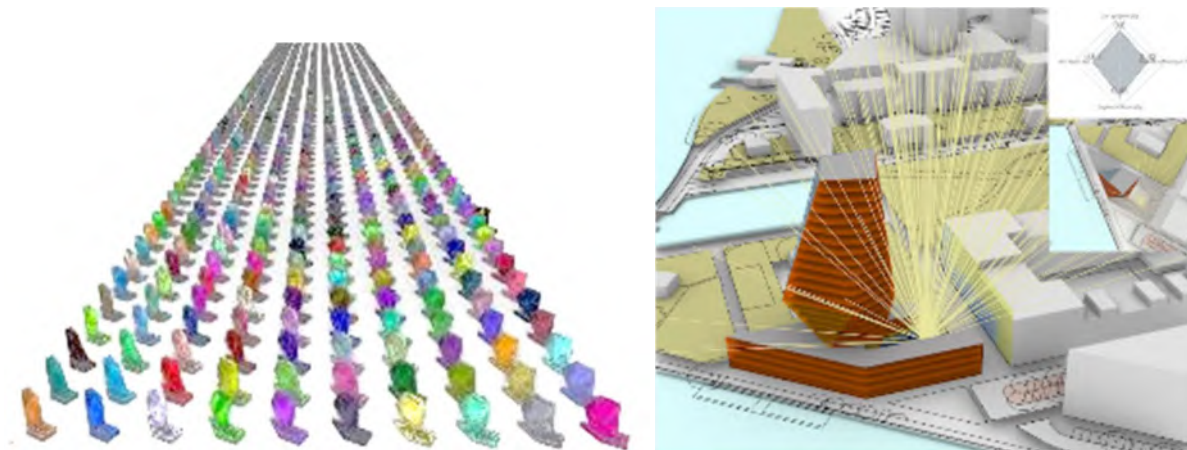
Het ontwerpproces begon traditioneel waarbij een stedenbouwkundigplan en een bestemmingsplan al aanwezig waren. Op basis van het stedenbouwkundigplan bedacht de architect een volume dat geschikt leek voor de locatie. Een volume dat vormgegeven is basis van de bouwenvelop van de gemeente en vanuit de stedenbouwkundige lijnen, zie figuur 5.6 (Bijlage 04, Vola).



Figuur 5.6 maximale volume dat mogelijk is vanuit de bouwenvelop, met daarnaast het volume van de architect (Architects, 2022).

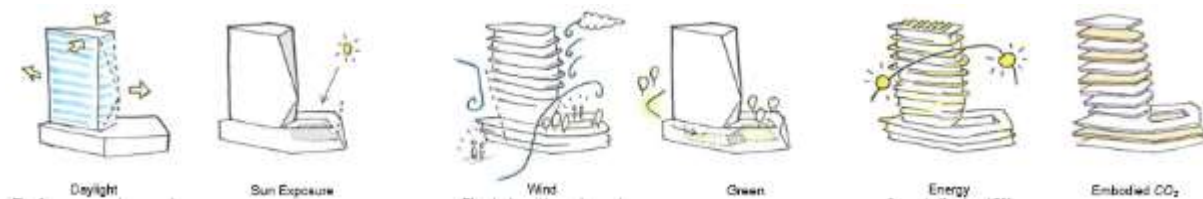
De uitdaging om een integraal gebouw te ontwikkelen dat rekening hield met alle omgevingsfactoren, de bouwenvelop van de gemeente en een gesloten businesscase, maakten de opgave complex en risicovol. De complexiteit gaf reden voor het ontwikkelteam om dit toch parametrisch te benaderen. Een parametrisch adviseur werd toegevoegd aan het ontwikkelteam (ARUP).

Het ontwikkelteam stelde zes kritische prestatie-indicatoren op voor het plan als antwoord op de vraag van de gemeente. Het betreft optimale daglichttoetreding, zonlicht, maximale energieopwekking, zoveel mogelijk groen, wind invloed en CO²-reductie. Deze parameters werden gekoppeld aan de variabelen en randvoorwaarden die in de bouwenvelop van de gemeente opgenomen waren. Zo kon het parametrisch model op generatieve wijze honderden oplossingen genereren, zie figuur 5.7 (Bijlage 04; Vola).



Figuur 5.7 Output parametrische model The Elements (Bijlage 04; Vola)

De oplossingen die het best scoorden op de parameters werden geëvalueerd op de esthetische kwaliteit, de constructie, de wind en de energieopwekking (datagestuurd), zie figuur 5.8. Vervolgens werd er een oplossing gekozen die voldeed aan alle gestelde kritische prestatie-indicatoren en daarna werd de oplossing gepresenteerd aan de gemeente. In het gekozen ontwerp hebben de woningen en de zonnepanelen die geplaatst zijn tegen de balkonranden, een efficiënte bezonning. Het windklimaat in de omgeving, op het gebouw en in de tuinen is geoptimaliseerd. Het gebouw is zo vormgegeven dat het daglicht voor het gebouw en de omgeving zo goed mogelijk is ingepast. De bewoners hebben hierdoor optimale daglichtcondities en de omgeving heeft zo min mogelijk last van het gebouw (bijlage 04; Vola). Het plan won daarmee de tender.



Figuur 5.8 toets modellen (Bijlage 04; Vola)

Vanuit de bouwenvelop van de gemeente was er al een programma bepaald. Uiteindelijk zijn er 70 huurwoningen verkocht aan een belegger en worden er 70 koopappartementen verkocht in de vrije sector. In de plint van het gebouw bevinden zich de commerciële ruimten, de co-working spaces en een bar (Bijlage 04; Vola).

Het programma is als parameter toegevoegd in het parametrisch model en getoetst aan de kritische prestatie-indicatoren. Zo kon de ontwikkelaar sturen op de haalbaarheid. Door het gebouwvolume vorm te geven op elementen als wind en duurzaamheid en daar een optimum in te vinden, bespaarde dat later in het proces kosten en namen de ontwerprisico's af omdat dit vroegtijdig met de gemeente besproken kon worden. Ook zorgde de kwaliteit van het gebouw voor meerwaarde waardoor een belegger werd aangetrokken (bijlage 04; Vola).

De inzichten uit het model gaven het ontwikkelteam de kennis dat de vorm van het gebouw meer octogonaal moest zijn, boven de plint, zodat het voldeed aan de windbelasting (bijlage 04, Vola). Als het proces traditioneel benaderd werd, had het team niet zoveel varianten kunnen onderzoeken in de korte tijd die de tender bood. Door de rekenkracht van de computer te gebruiken, is het ontwikkelteam in staat geweest om veel meer oplossingsrichtingen te benaderen dan zonder. De computer kan immers meer denklijnen maken dan de mens (bijlage 04; Vola).

Paradigma's waarbij omgevingsfactoren zoals wind, geluid, daglicht of duurzaamheid de vorm van het gebouw volgen en pas later in het proces aan bod komen veranderden, stelt Vola (bijlage 04, Vola). Door de toepassing van het parametrische model werd het volume van het gebouw niet alleen vormgegeven door de haalbaarheid van het product, de esthetische kwaliteiten en de bouwenvelop van de gemeente. Er werd ook een optimum gevonden tussen de omgevingsfactoren, de businesscase en de bouwenvelop (bijlage 04; Vola).

Het communiceren van de resultaten kon door het parametrisch model op een overtuigende manier waarmee de jury overtuigd werd. Binnen het ontwikkelteam waren er ook verschillende disciplines die een andere rol vertegenwoordigden. De belangen van de architect zijn anders dan de belangen van de constructeur. Het vinden van een compromis tussen twee tegenstrijdige belangen ging in het proces makkelijker, ervaarde de ontwikkelaar (bijlage 04; Vola). Vola geeft in het interview aan dat dit komt omdat de computer dit feitelijk aangeeft en niet de partijen zelf.

5.3 Hart010 Rotterdam (Local/ARUP)

Hart 010 in Rotterdam is een parametrische ontwikkeling van de ontwikkelaar Local waarbij gebruik is gemaakt van parametrisch investeren (Bijlage 04; Boswinkel). Een binnenstedelijk gebied tussen de Westblaak, Coolsingel en de Binnenwegplein in Rotterdam. De gemeente Rotterdam heeft in 2020 haar ambities vastgesteld in het 'Ambitiedocument Hart 010'. De ontwikkelaar Local heeft door vroegtijdig het gesprek aan te gaan met de gemeente een ontwerp weten te maken dat in één keer goedgekeurd is door de gemeente. Hierdoor zijn er plankosten bespaard omdat het ontwerp voldeed aan de verwachtingen van de gemeente en er dus geen reden was voor een nieuw ontwerp of voor aanpassing van het ontwerp. Ook kon de ontwikkelaar zijn investering optimaliseren door omgevingsparameters te koppelen aan de eisen van de gemeente. Zie figuur 5.9 voor het ontwerp en de locatie.

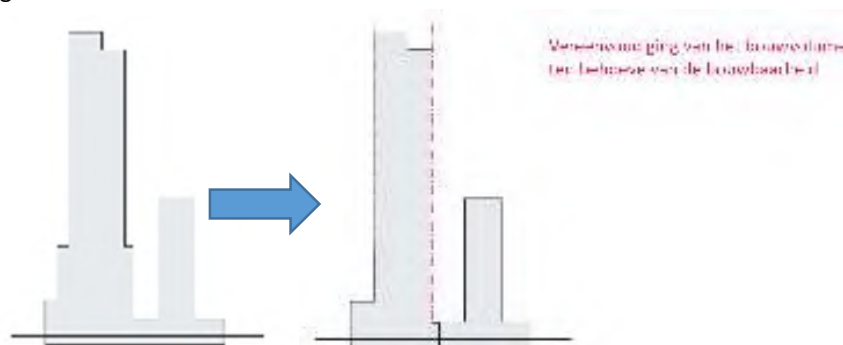


Figuur 5.9 ontwerp en locatie Hart 010 (Local, Hart 010, 2022)

In Hart 010 wilde Local eerder de samenwerking aangaan met de gemeente om twee redenen. Allereerst om de randvoorwaarden voor het project helder te hebben en ten tweede om optimale product-marktcombinaties te hebben voor de locatie. Hierdoor besloot de ontwikkelaar, naast de complexiteit van de opgaven, om in Hart 010 te kiezen voor een parametrisch model. Zo konden plankosten zoveel mogelijk worden beperkt door helderheid in de randvoorwaarden te hebben en door product-marktcombinaties te optimaliseren (Bijlage 04; Boswinkel).

In het ontwikkelproces van Hart 010 is de gemeente Rotterdam meegenomen in het selecteren van de parameters voor het algoritme om zo samen de bouwenvelop te definiëren. Een parameter die een belangrijke weging had voor de gemeente was de bezonning, vanwege de sunspots in Rotterdam. Met het parametrisch model kon de ontwikkelaar uitkomsten genereren die aantoonde dat de parameter 'bezonning' toch niet kritisch was. Dit gebeurde na een periode van drie maanden waarin het algoritme voor het complete model gebouwd was. De eerste resultaten van het parametrisch model lieten zien dat de parameters zoals het windklimaat of de metrobuiscapaciteit in de ondergrond veel kritischer waren dan de bezonning. In een volgende stap werden er meer parameters toegevoegd in het algoritme. De gemeente Rotterdam voegde de hoogbouwvisie toe waarin eisen en randvoorwaarden gesteld werden aan de vorm van het object. Ook had de gemeente eisen over het programma van het gebouw. Er moesten verschillende woonfuncties aanwezig zijn met ruimte voor kantoren. Al deze parameters werden toegevoegd aan het model. Het parametrisch model gaf partijen het inzicht dat de verschillende functies en de beschikbare vorm van het gebouw tot zeer veel liften in het gebouw leidden. Daardoor bleef er weinig ruimte over voor de woonfuncties op de verdiepingen en dat zorgde weer voor een onhaalbaar plan. De ontwikkelaar legde dit voor aan de gemeente (Bijlage 04; Boswinkel). Het gevolg was dat de gemeente begreep dat de eisen niet haalbaar waren en besloot om terug te gaan naar de gemeenteraad (Bijlage 04; Boswinkel). Het gesprek met de gemeente over de wijze waarop de partijen deze problematiek mogelijk kunnen oplossen, loopt op dit moment nog.

In het model zijn er ook mogelijke bouwmethodieken voor de binnenstad toegevoegd aan het algoritme. De gemeente stelde namelijk als randvoorwaarde om een set-back laag te creëren van 70 meter hoog. Het model toonde aan dat door te bouwen met een hijsloods, vanwege de veiligheid in de binnenstad, er aanzienlijk minder mogelijkheden waren om te bouwen op de locatie. Het inzicht gaf een wijziging in de eisen van de stedenbouwkundige en dat de set-back laag dus niet terugliggend hoefde te zijn (Bijlage 04; Boswinkel). Zie figuur 5.10.

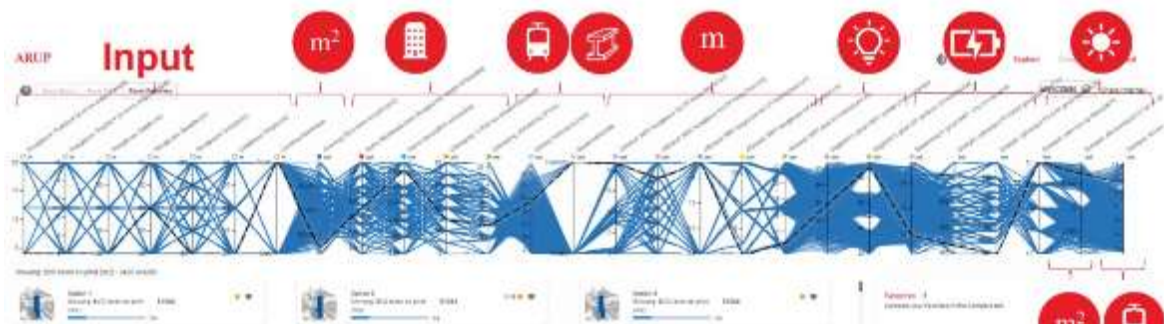


Figuur 5.10 bouwbaarheid Hart 010 (Local, Hart 010, 2022)

In Hart 010 is er ook een investeerder betrokken vanuit Berlijn die meegenomen werd in het creëren van de bouwenvelop. De resultaten van het parametrisch model werden ook voorgelegd aan de investeerder. Daarin werden diverse massastudies gepresenteerd aan de investeerder en hoe deze scoorden ten opzichte van de parameters. De investeerder kon daardoor -geïnformeerd door het model- een keuze maken tussen de massastudies. Uiteindelijk zijn er drie modellen gekozen voor verder onderzoek. Dit creëerde comfort bij de investeerder (Bijlage 02; Boswinkel).

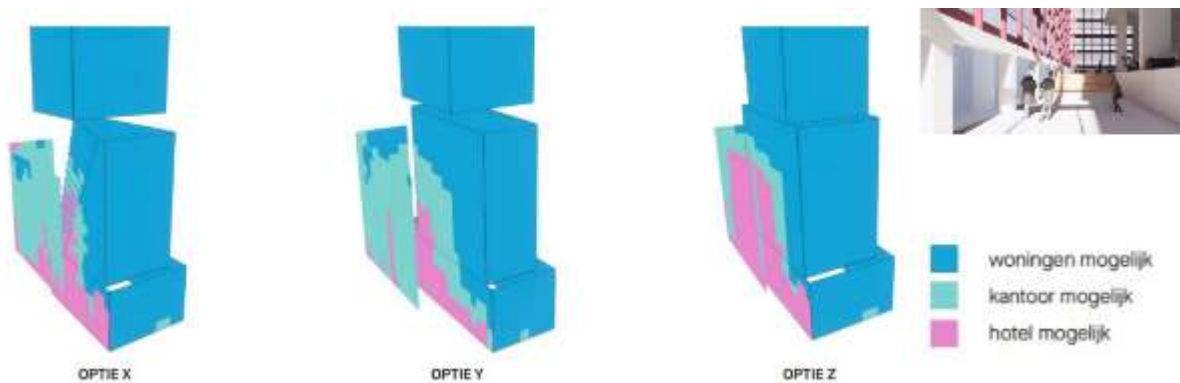
Andere parameters die in het algoritme zijn toegevoegd zijn de bruto-vloeroppervlakten per functie, het daglicht, de zettingen van de metrobuiscapaciteit die aanwezig zijn in de ondergrond van de locatie, de akoestische kwaliteit en de energieopwekking (zie figuur 5.11). De blauwe lijnen in de grafiek vertegenwoordigen de massastudies.

In het model is te zien dat de zettingen van de metro maar twee opties toelaten. Het gebouw werd in de run (toets zettingen) steeds verder naar links en achteren toegeduwd. Hierdoor is het besluit genomen om de vrijheid te nemen om ook de burens (gebouwen) op te kopen. Anders was er waarschijnlijk geen project meer over, stelt Boswinkel (Bijlage 04).



Figuur 5.11 resultaten van het parametrische model Hart 010 (Bijlage 04; Boswinkel)

Een andere kritische parameter was daglicht in combinatie met de functies. Op sommige plekken in het gebouw is het niet mogelijk om woonfuncties of kantoren te realiseren. Hierdoor ontstaat de vraag of er ook andere functies mogelijk zijn. Het voorstel werd voorgelegd aan de investeerder die ervoor koos om de functie 'leisure' toe te voegen aan het gebouw. Het besluit van de investeerder zorgde voor een andere product-marktcombinatie en bepaalde dus ook de hoogte en waarde van de investering (Bijlage 04; Boswinkel). Zie figuur 5.12.



Figuur 5.12 Daglichtstudie Hart 010 (Bijlage 04; Boswinkel)

In het parametrisch model is er bewust niet gekozen voor een financiële module in deze fase als parameter. Het model zou dan namelijk beperkingen opleggen in een fase waar de ontwikkelaar nog bezig is met massastudies. De ontwikkelaar is in deze fase op zoek naar fouten. Als de financiële parameter wel meegenomen zou worden in het model, dan rekent het model de fouten waarschijnlijk niet uit. Het is dan ook niet mogelijk om een gemeente of een investeerder te overtuigen waarom het foute oplossingen zijn. Het doel is juist om de fouten uit het model te halen om daarmee de bouwvelop vorm te geven. Vervolgens kan er daarna een tweede run gedraaid worden met de vormgegeven bouwvelop. Hieruit worden de drie meest optimale oplossingen gekozen en ingevoerd in de exploitatie van de ontwikkelaar (Bijlage 04; Boswinkel).

De ontwikkelaar zit nu in de VO-fase en door parametrisch te ontwikkelen heeft de ontwikkelaar nog geen stap terug hoeven te zetten in het proces. Het levert snelheid op. Omdat de bouwvelop samen met de gemeente is vormgegeven zijn er ook geen onnodige plankosten ontstaan. De uitgangspunten zijn immers helder en optimaal. Ook is de product-marktcombinatie geoptimaliseerd en dit heeft een positief effect op de investering gehad (Bijlage 04; Boswinkel).

6. Mini-enquête parametrisch ontwikkelen

In de mini-enquête zijn er tien stellingen voorgelegd aan experts die hebben gewerkt met parametrische modellen en processen. Het doel van de mini-enquête is om de resultaten van het interview te kunnen valideren. Uit de mini-enquête is op te maken dat de resultaten uit het interview overeenkomen met elkaar. Een opvallende resultaat uit de enquête is dat de meeste respondenten aangeven dat hoe complexer het plan of project is, hoe hoger de meerwaarde van parametrisch ontwikkelen wordt. Ook zijn alle respondenten het eens dat het ontwikkelen met een parametrisch model zorgt voor meer effectiviteit en snelheid in het ontwikkelproces ten opzichte van een conventionele model. Hieronder zijn de resultaten van de enquête samengevat. Als bewijsvoering zijn de enquêtes te vinden als bijlage van dit onderzoek (Bijlage 04: Interview en enquête).

6.1 mini-enquête

Stelling 1: "parametrische modellen zorgen voor een efficiëntere ontwikkelproces".

Alle respondenten die parametrische modellen hebben toegepast, zijn het eens met de stelling. De mate van efficiëntie neemt toe als de complexiteit van het project ook toeneemt. Verder geven de respondenten aan dat de mogelijkheden om zaken te kunnen onderzoeken exponentieel toenemen in de korte tijd die de ontwikkelaar heeft. Dit komt doordat de computer veel meer varianten kan maken dan de mens. Ook zorgt het voor een efficiëntieslag in de communicatie met externe stakeholders. Denkrichtingen kunnen met behulp van studies, snel en op een professionele manier gepresenteerd worden. Van de tien respondenten die parametrische modellen hebben toegepast gaven drie respondenten aan het eens te zijn en zeven respondenten het helemaal eens te zijn met de stelling.



Stelling 2: "parametrische modellen lenen zich beter uit voor de ontwikkeling van complexe projecten".

Van alle respondenten gaf er één (Basak) respondent aan het niet eens te zijn met de stelling. De reden hiervoor was dat op moment dat de complexiteit in een project hoog is dat daarmee ook de randvoorwaarden toenemen. Daardoor wordt er tijd verloren aan het invullen van alle randvoorwaarden. Alle andere respondenten weerleggen deze mening. Indien de complexiteit van een project toeneemt is het moeilijker als mens of als team de juiste oplossing te overzien. De computer kan daar beter bij helpen. Dus hoe complexer het project, hoe moeilijker het wordt om zelf een oplossing te vinden. Waardoor de bijdrage van parametrisch processen groter wordt. Worms gaf aan dat het niet veel zin heeft om één villa te ontwikkelen door middel van parametrisch ontwikkelen. Analoog gaat dit veel sneller. De risico's zijn hierbij veel lager dan een ontwikkeling van 100 woningen, waardoor het niet loont om dit parametrisch te benaderen.



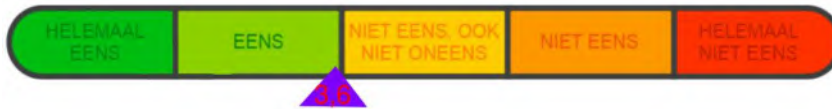
Stelling 3: "parametrische ontwerpen is het nieuwe BIM".

Bijna alle respondenten zijn het niet eens of helemaal niet eens met de stelling. Twee respondenten hadden een neutrale mening dit waren Van der Kooij en Kooistra. De overige respondenten zien het echt als twee losse elementen die naast elkaar bestaan. BIM is modeling van een gebouw en documenteren van wat er is of komt. Parametrische processen creëren nieuwe data die weer gebruikt kunnen worden in het BIM-model. Parametrische processen zitten ook vroeger in het ontwikkelproces dan BIM.



Stelling 4: "parametrische modellen dragen bij aan het oplossen van de woningnood".

De meeste respondenten hebben een neutrale mening. Aangegeven wordt dat het oplossen van de woningnood niet alleen te maken heeft met een efficiëntere ontwikkelproces. Economische en planologische factoren zullen veel belangrijker zijn. Wel geven de respondenten aan dat er binnen de economische en planologische factoren er effectiever gezocht kan worden naar een optimum en het ontwikkelproces daardoor sneller doorlopen zal worden (Bijlage 04).



Stelling 5: "parametrische modellen zullen het ontwikkelproces gaan veranderen".

Alle respondenten zijn het eens of helemaal eens met deze stelling. De ontwikkelfasen zullen veel meer integraal benaderd worden.



Stelling 6: "Als je niet meegaat in deze ontwikkeling kan het wel eens einde oefening zijn".

Vijf respondenten (Basak, Koehof, Kooistra, Schaik en Worms) zijn het eens of helemaal eens met de stelling. Er wordt aangegeven dat partijen achter zullen blijven vanwege hun eigen inefficiëntie. Ook zullen partijen een achterstand hebben bij tenders omdat er met parametrische modellen veel verder en meer uitgezocht kan worden in de korte tijd die beschikbaar is ten opzichte van een conventionele proces. De overige respondenten (Boswinkel, Brobbel, Emstede, Soetendal, Vola) zijn het niet eens met de stelling. Aangegeven wordt dat er altijd ontwikkelaars zijn die niet in het complexe opereren en veel ontwikkelaars ook hun eigen grond hebben of goede contacten hebben bij de gemeenten.



Stelling 7: "Parametrische modellen versnellen het ontwikkelproces".

Alle respondenten zijn het eens met de stelling. Met een parameterisch model kunnen er snel ontwerpen gegeneerd worden die gepresenteerd kunnen worden aan stakeholders. Dit kan ook gezamenlijk. Hierdoor is het mogelijk om snel het laadvermogen te bepalen van een plan en wordt door de respondenten aangegeven dat dit ook leidt tot een snelle compromis omdat de kwaliteit van de omgeving in een digitaltwin (3D toetsmodel) te waarnemen is.



Stelling 8: "Parametrisch ontwikkelen maakt de rol van de architect minder interessant".

Geen van de respondenten is het eens met de stelling. Het tegendeel wordt zelfs aangegeven. Een parametrisch model is een ondersteunende tool van de architect. Het weergeeft nieuwe inzichten waar een architect verder mee kan. Ook wordt er aangegeven door Kooistra en Brobbel dat de kaders meer helder zijn dan een conventionele proces en daardoor de ontwerprisico's kleiner worden.



Stelling 9: "Door het toepassen van een parametrisch model wordt de ontwikkelaar ook een professionelere opdrachtgever".

Het toepassen van een parametrisch model zorgt ervoor dat de ontwikkelaar genoodzaakt is om vooraf het proces kritische prestatie-indicatoren te kiezen die worden vastgelegd in het model. Hierdoor krijgt de ontwikkelaar continu feedback op de kritische prestatie-indicatoren en kan er veel meer regie gehouden worden op de kritische prestatie-indicatoren. Dit kan dan op een professionele manier gepresenteerd worden aan een stakeholder. Alle respondenten geven aan dat hierdoor de professionaliteit en objectiviteit van de ontwikkelaar toeneemt.



Stelling 10: "Kennis zal door deze ontwikkeling verschuiven naar de IT-bedrijven".

De meeste respondenten zijn het oneens met de stelling. Omdat we nog steeds mooie gebouwen willen maken. Wel wordt er door enkele respondenten (Brobbel, Kooistra en Van der Kooij) aangegeven dat de kans wel natuurlijk aanwezig is.



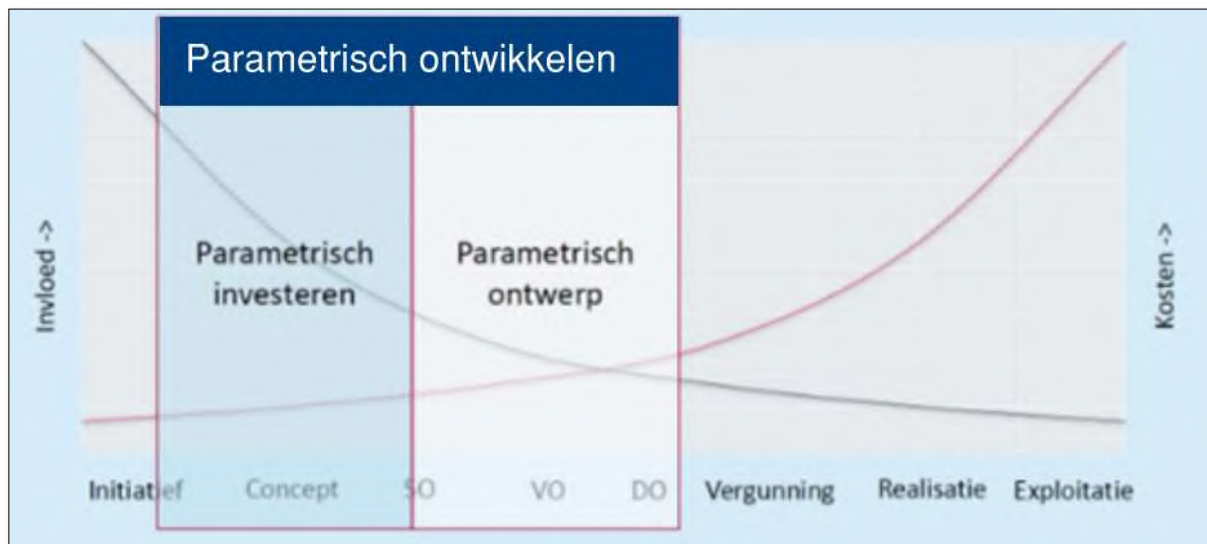
7. Conclusie

Het doel van dit onderzoek is om te verkennen of parametrisch ontwikkelen meer effectiviteit kan toevoegen in het ontwikkelproces van woningbouwprojecten. Om de doelstelling in het onderzoek te bereiken is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: in hoeverre maakt parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces van woningbouwprojecten effectiever?

Tijdens het onderzoek zijn er literatuuronderzoeken, interviews, een mini-enquête en casestudies verricht om van vraag tot antwoord te komen. Hieronder wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag van dit onderzoek.

Parametrisch ontwikkelen maakt het ontwikkelproces voornamelijk effectiever in de initiatieffase en in de haalbaarheidsfase. In deze fasen heeft ontwikkelaar relatief veel invloed die gebruikt kan worden tegen lage kosten. Dit komt omdat er nog geen besluiten zijn genomen met marktpartijen.

Parametrisch ontwikkelen kan ook wel verdeeld worden in parametrisch investeren (initiatieffase) en parametrisch ontwerpen (haalbaarheidsfase). Zie figuur 7.1, voor een overzicht van parametrisch ontwikkelen en de invloed die de ontwikkelaar binnen deze fasen heeft. De rode lijn vertegenwoordigd de kosten en de groene lijn de invloed.



Figuur 7.1: invloed van parametrisch ontwikkelen

Het verschil tussen parametrisch investeren en parametrisch ontwerpen is dat het bij parametrisch investeren gaat over het creëren van kaders en randvoorwaarden waarbinnen planontwerpen en product-marktcombinaties mogelijk worden gemaakt. De keuzen die gemaakt worden in dit proces bepalen de hoogte en waarde van een investering voor een locatie. Bij parametrisch ontwerpen gaat het over het optimaliseren van een gebouwontwerp dat voldoet aan de kaders en randvoorwaarden die bedacht zijn in de initiatieffase.

Er zijn vier redenen waarom parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces effectiever maakt in de initiatief- en haalbaarheidsfase. *Allereerst* omdat parametrisch ontwikkelen gevalideerde analyses en technische evaluaties -door middel van algoritmes- toevoegt aan de beginfase van een project. Een beginfase waarin de ontwikkelaar nog bezig is met het vinden van optimale massastudies voor de locatie. Hierdoor kunnen juridische-, financiële, ecologische-, stedenbouwfysische- en technische aspecten -al in de initiatieffase van een plan- getoetst worden op de volumestudies en wensen vanuit de klant. De ontwikkelaar kan daardoor goed onderscheid maken in de hoofd- en bijzaken van een project. Over deze informatie beschikt de ontwikkelaar dan al in een fase waarin er nog veel invloed uitgeoefend kan worden, tegen minimale kosten (zie figuur 7.1). Een voorbeeld hiervan is als een gemeente verschillende woonmilieus in een gebouw zou willen hebben. Door bijvoorbeeld de parameter 'daglichteis' te koppelen aan de volumestudies, kan de uitkomst zijn dat het niet mogelijk is om in de onderste verdiepingen van het gebouw woonfuncties te realiseren. De ontwikkelaar kan

dan al vroeg in het proces het gesprek aangaan met de gemeente, over andere functies in het gebouw. Dit kan in een stadium waar er nog geen afspraken met de gemeente zijn gemaakt. Hierdoor kunnen ontwerprisico's vroegtijdig getackeld worden en worden plankosten geminimaliseerd. *Ten tweede* kunnen er door toepassing van algoritmes al snel duizenden volumestudies worden gegenereerd. Daardoor kan er veel meer onderzocht worden in dezelfde tijdsbestek als bij een traditioneel proces. Dit komt omdat de computer meer varianten kan maken dan de mens. Deze varianten kunnen worden gecommuniceerd met stakeholders om geïnformeerde keuzen en afspraken te maken in het proces. De varianten in een parametrisch model worden gegenereerd op basis van een generatief- en een datagestuurd proces. Een generatief gestuurd proces is een soort black-box methode waarbij de computer duizenden volumestudies genereert in één dag tijd. Volgens de geïnterviewden kan dit met parameters die een absolute waarheid hebben en automatisch op de achtergrond meedraaien, zoals een parkeernorm van een gemeente. Een datagestuurd proces wordt gebruikt om de volumestudies uit het generatieve proces te toetsen op vooraf gespecificeerde kritieke prestatie-indicatoren. Het gaat hierbij meer over de zachte waarden in een plan, zoals de ambities van de ontwikkelaar. Dit zijn waarden die minder objectief zijn. Met een parametrisch model probeert de ontwikkelaar deze waarden te objectiveren. In een conventioneel proces is dit niet mogelijk in de korte tijd die binnen een plan beschikbaar is.

Het ontwikkelproces wordt ook effectiever doordat parametrisch ontwikkelen de samenwerking in het proces bevordert. Een parametrisch model kan namelijk ingezet worden als communicatiemiddel naar stakeholders toe. Via een online 3D-omgeving of professionele grafieken kunnen data gepresenteerd worden aan de stakeholders. De stakeholders kunnen zelf ook filteren door het model heen en parameters invoeren via een onlinelink. De stakeholders krijgen comfort bij het maken van keuzen omdat de computer de resultaten onderbouwd weergeeft en niet de gehaide ontwikkelaar. De ontwikkelaar wordt namelijk als subjectief gezien in zijn keuzen. Een groot voordeel van een onlinelink is dat iedereen kan inzien waarom keuzen gemaakt moeten worden. Volgens de geïnterviewden van dit onderzoek creëert dit een basis van vertrouwen.

Een laatste reden waardoor het ontwikkelproces effectiever wordt, is dat een planontwerp dynamischer wordt door middel van parametrisch ontwikkelen. Gedurende het ontwikkelproces is het namelijk mogelijk om het planontwerp aan te passen zonder dat de keuzen die eerder gemaakt zijn uit beeld verdwijnen. Uit de interviews komt naar voren dat alle keuzen worden vastgelegd en daarmee zichtbaar zijn via het parametrisch model. Als de invoer van data wijzigt, zal het planontwerp ook automatisch mee wijzigen. Daardoor worden databeslissingen per fase relevanter dan de producten in de fasen (schetsontwerp, voorlopig ontwerp en definitieontwerp). In een traditioneel proces komt de ontwikkelaar met een plan en het ontwikkelteam bekijkt wat het betekent voor de constructie, bouwfysica, businesscase of voor de omgeving. Bij verschillende disciplines zal er een rood licht branden en bij een aantal een groen licht. Het ontwikkelteam zal de voorgedragen oplossing dan moeten finetunen om vervolgens dezelfde cyclus weer in te gaan. Zo blijft het ontwikkelteam in deze cyclussen doorgaan tot dat er een oplossing is gevonden die voor alle disciplines akkoord is. Dit proces is zeer ineffectief en tijdrovend. Met een parametrisch model wordt er eerst een algoritme geschreven voor alle disciplines. De ontwikkelaar haalt dus ook eerste de eisen op van de disciplines. Vervolgens worden er planontwerpen gegenereerd en automatisch getoetst aan de disciplines. Zo ontstaat er ter plekke informatie die voldoet aan de eisen van alle disciplines. Hierdoor hoeft een adviseur niet eerst een berekening te maken om vervolgens te beoordelen of dit past voor de overige adviseurs. Het algoritme maakt namelijk de berekening en maakt een onderscheid in disciplines die essentieel zijn en disciplines die minder essentieel zijn.

Het voordeel van parametrisch ontwikkelen neemt toe als de complexiteit in het project ook toeneemt. Het heeft niet zoveel zin om één villa te ontwikkelen met een parametrisch model. Het ontwikkelen van één villa zal veel sneller en effectiever gaan in een traditionele ontwikkeling. Het voordeel van parametrisch ontwikkelen is namelijk dat het ontwikkelteam goed onderscheid kan maken in de hoofd- en bijzaken van een complex project. Een villa zal door de ervaring in het ontwikkelteam al snel zonder een algoritme ontwikkeld kunnen worden.

Dit onderzoek laat ook zien dat parametrisch ontwikkelen op drie mogelijke manieren te implementeren is in het bedrijfsproces. De implementatie kan door middel van een quantsmodel, een adviesmodel en een

softwaremodel. In de praktijk zien we dat grote ontwikkelaars zoals BPD Gebiedsontwikkeling al overstappen op een softwaremodel. Let wel op: een softwaremodel benut niet de volledige kwaliteit en capaciteit van parametrisch ontwikkelen. Parametrisch ontwikkelen gaat namelijk op basis van een generatief- en een datagestuurd proces. Softwareprogramma's zoals Spacemaker genieten alleen het voordeel van een generatief proces. Dus het genereren en toetsen van volumestudies op algemene parameters door middel van algoritmes die ergens centraal zijn bedacht. Echter laat het literatuuronderzoek van dit rapport zien dat elk project verschillend is en z'n eigen lijst heeft met locatieafhankelijke randvoorwaarden. Algoritmes schrijven voor locatieafhankelijke randvoorwaarden kan alleen in een datagestuurd proces. Met een softwaremodel is dit dus niet mogelijk en geeft daarmee een beperking aan het ontwikkelproces. De volumestudies kunnen hierdoor niet getoetst worden aan locatieafhankelijke randvoorwaarden.

8. Discussie

In het onderzoek is gebruik gemaakt van de deskundigheid van ervaren professionals uit het bedrijfsleven. Denk hierbij aan BPD Gebiedsontwikkeling, Local, Studio Elephant, OMRT, ARUP, NS Vastgoed, Lingotto, Bouwbedrijf de Nijs en Mei Architects. De partijen zijn geselecteerd op de verschillende disciplines in de ontwikkelingsbranche.

In het onderzoek is er gebruik gemaakt van triangulatie om antwoord te geven op de vraag van het onderzoek. Op deze manier is er geprobeerd om de betrouwbaarheid en validiteit in het onderzoek te waarborgen. De resultaten uit de verschillende onderzoeksmethoden (interviews, mini-enquête en casestudies) kwamen redelijk overeen met elkaar. Een uitschieter was het interview van Lingotto waarbij werd aangegeven dat hoe complexer het project was, hoe minder interessant parametrisch ontwikkelen werd. Alle andere geïnterviewden en casestudies gaven totaal iets anders aan, dus dat als de complexiteit van een project toeneemt het moeilijker als mens of als team is de juiste oplossing te overzien. De computer kan daar beter bij helpen, waardoor de bijdrage van parametrisch processen groter wordt.

De resultaten uit het onderzoek komen redelijk overeen met de verwachtingen die de onderzoeker had aan het begin van het onderzoek. Het onderwerp is al een paar keer langsgekomen in het dagelijkse praktijk en daardoor had de onderzoeker al een bepaald vooroordeel en interesse. Wat de onderzoeker niet had verwacht was dat het ook gebruikt kon worden als communicatiemiddel naar de stakeholders toe om de kaders- en randvoorwaarden scherper en objectiever te kunnen stellen in een project.

8.1 Beperkingen

Het onderzoek heeft ook beperkingen. Er is tot nu toe nog niet veel wetenschappelijk onderzoek gedaan naar parametrisch ontwikkelen. De eerste projecten die op een parametrische manier zijn ontwikkeld, gaan nu pas in verkoop of zijn net opgeleverd. Er is daarom gekozen om te werken met interviews. Een nadeel hiervan is dat de ontwikkeling van de projecten veel eerder begonnen is dan de oplevering of het moment van verkoop. Technologische ontwikkelingen kunnen in die tijd (tussen moment van starten en oplevering) ook weer verder zijn. Dit kan de onderzoeker dus hebben gemist. Ook zullen er voorbeelden zijn waar het fout is gegaan en waar het parametrisch model niet het gewenste resultaat heeft gehad. Helaas heeft de onderzoeker hier geen resultaten over kunnen vinden of is dit niet gedeeld vanuit de respondenten in de interviews. Verder zijn er ook beperkingen aan de procedures vanuit de overheid. Gemeenten moeten wel positief staan tegenover een parametrisch proces en het met elkaar bepalen van de kaders en uitgangspunten (los van wetgeving). Een andere beperking van het onderzoek is dat de onderzoeker graag het project The Valley in Amsterdam had toegevoegd aan dit onderzoek. Dit project is namelijk ontwikkeld vanuit een parametrisch model en is inmiddels ook al opgeleverd. Helaas kreeg de onderzoeker geen medewerking van de ontwikkelaar en van de architect. Ook kan parametrisch ontwikkelen voordelen hebben op stedenbouwkundig niveau. In dit onderzoek is dit buitenbeschouwing gelaten vanwege het ontbreken van referentieprojecten en deskundigen die het op stedenbouwkundig niveau hebben toegepast.

De toepassing van een parametrisch model zal voor sommige ontwikkelaars niet noodzakelijk zijn. Het wordt pas interessant als de complexiteit hoog genoeg is. Waar dit omslagpunt ligt, daar is in dit onderzoek geen rekening mee gehouden.

8.2 Praktijk

De aanleiding van dit onderzoek is om meer effectiviteit toe te voegen aan het ontwikkelproces van woningen. De uitkomst van dit onderzoek is een pleidooi om ontwikkelaars te overtuigen om meer aandacht te geven aan de implementatie van technologische ontwikkelingen binnen de bedrijfsvoering.

Deze studie laat zien dat parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces effectiever maakt. Het stroomlijnt het denken in de startfase van projecten. Ook zorgt parametrisch ontwikkelen ervoor dat de ontwikkelaar een professionelere opdrachtgever wordt. Het toepassen van een parametrisch model zorgt er namelijk voor dat de ontwikkelaar genoodzaakt is om kritieke prestatie-indicatoren op te stellen die in het begin van het proces

worden vastgelegd in een algoritme. Hierdoor krijgt de ontwikkelaar continu feedback op de kritieke prestatie-indicatoren en heeft hij meer regie op zijn ambities. De adviseurs uit het interview geven aan dat hierdoor de professionaliteit van de ontwikkelaar toeneemt in het proces van opdrachtgeven en besluitvorming.

Besluitvormingsprocessen gaan in de praktijk vaak via een Excelsheet blijkt uit het literatuuronderzoek. Een rekensheet die getallen vertegenwoordigt waarop een besluit genomen wordt in het managementteam. De ontwikkelaar reserveert of ontvangt een budget van het managementteam om te starten met het ontwikkelen van een project. De tijd waarbinnen de gebouwen ontwikkeld worden en de marge die de ontwikkelaar overhoudt zijn vaak doorslaggevende factoren om met een plan te starten. Ook zijn de kwaliteitsaspecten van belang en worden deze als eis of ambitie toegevoegd in een businesscase. De kwaliteitsaspecten worden toegevoegd als tekstuele onderbouwing in een Excel-formulier, in sfeerfoto's of schetsmatige tekeningen. Maar vaak is niet onderzocht hoe deze aspecten zich verhouden tegenover de geometrische invulling van een plot. Welke score de bedachte verkaveling heeft ten opzichte van de duurzaamheidsambities is onder andere nog niet te meten. Dit komt omdat de ontwikkelaar eerst meer zekerheid nodig heeft voordat er grote investeringen gemaakt kunnen worden. Ook is het niet mogelijk om binnen de krappe tijd die in het ontwikkelproces aanwezig is, zaken zoals energieopwekking en duurzaamheid vroegtijdig te kunnen meten.

Door parametrisch te ontwikkelen is het vroegtijdig meten van ambities wel mogelijk, blijkt uit de casestudies van dit onderzoek. Er wordt namelijk een digitaltwin (3D toetsmodel) toegevoegd aan het besluitvormingsproces. Hierdoor kunnen zaken als duurzaamheid -door algoritmes te gebruiken- getoetst worden aan de volumestudies. Middels grafieken en 3D-beelden kan dit gepresenteerd worden aan het managementteam of aan de jury van een tender. Hierdoor nemen faalrisico's van bijvoorbeeld ambities in een tender af en zijn financiële risico's beter getoetst. De ontwikkelaar wordt daardoor een betrouwbaardere- en objectievere partner. Een ander voordeel van een digitaltwin is dat getallen in de businesscase (Excel) beter kloppen aangezien deze uit het 3D-model komen en daardoor dynamisch zijn. Dat wil zeggen dat elke aanpassing ook automatisch mee wijzigt en niet vergeten wordt. Op een traditionele tekening staat onderin het schetsboekje de vierkante meters van de plattegronden. Soms is het een tekstblokje dat nog is blijven hangen en soms zit het slimmer in elkaar. Elke ontwerpoplossing moet eerst getekend worden en dat geeft weer een aanpassing in de vierkante meters die tot communicatiefouten kunnen leiden.

8.3 Aanbevelingen

Het onderzoek biedt aanknopingspunten voor vervolgonderzoek. In een vervolgonderzoek kan het invloedmodel (figuur 7.1) verder worden onderzocht. In hoeverre het invloedmodel wijzigt en hoeveel gezonken plankosten kunnen worden vermeden, is in deze studie namelijk nog niet te meten. Het is ook voorbij aan het doel van dit onderzoek. Een andere suggestie voor vervolgonderzoek is de toepassing van een parametrisch model in het bedrijfsproces van gemeenten. Door capaciteitsgebrek lopen planbeoordelingen vertraging op. Het zou interessant kunnen zijn om te onderzoeken of planologische goedkeuring geautomatiseerd kan worden. Dus bijvoorbeeld een automatisch Bouwbesluitcheck voor het verlenen van een omgevingsvergunning. Ook zou het interessant kunnen zijn hoe parametrisch processen ingezet worden op stedenbouwkundig niveau. In dit onderzoek is hier geen rekening mee gehouden. Verdere aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn:

- parametrische ontwikkelen in combinatie met de nieuwe Omgevingswet.
- in hoeverre parametrisch ontwikkelen het ontwikkelproces efficiënter maakt.
- Parametrische processen in de realisatiefasen.

9. Eindnoten

¹ De bouwenvelop beschrijft de uitgangspunten, randvoorwaarden en eisen voor de ruimtelijke invulling van een ontwerp of een bestemmingsplan.

² Kritieke prestatie-indicatoren zijn kernwaarden, doelstellingen en ambities van een plan of een bedrijf waarop besluiten genomen worden.

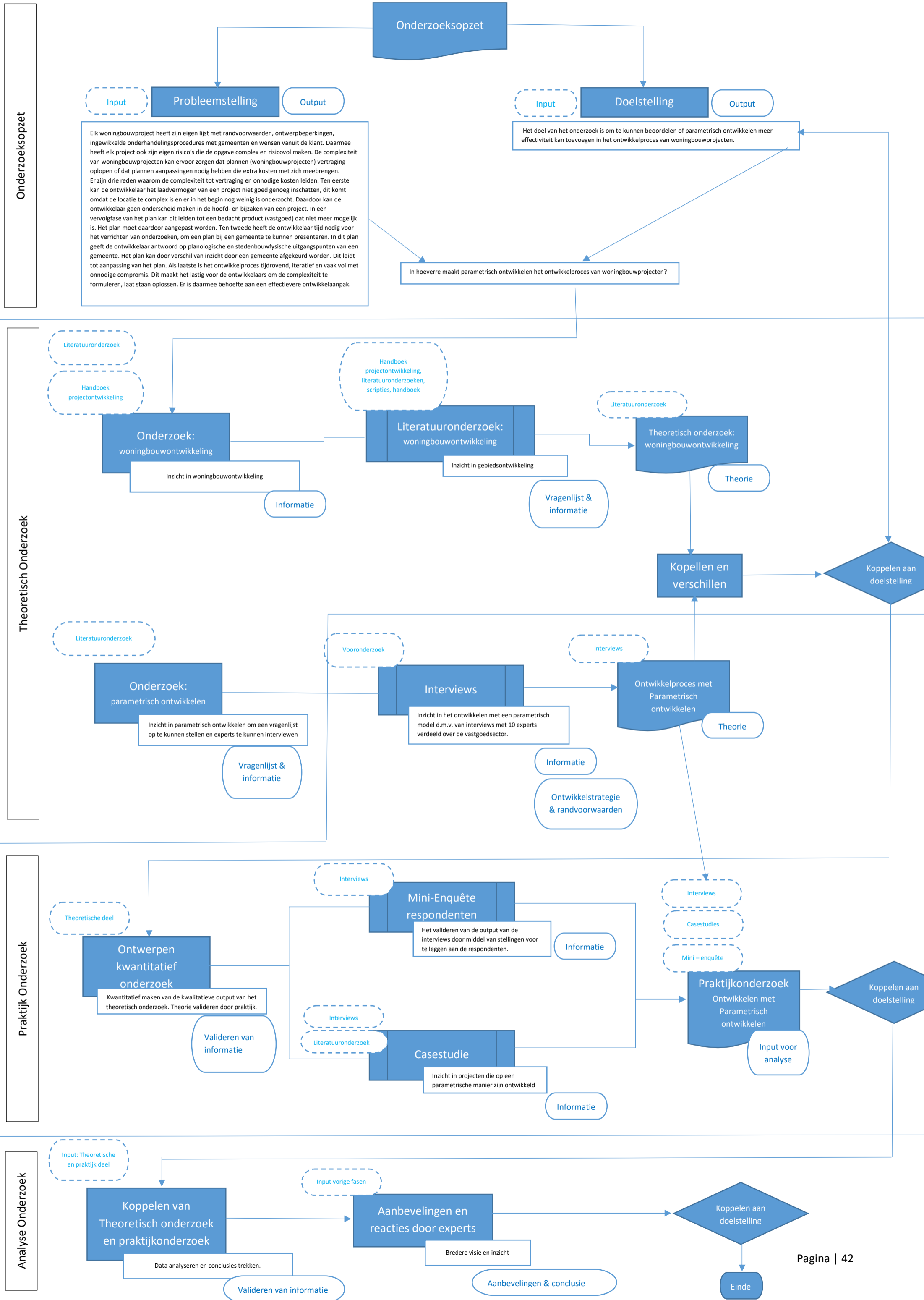
³ Een BIM-model is een 3D-model dat informatie bevat van een geplande- of bestaande gebouw.

10. Literatuurlijst

- Adams, R. (2006). *Calculus, a complete course, p444*. Toronto: Pearson Addison Wesley.
- Algemene Rekenkamer. (2017). *Handreiking basisprincipes vastgoedmanagement*. Den Haag: Algemene Rekenkamer.
- Bekkering, T. (2004). *Management van processen*. Utrecht: Spectrum.
- Bouwfonds Property Development. (2022). *Bpdaily*. Opgehaald op 1 april 2022, van <https://bpdaily/index.php>.
- Bruijn, H. d. (2002). *Procesmanagement*. Schoonhoven: Boom.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2021). *CBS: Waarom is stikstof een discussie*. Opgehaald op 1 november 2021, van <https://www.cbs.nl>: <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/leren-met-het-cbs/voortgezet-onderwijs/waarom-is-stikstof-een-discussie>
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2023). *CBS: Economie woningmarkt*. Opgehaald op 8 april 2023, van <https://www.cbs.nl>: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-economie/woningmarkt>
- Centraal Planbureau. (2019). *CPB: Het Bouwproces van nieuwe woningen*. Nederland: Centraal Planbureau.
- Economisch instituut voor de Bouw. (2019). *EIB: Effectief planaanbod en nationale bouwambities*. Amsterdam: Economische Instituut voor de Bouw.
- EOS Wetenschap. (2013). *EOS: Waarom planten naar het licht groeien*. Opgehaald op 10 november 2022, van <https://www.eoswetenschap.eu/>: <https://www.eoswetenschap.eu/natuur-milieu/waarom-planten-naar-het-licht-groeien>
- Frazer, J. (1995). *An Evolutionary Architecture*. London: E.G. Bond Ltd.
- Gemeente Amsterdam. (2019). *Selectiebrochure kavel 5; Amstelkwartier fase 2 Weststrook*. Amsterdam: Gemeente Amsterdam.
- Graaf, K. d. (2018). *Handboek projectontwikkeling Hoofdstuk 7, p164-173*. Voorburg: nai010.
- Hobma, F. (2019). *Handboek Projectontwikkeling Hoofdstuk 11: Grondbeleid, p208-217*. Rotterdam: nai010.
- Koschuch Architects. (2022). *The Elements*. Opgehaald op 1 augustus 2022, van <http://www.koschuch.com/>: <http://www.koschuch.com/projects/elements/>
- Lingotto. (2018). *Smakkelaarspark Utrecht*. Opgehaald op 10 juli 2022, van <https://lingotto.nl/>: <https://lingotto.nl/projecten/smakkelaarspark-utrecht/>
- Local. (2022). *Hart 010*. Opgehaald van op 11 oktober 2022, van <https://local.nl/>: <https://local.nl/projecten/hart-010/>
- Local (Regisseur). (2022). *Parametrisch Investeren: voorspellend ontwerpen om kosten te voorkomen* [Film].
- Macris, V. (2010). *Een parametrische architectuur; Parametrisch modelleren en architectuur*. Limburg: Hogeschool Limburg.
- Meijden, F. v. (2006). *Onzekerheden uit het verleden, een garantie voor de toekomst*. Houten: Universiteit Twente.
- Moor, B. d. (2005). *Bioinformatics: Organisms from Venus, Technology from Jupiter, Algorithms from Mars*. European Journal of Control.
- Peek, G., & Gehner, E. (2018). *Handboek Projectontwikkeling Hoofdstuk 4-6, p42-107*. Voorburg: nai010.
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2021). *PBL: Wonen na de verkiezingen*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rabobank. (2021). *Rabobank: Wereld veranderd*. Opgehaald op 19 oktober 2022, van <https://www.rabobank.nl/>: <https://www.rabobank.nl/kennis/d011184699-1-de-wereld-verandert-verander-je-mee>
- Rijksoverheid. (2021). *Klimaatbeleid*. Opgehaald op 4 november 2022, van <https://www.rijksoverheid.nl/>: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>
- Rijksoverheid. (2022). *Omgevingswet*. Opgehaald op 25 december 2022, van <https://www.rijksoverheid.nl/>: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/omgevingswet>
- Rooy, P. v. (2011). *Uitnodigingsplanologie als sociaal-cultureel perspectief*. Amsterdam: Building Business Uitgeverij BV.

- Ruhl, M. (2018). *Handboek Projectontwikkeling Hoofdstuk 26: Risicomanagement, p356-364*. Rotterdam: nai010.
- Sorel, N. (2011). *Omgevingsrecht en het proces van gebiedsontwikkeling*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Spacemaker. (2022). *Massastudie*. Opgehaald op 15 augustus 2022, van <https://www.spacemakerai.com/>: <https://www.spacemakerai.com/>
- Spuybroek, L. (2008). *The Architectur of Continuity*. Rotterdam: Nai Uitgevers
- Stichting Koninklijke Nederlands Normaal Instituut. (1993). *NEN 2574;1993*. NEN.
- Verwest, F., broek, L. v. & Galle, E. B. (2011). *Omgevingsrecht en het proces van gebiedsontwikkeling*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Wetenschappelijk Raad voor het Regeringsbeleid. (1998). *Ruimtelijke ontwikkelingspolitiek*. Den Haag: Sdu uitgevers.
- Wijnen, G. (2007). *Projectmatig werken*. Houten: Spectrum.
- Wolf, C. d. (2018). *Handboek Projectontwikkeling Hoofdstuk 16: Gebouwontwerp, p274-279*. Rotterdam: nai010.
- Zeeuw, F. d. (2018). *Zo werkt gebiedsontwikkeling*. Delft: Praktijklerstoel Gebiedsontwikkeling TU Delft.

Bijlage 01. Conceptueel model



Bijlage 02. Lijst met geïnterviewden

Lingotto:

Contactpersoon: Arda Basak, Projectontwikkelaar. Betrokken geweest als ontwikkelaar van het project Smakkelaarsveld in Utrecht.

Arup:

Contactpersoon: Matthew Vola, Unit Leader. Betrokken geweest als parametrische adviseur in projecten als: Smakkelaarsveld in Utrecht, The Elements in Amsterdam en Hart 010

BPD

Contactpersoon: Joran Schaik, projectmanager conceptstudio BPD. Adviseert ontwikkelaars binnen BPD over Spacemaker.

BPD

Contactpersoon: Eric van der Kooij, conceptontwikkelaar en stedenbouwkundige. Werkt regelmatig met Spacemaker.

Bouwbedrijf de Nijs

Contactpersoon: Joeri Koehof, innovatiemanager parametrisch ontwerpen.

OMRT

Contactpersoon: Bijn Worms, operations lead. Adviseur geweest bij diverse projecten die ontwikkeld zijn met een parametrisch model.

NS Stations (Vastgoed)

Contactpersoon: Jasper van Emstede, Gebiedsontwikkelaar. Betrokken bij een gebiedsontwikkeling van NS Stations die op basis van een parametrisch model ontwikkeld wordt.

NS Stations (Vastgoed)

Contactpersoon: Kevin Soetendal, Verkoop & transformaties. Betrokken bij een gebiedsontwikkeling van NS Stations die op basis van een parametrisch model ontwikkeld wordt.

Mei architects

Contactpersoon: Max Brobbel, procesdesigner. Past parametrisch ontwerpen toe binnen projecten.

Studio Elephant

Contactpersoon: Menno Kooistra, architect. Architect bureau die parametrisch ontwerpen toe past binnen de projecten van Studio Elephant. Studie Elephant schrijft ook zijn eigen algoritmes.

Local

Contactpersoon: Philip Boswinkel, ontwikkelaar Local. Ontwikkelaar van het project Hart 010 in Rotterdam.

Bijlage 03. Interview- en enquête vragen

Semigestructureerde interview – opdrachtgevers (Lingotto, Local, Lingotto, NS-vastgoed en BPD)

1. Wat betekent parametrisch ontwerpen?
 - a. Wat betekent ontwikkelen met een parametrisch model?
 - b. Wat voegt parametrisch ontwerpen toe aan het ontwikkelproces?
 - c. In hoeverre draagt parametrisch ontwikkelen bij aan de woningbouwopgave (woningnood)?
2. Als ik het wat specifiek mag maken. Wat voegde parametrisch ontwerpen toe aan het ontwikkelproces van het project "XX"?
 - a. Wat is er anders als je het vergelijkt met een traditioneel ontwikkelproces?
 - b. Wat waren de wins van het toepassen van parametrisch ontwerpen in het project?
 - c. Wat ging er anders in de interne bedrijfsvoering?
 - i. Als er niet is nagedacht om het te koppelen aan de interne bedrijfsvoering dan: Ziet u kansen om parametrisch ontwikkelen te koppelen aan de interne bedrijfsvoering en zo ja waar?
3. Hoe is parametrisch ontwerpen toegepast in project 'XX'?
 - a. Welke stappen bent u doorlopen?
4. Wat waren de voordelen in het toegepaste project?
 - a. Zijn er ook nadelen die u kunt benoemen? Zo ja wat zijn die?
5. Wat kost het om te ontwikkelen vanuit een parametrisch ontwerp?
6. Hoe stuur je als opdrachtgever op de kosten, de kwaliteit en de tijd (haalbaarheid) als het model wordt beheerd door een andere partij?
7. Wat zou het doel moeten zijn van parametrisch ontwerpen in een ontwikkelproces?
8. Waar denkt u dat parametrisch ontwikkelen staat over 5 jaar?
9. Is er nog iets dat u zou willen toevoegen aan parametrisch ontwikkelen?

Semigestructureerd interview – adviseurs (Arup, OMRT, De Nijs, Mei architects en Studio Elephant)

1. Wat is parametrisch ontwerpen?
 - a. Welke kansen ziet u voor ontwikkelaars bij het toepassen van een parametrisch ontwerp?
 - b. In hoeverre draagt parametrisch ontwikkelen bij aan de woningbouwopgave (woningnood)?
2. Wat kun je met parametrisch ontwerpen?
 - a. Wat voegt het toe aan het ontwikkelproces?
3. Is het mogelijk om parametrisch ontwerpen te koppelen aan de interne bedrijfsvoering? Zo ja hoe?
 - a. Wat is er veranderd aan de interne bedrijfsvoering?
 - b. Hoe gingen bedrijven daar mee om?
4. In welke projecten heeft u parametrisch ontwerpen toegepast?
 - a. Dieper doorvragen op een aantal projecten:
 - i. Wat zou er anders zijn gegaan als er geen gebruik was gemaakt van een parametrisch model?
 - ii. Welke conclusies kun je over het algemeen trekken bij het toepassen van parametrisch ontwerpen?
5. Welke soort projecten lenen zich goed uit voor het toepassen van parametrisch ontwerpen?
6. Wat zijn de voordelen?
7. Zijn er ook nadelen die u kunt benoemen?
8. Hoe adviseert u de opdrachtgever op haalbaarheid (kosten, kwaliteit en tijd)?
9. Waar denkt u dat parametrisch ontwikkelen staat over 5 jaar?
10. Is er nog iets dat u zou willen toevoegen aan parametrisch ontwerpen en zou willen meegeven aan ontwikkelaars?

Enquête vragen

Parametrisch ontwerpen zorgt voor een efficiënter ontwikkelproces.

1 2 3 4 5

Parametrisch ontwerpen leent zich beter uit voor de ontwikkeling van complexere binnenstedelijke projecten

1 2 3 4 5

Parametrisch ontwerpen is de nieuwe BIM

1 2 3 4 5

Parametrisch ontwerpen draagt bij aan het oplossen van de woningnood

1 2 3 4 5

Parametrisch ontwerpen zal het ontwikkelproces gaan veranderen

1 2 3 4 5

Als je niet meegaat in deze ontwikkeling kan het wel eens einde oefening zijn

1 2 3 4 5

Parametrisch ontwerpen versnelt het ontwikkelproces

1 2 3 4 5

Parametrisch ontwerpen maakt de rol van de architect minder interessant.

1 2 3 4 5

Door het toepassen van een parametrisch model wordt de ontwikkelaar ook een professionelere opdrachtgever

1 2 3 4 5

Kennis zal door deze ontwikkeling verschuiven naar de IT-bedrijven

1 2 3 4 5

Bijlage 04. Interviews en enquête