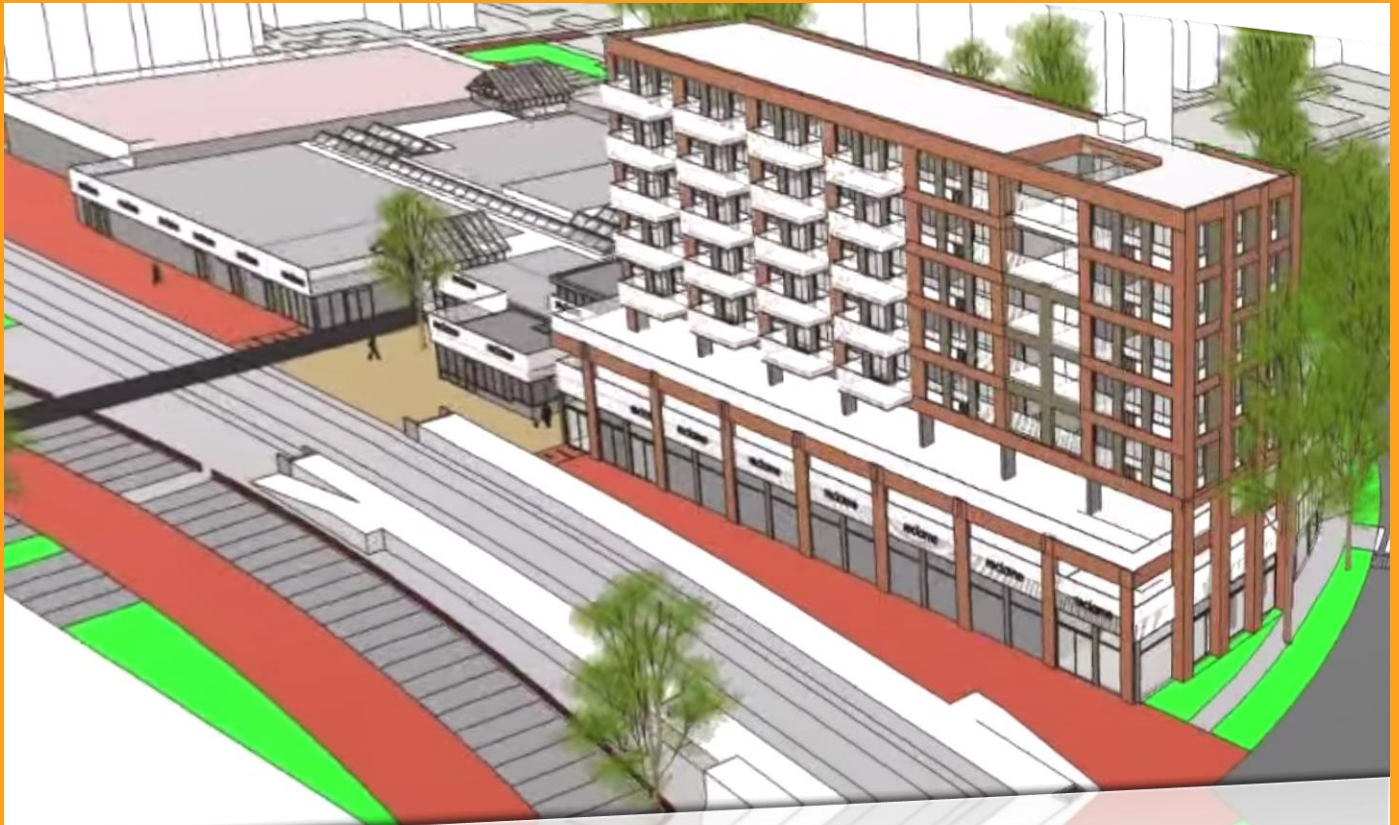




Afstudeerscriptie

Februari – juni 2017

De logistiek op de bouwplaats optimaliseren

Jos van Selm
IJsselstein, 29 mei 2017

Afstudeerscriptie

Afstuderen februari – juni 2017

Student

Jos van Selm
Europaweg 30
3451 HG, VLEUTEN
(030) 662 23 62
(06) 83 39 08 90
josvanselm@live.nl
Studentnummer 1637418

Afstudeerrichting

Logistiek op de bouwplaats



Hogeschool Utrecht

Opleiding Bouwkunde
Faculteit Natuur en Techniek
Instituut voor Gebouwde Omgeving
TBWK-V15AFO-14

Begeleiding Hogeschool Utrecht

1^e begeleider
Vincent Frowijn
(06) 40 46 14 49
vincent.frowijn@hu.nl

2^e begeleider
Charlotte Trip
(06) 38 14 90 82
charlotte.trip@hu.nl



Bunnik Bouw

Groene Dijk 4
3401 NJ, IJSSELSTEIN
(030) 686 99 90

Begeleiding Bunnik Bouw

B.J. (Sjaak) de Jong
Bedrijfsleider
(06) 51 81 45 45
sdejong@bunnik-bouw.nl

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'De logistiek op de bouwplaats optimaliseren'. Het onderzoek voor deze scriptie naar logistiek op de bouwplaats is uitgevoerd bij een middelgroot bouwbedrijf in IJsselstein. Dit onderzoek is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Bouwkunde op de Hogeschool Utrecht en in opdracht van stagebedrijf Bunnik Bouw. Het onderzoek en het schrijven van de scriptie begon in februari en duurt tot juni 2017.

Samen met mijn stagebegeleider, Sjaak de Jong, heb ik de onderzoeksvraag voor deze scriptie bedacht. Deze scriptie belicht logistieke optimalisaties van verschillende kanten. Na het onderzoek te zijn begonnen met hoofdzakelijk theoretische informatie, werd het vervolg van het onderzoek steeds praktijkgericht. Gedurende het onderzoek is mij duidelijk geworden dat je altijd zelf kritisch moet blijven. Bij publicaties hoeft de informatie niet altijd te kloppen, dit werd mij duidelijk na het houden van interviews met vakexperts.

Bij deze wil ik graag mijn begeleiders bedanken voor de fijne begeleiding en hun ondersteuning tijdens dit onderzoekstraject. Ook wil ik alle geïnterviewden personen bedanken die mee hebben gewerkt aan dit onderzoek. Door deze medewerking heeft het onderzoek verschillende kanten van het onderwerp kunnen belichten, dit heeft geleid tot een valide resultaat.

Tevens wil ik mijn collega's bij Bunnik Bouw graag bedanken voor de fijne samenwerking. Ik heb vaak met hen op effectieve wijze kunnen sparren over mijn onderzoek.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Jos van Selm
IJsselstein, 29 mei 2017

Samenvatting

De laatste jaren is een ontwikkeling te zien waarbij steeds meer binnenstedelijk wordt gebouwd. Problemen met krappe of beperkte bouwplaatsen doen zich steeds vaker voor. Zodoende komt de bouwlogistiek voor steeds complexere logistieke opgaven en communicatieve uitdagingen te staan.

Het doel van dit onderzoek is om kennis en nieuwe inzichten te verkrijgen over onder andere innovaties in de bouwlogistiek, waarmee in de toekomst bouwprojecten met een krappe of beperkte bouwplaats uitgevoerd kunnen worden, met de minimale overlast voor winkeliers en omwonenden. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: **“Hoe kan de bouwlogistiek bij krappe of beperkte locaties geoptimaliseerd worden, onder andere bij praktijkcasus De Clinckhoeff te IJsselstein, zodat de kosten zo laag mogelijk blijven, uitloop voorkomen wordt en de logistiek van materieel en materiaal veilig op het bouwproces aansluit?”**

Om een antwoord te kunnen krijgen op de onderzoeksvraag heeft eerst een verdieping in de literatuur plaatsgevonden. Aan de hand van de literatuur zijn referentieprojecten van vooruitstrevende bouwbedrijven geanalyseerd. Door middel van interviews met logistieke partijen en bedrijfsbezoeken zijn resultaten over de voor- en nadelen van logistieke innovaties verkregen. De vier innovaties; bouwlogistieke hub, 4D plannen, Smart Building Logistics en een Cross Chain Control Center zijn onderzocht. Overigens is ook onderzoek gedaan naar de invloed van de bouwmethodiek op de transportbewegingen van en naar de bouwplaats.

Resultaten hebben aangetoond dat de bouwmethodiek montagebouw de beste eigenschappen heeft voor binnenstedelijke bouwprojecten. Dit komt voort uit: een korte bouwtijd met weinig manuren, efficiënte transportritten met een hoge beladingsgraad, waardoor minder vervoerbewegingen plaatsvinden, resulterend tot een veiligere bouw met de minimale overlast voor omwonenden. Uit de gemaakte multicriteria-analyse resulteert de bouwlogistiek hub als beste innovatie om toe te passen bij krappe of beperkte bouwprojecten. De bouwlogistieke hub slaat materieel en materiaal tijdelijk op en levert vervolgens, via een gedetailleerde planning, gebundelde leveringen op de afgesproken tijd en plaats op de bouw. De bouwhub zorgt voor een stijgende arbeidsproductiviteit, aangezien efficiënter gewerkt kan worden. De bouwplaatskosten worden lager, omdat de bouw in een kortere tijd uitgevoerd kan worden. Dit voorkomt mede langdurige overlast voor omwonenden.

Uit dit onderzoek is gebleken dat de bouwlogistiek bij krappe of beperkte bouwplaatsen geoptimaliseerd kan worden door gebruik te maken van een bouwlogistiek hub. De logistiek van materieel en materiaal sluit veilig op het bouwproces aan middels de bouwhub. Uitloop wordt voorkomen en de kosten blijven beperkt. Tevens zorgt de bouwmethodiek montagebouw voor een korte bouwtijd met de minimale overlast voor omwonenden. Praktijkcasus De Clinckhoeff kan zodoende geoptimaliseerd worden. Geadviseerd wordt gebruik te maken van een bouwlogistieke hub en de bouwmethodiek montagebouw.

Op basis hiervan wordt aanbevolen om de bouwlogistiek bij krappe of beperkte locaties via een bouwlogistieke hub te laten verlopen. Bovendien wordt bij binnenstedelijke bouwprojecten aangeraden om in de ontwerpfase al rekening te houden met de bouwmethodiek. Eventueel vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op de informatie- en kennisoverdracht dat benodigd is om alle betrokken onderaannemers en leveranciers aan te laten sluiten bij de bouwhub.

Summary

The last few years there has been a development of building more and more in urban environments. Problems with tight or limited construction sites are becoming increasingly common. As a consequence the construction logistics are facing increasingly complex logistic tasks and communication challenges.

The purpose of this research is to gain knowledge and new insights about innovations in the construction logistics with which construction projects with tight or limited construction sites can be implemented in the future with minimal inconvenience for shop owners and neighbors. For this purpose there has been drawn up a research question: **“How can the construction logistics be optimized at tight or limited construction sites, among others things at the Clinckhoeff Practice Case in IJsselstein, so that the costs remain as low as possible, delay is prevented and the logistics of materiel and material connect safely on the construction process?”**

In order to get an answer on the research question there has been a deeper look into the literature. Based on the literature the reference projects of the progressive construction companies are analyzed. Through interviews with logistic parties and visiting companies, results are obtained with the pros and cons of logistical innovations. The four innovations that are examined: construction logistical hub, 4D planning, Smart Building Logistics and a Cross Chain Control Center. Also, there has been some research on the influence of the construction methodology on transport movements to and from the construction site.

The results showed that the construction methodology prefabrication has the best qualities for urban construction projects. This arises from: a shorter construction time with a few working hours, efficient transport rides with a high loading rate, which causes less transport movements, resulting in a safer construction with less inconvenience for the neighbors. Resulting from the multicriteria-analyses the construction logistic hub is the most innovative one to apply on the tight or limited construction projects. The construction logistic hub stores materiel and materials temporarily and brings, according to a detailed planning, bundled deliveries to the construction site on the agreed time. The construction hub provides a rising work productivity, because the work can be done more efficient. The construction site costs are getting lower, because the construction can be done in a shorter period of time. This prevents a long-lasting inconvenience for the neighbors.

This research shows that the construction logistics at tight or limited construction sites can be optimized by using a construction logistical hub. The logistics of materiel and material are connecting safely on the construction process through the construction hub. Delay is prevented and the costs remain limited. Also, the construction methodology prefabrication provides a shorter construction period with minimum inconvenience for the neighbors. The Clinckhoeff Practice Case can thereby be optimized. It is advised to use a logistical hub and the construction methodology prefabrication.

Based on this, the advice is to use a construction logistical hub at tight or limited construction sites. Most of all it is advised to already take the construction method in account in the design phase at urban construction methodology. Possible follow-up research can focus on the information and knowledge transfer that is needed to connect the concerned subcontractors and suppliers to the construction logistical hub.

Verklarende woordenlijst

3D-BIM	Building Information Model is een 3D computermodel dat wordt gemaakt en gebruikt om een gebouw of constructie te modelleren. Aan het model kan diverse relevante informatie gekoppeld worden. Dit model is eigenlijk een prototype van het gebouw.
4C	Cross Chain Control Center, regiecentrum met gezamenlijke coördinatie.
4D-BIM	Een 3D-BIM-model waaraan een 4 ^e dimensie planning gekoppeld wordt. Elk object krijgt een begin en een eindtijd, dit maakt het mogelijk om een virtueel prototype van een gebouw te maken.
Beladingsgraad	De verhouding tussen de benutte ladingcapaciteit en de totaal beschikbare ladingcapaciteit van een vervoersmiddel. Dit kan zowel het gewicht als het volume zijn.
Bouwmethodiek	De manier waarop de hoofdstructuur van een gebouw wordt opgezet.
Bouwproces	Alle bewerkingen die benodigd zijn van initiatieffase tot en met realisatie om een bouwwerk tot stand te brengen.
Bouwhub	Verzamelpaats of locatie waar verschillende stromen bij elkaar komen.
Ilips	Logistiek managementsysteem dat werkt op basis van Lean plannen. Dit systeem heeft drie modules, een bouwticketsysteem, CO ₂ -calculatie en registratie en voorraadbeheer.
Innovatie	De ontwikkeling en succesvolle invoering van nieuwe of verbeterde producten en diensten, productie- en distributieprocessen.
Just-in-time	Logistieke methode, "precies op tijd" leveren.
Ketenintegratie	Effectief samenwerken met partners (één gezamenlijke organisatie).
KYP	Online planning software dat werkt op basis van Lean plannen, door middel van een digitaal systeem met digitale post-its.
Lean	Lean betekent, leren werken zonder verspillingen. 'Lean' is een denk- en werkwijze (Lean filosofie) gericht op het continue verbeteren van bedrijfsprocessen.
Lean plannen	Bij Lean maken alle betrokken partijen gezamenlijk één planning. Dagelijks wordt een Lean-sessie gehouden met alle betrokken partijen om de werkzaamheden te bespreken en de planning te handhaven.
Lean-sessie	Werkbespreking met alle betrokken partijen.
Ruwbouwfase	De fase in een bouwproject waarbij de draagstructuur wordt gerealiseerd en de ruwe contouren van het gebouw zichtbaar worden.
SBL	Smart Building Logistics, concept van BAM-Utiliteitsbouw met combinatie- en bouwticketleveringen via de logistieke hub van UTS.
Supply chain	Een logistieke keten van diverse schakels (bedrijven), met als taak het creëren van een gezamenlijk eindproduct.

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	2
Samenvatting.....	3
Summary	4
Verklarende woordenlijst	5
1. Inleiding.....	8
1.1 Aanleiding.....	8
1.2 Probleemstelling.....	9
1.3 Doelstelling.....	10
1.4 Onderzoeksvraag.....	10
1.5 Afbakening.....	10
1.6 Over Bunnik Bouw	11
1.7 Leeswijzer	11
2. Logistieke innovaties	12
2.1 Logistiek.....	12
2.2 Ontwikkelingen in de bouwlogistiek	14
2.3 Bouwmethodiek	20
2.4 Transport	23
3. Toepasbaarheid	25
3.1 Omgevingsanalyse.....	25
3.2 Risicoanalyse	25
3.3 Optimalisatie bouwmethodiek.....	25
3.4 Optimalisatie bouwlogistiek.....	27
3.5 Optimalisatie bouwplaatsinrichting en -transport.....	30
4. Praktijkonderzoek	31
4.1 Analyse winkelcentrum De Clinckhoeff.....	31
4.2 Risicoanalyse	32
4.3 Optimalisatie bouwmethodiek.....	32
4.4 Optimalisatie bouwlogistiek.....	34
4.5 Optimalisatie bouwplaatsinrichting	38
4.6 Externe validatie.....	39
4.7 Samenvatting praktijkonderzoek	39

5.	Conclusie	40
5.1	Conclusie	40
5.2	Discussie	41
5.3	Aanbeveling	42
6.	Bibliografie	43

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

De laatste jaren is een ontwikkeling te zien waarbij steeds meer binnenstedelijk wordt gebouwd. Waar we vroeger 80% van de nieuwbouw 'in het weiland' bouwden, is dat nu omgedraaid. 80% van onze huidige bouwproductie vindt plaats in een bestaande, stedelijke omgeving. Dit zorgt voor een aanzienlijke verhoging van het aan de bouw gerelateerde goederen- en personenvervoer in de stad. Momenteel rijdt in de stad 30 tot 50% van de vrachtwagens bouwgerelateerd. (Hans Quak, et al, 2011)

In de stedelijke omgeving worden bouwplaatsen steeds krappere en het aantal files neemt alleen maar toe. Dit zorgt voor een complexe logistieke opgave en communicatieve uitdagingen. Een aantal bedrijven lukt het om de vervoersbewegingen in de steden terug te dringen en daardoor veel tijd en geld te besparen. Helaas lukt dit nog lang niet bij alle bedrijven. De bouwprojecten hebben, afhankelijk van de grootte en de locatie, een grote impact op de hoeveelheid verkeer en de verkeersdoorstroming in een stad. Opmerkelijk is dat de beladingsgraad van vrachtwagens in de bouwlogistiek gemiddeld nog maar dertig procent is, dit resulteert tot onnodig veel verkeersbewegingen. (Platform B:ton, 2012)

Het Platform Logistiek in de Bouw, een initiatief van Transport en Logistiek Nederland, Bouwend Nederland, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Utrecht, TU Delft, Connekt, Rijkswaterstaat, gemeente Rotterdam en TNO startten in 2011 een onderzoek naar de mogelijkheden om te komen tot een efficiëntere bouwlogistiek in binnenstedelijke gebieden. Dit onderzoek zorgde voor bijzonder goede resultaten bij de proeftuinen; minder overlast voor de omgeving, minder luchtvervuiling, efficiënter bouwen, lagere bouwkosten, minder ritten naar de bouwplaats, minder kilometers van bouwverkeer, minder CO₂-uitstoot en voor de leverancier tijdbesparing op transportritten. Deze resultaten werden behaald door gebruik te maken van een slimme bouwlogistiek. (TNO, 2017)

Tijdens het onderzoek van deze scriptie wordt gekeken hoe de innovaties van de slimme bouwlogistiek geïmplementeerd kunnen worden bij bouwbedrijven. Zodat binnenstedelijk bouwen in de toekomst veiliger en goedkoper wordt, maar ook minder overlast voor de omgeving veroorzaakt.

1.2 Probleemstelling

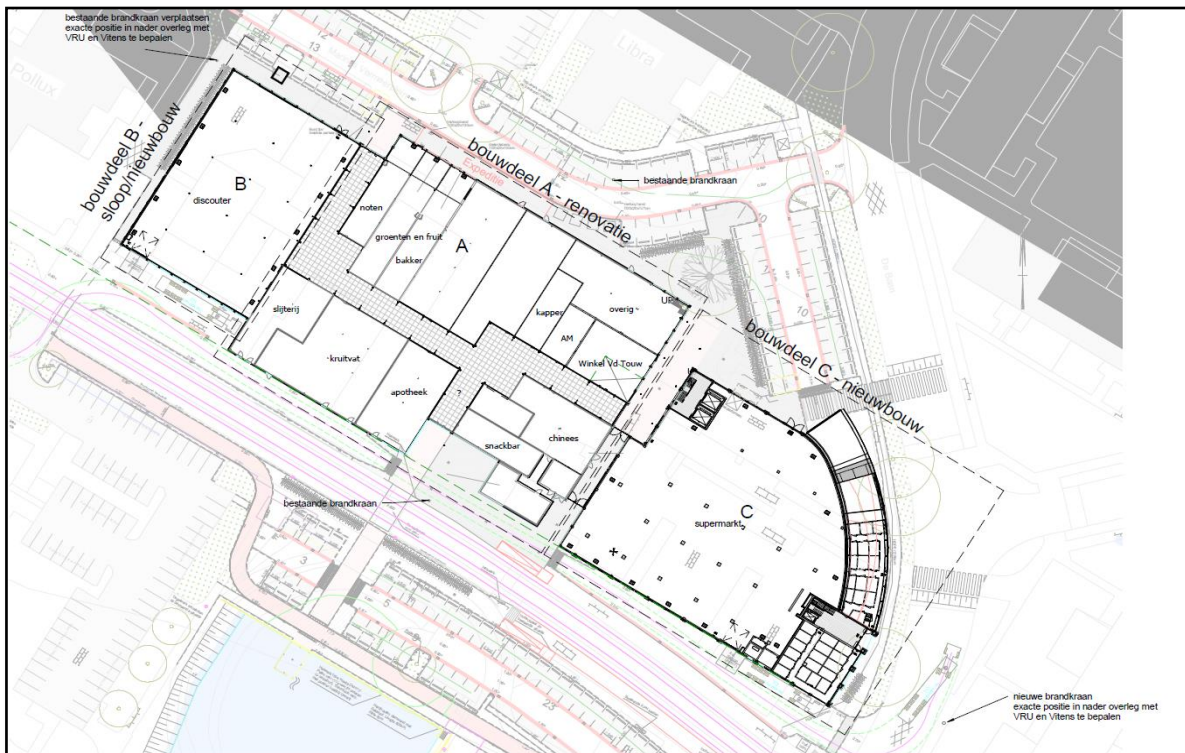
Winkelcentrum De Clinckhoeff in IJsselstein gaat gemoderniseerd worden. Het plan zal in drie fases uitgevoerd worden door Bunnik Bouw, de praktijkcasus van dit onderzoek richt zich op de eerste fase. Dit betreft het omvangrijkste bouwdeel. Op een gedeelte van de bestaande parkeerplaats wordt een nieuw gebouw gerealiseerd, zie figuur 1. In de situatietekening figuur 2 is het gebouw nogmaals weergegeven, genaamd bouwdeel C. Het gebouw zal in de toekomst ruimte bieden voor een supermarkt, een parkeergarage en 33 appartementen. Het nieuwbouwproject bestaat uit acht bouwlagen.



Figuur 1, 8-laags nieuwbouwproject (Wissing, 2016)

Tijdens de bouw zal het bestaande naastgelegen winkelcentrum continue toegankelijk moeten blijven voor de klanten van de winkels. Evenzo de parkeerplaatsen welke benodigd zijn voor het winkelend publiek, hierdoor is nauwelijks ruimte beschikbaar voor de bouwplaatsinrichting.

De parkeerplaatsen liggen ten noorden van het gebouw, hier blijft beperkte ruimte beschikbaar voor een bouwplaatsinrichting. Aan de oostzijde ligt een doorgaande weg. Deze weg kan gebruikt worden voor de aan- en afvoer van materieel en materiaal, maar deze weg mag niet belemmerd worden. Ten zuiden ligt een trambaan circa acht meter naast het gebouw, hier blijft dus weinig tot geen bouwplaatsruimte over. Aan de westzijde grenst het bestaande winkelcentrum aan het nieuwbouwproject, ook hier is geen plek beschikbaar voor het opslaan van materieel en materiaal. De belemmeringen van de beperkte locatie zorgen dat voor de uitvoering van het project een goed logistiek plan benodigd is en dat zorgvuldig over de bouwmethodiek nagedacht moet worden.



Figuur 2, situatietekening van de nieuwe toestand

1.3 Doelstelling

In dit onderzoek wordt geprobeerd oplossingen te vinden voor het omgaan met zeer krappe of beperkte bouwplaatsen. De bouwlogistiek zou zo optimaal mogelijk uitgedacht moeten worden, zodat een bouwproject uitgevoerd kan worden zonder (grote) tegenvallers tegen te komen.

Als dit lukt kan bouwproject De Clinckhoeff theoretisch veilig uitgevoerd worden, waarbij de overlast voor de omwonenden beperkt blijft. Samengevat wordt gepoogd om op 29 mei 2017 een adviesrapport op te leveren, dit rapport bestaat uit alternatieve en innovatieve voorstellen op het gebied van de bouwlogistiek. Als bijlage wordt een nieuwe bouwplaatsinrichtingstekening voor de praktijkcasus De Clinckhoeff toegevoegd, waarin de beste innovatieve voorstellen verwerkt staan.

“Het scriptieonderzoek heeft tot doel het verkrijgen van kennis en nieuwe inzichten over onder andere innovaties in de bouwlogistiek, waarmee Bunnik Bouw in de toekomst bouwprojecten met een beperkte locatie kan uitvoeren, met de minimale overlast voor winkeliers en omwonenden. “

1.4 Onderzoeksvraag

De hoofdvraag die voortkomt uit de doelstelling is hieronder weergegeven.

Hoofdvraag:

“Hoe kan de bouwlogistiek bij krappe of beperkte locaties geoptimaliseerd worden, onder andere bij praktijkcasus De Clinckhoeff te IJsselstein, zodat de kosten zo laag mogelijk blijven, uitloop voorkomen wordt en de logistiek van materieel en materiaal veilig op het bouwproces aansluit?”

1.5 Afbakening

In een beperkte tijd van circa 20 weken kan door middel van een afbakening, een adviesrapportage met de gewenste inhoud opgeleverd worden. De afbakening van het onderzoek vindt plaats op meerdere onderwerpen.

Het onderzoek richt zich op de problematiek in het transport, op en naar beperkte, krappe binnenstedelijke bouwplaatsen. Gezien de laatste jaren verschillende innovaties ontstaan zijn in de bouwlogistiek, worden de voor- en nadelen hiervan in kaart gebracht. 4D plannen¹ krijgt geen diepgang in dit onderzoek, aangezien een andere student bij Bunnik Bouw zich specifiek op dit onderwerp richt.

De optimalisatie van de bouwlogistiek vindt plaats vanaf de ruwbouw tot de afbouw. Uitgegaan wordt van transport via het wegennetwerk, vervoersbewegingen over het water of het spoor blijven buiten beschouwing. Bij de begrippen ‘beste’ en ‘optimaal’ wordt de beste afweging bedoeld van de begrippen veiligheid, kosten, planning en overlast.

Als praktijkcasus wordt bouwdeel C van bouwproject De Clinckhoeff gebruikt. Dit project dient overigens niet als leidraad voor het onderzoek. De beste optimalisatiepunten van het onderzoek worden in de praktijkcasus verwerkt, waarmee wordt gepoogd een nieuwe bouwplaatsinrichting te kunnen maken. De uitvoeringsplanning en de begroting van bouwproject De Clinckhoeff worden niet in het onderzoek meegenomen. Bij het bepalen van een bouwmethodiek en innovaties wordt echter wel gekeken naar de bouwtijd en de bouwkosten.

¹ 4D-BIM maakt een koppeling tussen de objecten van een 3D-BIM-model en de planning van een project. Aan elk object wordt een start- en eindtijd gekoppeld.

1.6 Over Bunnik Bouw

Bunnik Bouw is een zusterbedrijf van Bunnik Projekten. Beide ondernemingen zijn sinds 1976 een begrip in IJsselstein. Mede door consumentgericht te ontwikkelen en te bouwen is Bunnik Bouw met name op de woningbouwmarkt gepositioneerd. In de achterliggende decennia heeft Bunnik Bouw laten zien zowel kleinschalige- en grotere woningbouwprojecten, als ook grote utiliteitsbouw naar tevredenheid van de opdrachtgevers te kunnen realiseren. Bunnik Bouw realiseert de bouwprojecten volgens de bouwmethodiek die de ontwikkelaar in het ontwerp vastlegt. In de meeste gevallen bestaat dit uit kalkzandsteen binnenbladen met breedplaatvloeren.

In de afgelopen jaren heeft Bunnik Bouw zich gespecialiseerd in het 'Bimmen', oftewel in het werken met een BIM (Bouw Informatie Model). In het vroege voortraject is Bunnik Bouw in staat om toekomstige knelpunten te voorzien en hierop te anticiperen, met als gevolg dat onaangename verrassingen tijdens de bouwfase en onverwachte meer- en minderwerken kunnen worden voorkomen. De partners (zoals de constructeur en de installateurs) voegen ieder hun eigen specificaties toe aan het BIM-model. Hierdoor ontstaat een ketenintegratie met de partners. Alle partners worden zeer nauw betrokken bij het ontwerpresultaat en de voorbereidingen van de daadwerkelijke uitvoering. Gezamenlijk met alle partners wordt de bouwplanning opgesteld, hierdoor ontstaat een optimale planning zonder onnodige wachttijden. Het werken volgens de Lean-methode zorgt voor een kortere bouwtijd. Door deze brede ervaring en innovatieve werkmethodieken (BIM, Lean, Ketenintegratie) is Bunnik Bouw vooruitstrevend op de markt.

Bunnik Projekten en Bunnik Bouw zijn beide zelfstandige ondernemingen. Naast de gezamenlijke projecten worden ook projecten met derden ontwikkeld en gerealiseerd. Door de eenvoudige organisatie zijn Bunnik Projekten en Bunnik Bouw in staat om snel en efficiënt op individuele wensen van kopers en opdrachtgevers in te spelen, net als het inspelen op de veranderingen in de markt. (Bunnik Projekten, 2017)

1.7 Leeswijzer

In onderstaande leeswijzer wordt een toelichting gegeven op de opbouw van de scriptie. De stappen van het onderzoek zijn tevens in een onderzoeksmodel verwerkt, zie hiervoor bijlage 1.

Hoofdstuk 1 presenteert de aanleiding van het probleem. Via de probleemstelling volgt de doelstelling en de onderzoeksvraag.

Na de aanleiding van het probleem wordt aan de hand van literatuur in hoofdstuk 2 de focus gelegd op het ontdekken van innovaties en optimalisaties in de bouwlogistiek, welke toegepast kunnen gaan worden bij binnenstedelijke bouwprojecten. Als eerst wordt het begrip logistiek gedefinieerd, vervolgens worden logistieke innovaties uiteengezet. Door middel van bouwmethodieken en transportmiddelen toe te lichten wordt meer inzicht gegeven in de complexiteit van het onderwerp. Als genoeg literatuur vergaard is, volgt hoofdstuk 3. De literatuur van het vorige hoofdstuk wordt hier gekoppeld aan de praktijk. De innovatie welke de beste resultaten biedt, wordt verder uitgewerkt. De validatie vindt door middel van praktijkonderzoek, in hoofdstuk 4 plaats. Deskundigen valideren de onderzoeksresultaten om aan te tonen dat dit een betrouwbaar valide onderzoek is. Overigens worden de resultaten getoetst op het casusproject, bouwproject De Clinckhoeff.

Hoofdstuk 5 eindigt met de bevindingen en de resultaten van het onderzoek, waarbij de onderzoeksvragen beantwoord worden. Aan de hand van deze conclusie is een advies geschreven richting het management van Bunnik Bouw.

De bibliografielijst staat in hoofdstuk 6. Bijlagen staan in het bijlagenboek.

2. Logistieke innovaties



Figuur 3, structuurschema

Alvorens het onderzoek gestart is, heeft een literatuurstudie plaatsgevonden. Hieronder vindt u een uiteenzetting waarbij eerst het begrip logistiek ontleed wordt, vanaf de geschiedenis tot en met het heden. Daaropvolgend worden publicaties over logistiek onderzocht. Nadien komt het onderwerp ontwikkelingen in de bouwlogistiek aanbod, hier worden de nieuwe ontwikkelingen behandeld. Vervolgens worden verschillende bouwmethodieken en transportmiddelen uiteengezet.

2.1 Logistiek

2.1.1 Geschiedenis

De definitie van logistiek heeft in het verleden meerdere veranderingen meegemaakt (zie bijlage 2). Momenteel luidt de definitie van logistiek als volgt:

‘De juiste hoeveelheid van de juiste goederen op het juiste tijdstip en in de juiste conditie tegen de juiste kosten naar de juiste plaats brengen met de juiste informatie voor alle betrokkenen’ (Jol, 2017)

Tegenwoordig wordt het begrip logistiek veel ruimer opgevat. Voorheen dacht men aan militaire toepassingen, terwijl men nu aan het slim organiseren van de organisatie, planning, de besturing en de uitvoering van de goederenstroom denkt. Voor dit onderzoek is het dus van cruciaal belang om eerst de recentste definitie van logistiek in kaart te brengen, voordat het onderzoek gestart wordt. (Prins, 1971) (H.M. Visser, 2011)

2.1.2 In het heden

De heren Grit en de Geus omschrijven in het boek ‘Management en Logistiek’ dat logistiek het beheersen van goederenstromen en de daarbij horende informatie- en geldstromen is. Allereerst worden de begrippen goederen-, informatie- en geldstromen uitgelegd volgens Grit en de Geus:

- De beheersing van de goederenstromen betreft het zodanig inrichten, besturen en beheersen van de distributie van de fysieke productiefactoren, dat hiervan een zo’n gunstig mogelijke invloed uitgaat op het totale bouwproces.
- Informatiestromen sturen en regelen de goederenstromen binnen een bedrijf. Informatie in de vorm van bestellingen en productieplanningen zijn essentieel om de logistiek voorspoedig te kunnen laten verlopen.
- Goederen die geleverd worden, moeten worden betaald. De geldstromen zijn in tegengestelde richting van de goederenstroom. (Roel Grit, 2012)

De heren van Goor en Visser voegen nog een belangrijk onderdeel toe in hun omschrijving over logistiek. Zij benoemen bij de goederenstroom ook de retourstromen in tegenstelling tot Grit en de Geus. De omschrijving van het begrip logistiek luidt als volgt volgens van Goor en Visser:

‘Logistiek omvat de organisatie, de planning, de besturing en de uitvoering van de goederenstroom vanaf de ontwikkeling en inkoop, via productie en distributie naar de eindafnemer, inclusief de retourstromen. Het doel is om tegen lage kosten en kapitaalgebruik te voldoen aan de behoeften van de markt, teneinde een langdurige relatie met de klant op te bouwen.’ (H.M. Visser, 2011)

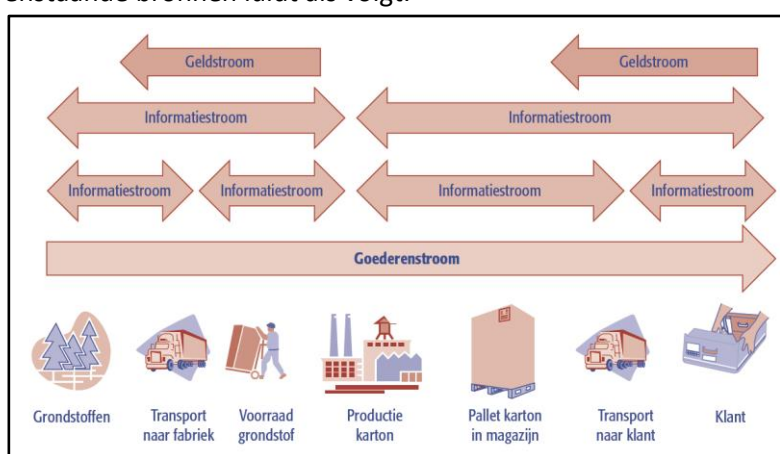
Vakmedianet omschrijft in een uitgave van 'Logistiek Magazine' het begrip logistiek als volgt:

'Logistiek is dat deel van de toeleveringsketen waar de efficiënte, effectieve doorstroom en opslag van goederen, diensten en daarmee samenhangende informatie van de plaats van verzending tot de plaats van gebruik worden gepland, geïmplementeerd en beheerd teneinde adequaat te voldoen aan de behoeften van de klanten.' (Logistiek Magazine, 2013)

De kennis over logistiek die nu bekend is, is grotendeels gebaseerd op informatieve boeken. De laatste bronnen vertellen in tegenstelling tot de eerste bron van Grit en de Geus, dat tot het begrip logistiek ook behoort het adequaat voldoen aan de behoefte van klanten en daarmee een langdurige relatie opbouwen met de klanten. Terwijl de bron van Grit en de Geus het heeft over een zo'n gunstig mogelijk bouwproces en daarbij benoemen zij niet de klanten. Aangezien de meerderheid wel klanten betreft tot het begrip logistiek en dit ook vrij aannemelijk is, wordt het voldoen aan de behoefte van klanten aangehouden.

De samengestelde definitie van bovenstaande bronnen luidt als volgt:

'Logistiek is het beheersen van goederenstromen en de daarbij horende informatie- en geldstromen, doormiddel van een goede organisatie, planning, besturing en uitvoering vanaf de ontwikkeling tot en met de eindafnemer (zie figuur 4). Waarbij een efficiënte, effectieve doorstroom en opslag van goederen plaatsvindt, teneinde een langdurige relatie met de klant op te bouwen.'



Figuur 4, logistieke stromen (SV Gusto, 2017)

2.1.3 Publicaties

Op het gebied van bouwlogistiek is relatief veel onderzoek gepubliceerd. Deze rapporten en onderzoeken richten zich hoofdzakelijk binnen een bedrijf op het toepassen van een innovatie. Onder andere richt het onderzoek van D. de Koning zich op het toepassen van Smart Building Logistics bij de Bam (Koning, 2014), evenzo het onderzoek van M. Lepelaars en L. Remeijns (M.P.M. Lepelaars, 2015).

De vorige studies hebben aangetoond dat communicatieproblemen een van de grootste risicofactoren zijn. Zij geven aan dat de afspraken bij inkoopprocessen niet altijd waterdicht geformuleerd zijn, waardoor meningsverschillen optreden. Daarnaast tonen zij door middel van enquêtes aan dat het bouwplaatspersoneel moeite heeft met het veranderen naar nieuwe werkmethode's. Dit onderzoek zal zich daarom ook richten op communicatie. Door slimme programma's, zoals KYP of Ilips te gebruiken, kan door middel van digitaal Lean plannen, geprobeerd worden deze problemen te verminderd of zelfs te voorkomen.

Tevens is opvallend dat veel literatuur gepubliceerd is met betrekking tot de logistiek bij distributiecentra en het supply chain² management. In vergelijking tot eerdergenoemde onderwerpen is minder informatie bekend over het onderwerp, logistiek op de bouw. Te merken is dat de bouw in de logistiek nog achter loopt ten opzichte van andere sectoren. (Caroline J. van der Meer, 2016) (Hessel M. Visser, 2015)

² Supply Chain Een logistieke keten van diverse schakels (bedrijven), met als taak het creëren van een gezamenlijk eindproduct.

2.2 Ontwikkelingen in de bouwlogistiek

Bij het Platform Logistiek in de Bouw vinden kennis- en onderwijsinstellingen, branche- en netwerkpartijen en overheden elkaar. Zij zien hoe de bouw van aandacht voor materialen steeds verder verandert naar aandacht voor het proces. Zij omschrijven de ontwikkeling als volgt:

De focus in de bouw lag de afgelopen decennia voornamelijk op de verduurzaming van bouwobjecten zelf, qua materialen, energiegebruik en levensduur. Het bouwproces was tot voor kort niet of nauwelijks onderdeel van verduurzaming, efficiencyverbetering en vermijden van faalkosten. (Bouw P. L., 2014)

Het Platform Logistiek in de Bouw vindt een belangrijke voorwaarde voor echte efficiencyverbetering, verduurzaming en innovatie in de bouw(logistieke)-sector dat samenwerking in de keten tussen producenten, leveranciers, transporteurs, aannemers en opdrachtgevers plaatsvindt. Deze samenwerking brengt veranderingen in werkwijzen en processen en helpen faalkosten te vermijden. (Bouw P. L., 2014)

2.2.1 Innovaties

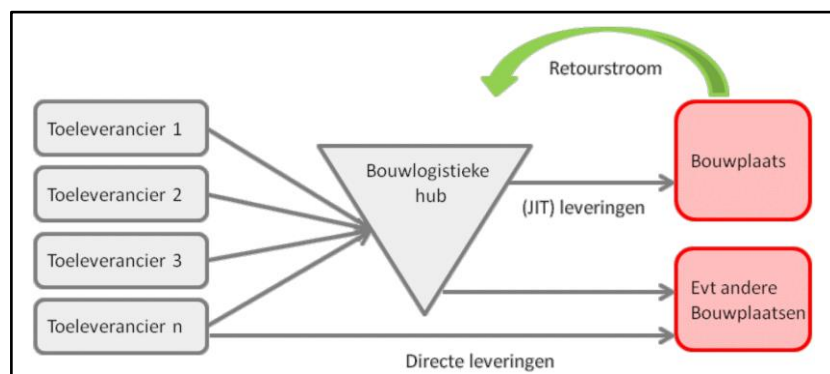
In de traditionele bouwlogistiek vonden veel vervoersbewegingen plaats. Vrachtwagens hadden over het algemeen een lage beladingsgraad. Waardoor onnodig veel transportritten plaatsvonden, wat resulteerde tot overlast in de omgeving. Door slechte communicatie tussen de leveranciers en de bouwers werden producten vaak op verkeerde momenten geleverd. Het gevolg leidde tot onoverzichtelijke bouwplaatsen vol met materialen. (Buurgaard Nielsen, J., Van Essen, H.P., 2016) (M.P.M. Lepelaars, 2015)

Verschillende transport- en bouwbedrijven zagen dat de bouwlogistiek een oplossing nodig had om deze faalkosten en overlast te beperken. Een aantal bedrijven zijn aan de slag gegaan om de bouwlogistiek te optimaliseren. Zij deden dit ieder op hun eigen manier. Hierdoor zijn de volgende innovaties ontstaan; een bouwhub, Smart Building Logistics (SBL), 4D plannen en onder andere een Cross Chain Control Center (4C). (Amstel, Slimme bouwlogistiek BAM in Delft, 2015)

In de volgende paragrafen worden de innovaties met de praktijkresultaten van de hierboven genoemde innovaties behandeld. Zie bijlage 3 voor een uitgebreide weergave van de innovaties.

2.2.2 Bouwhub

De bouwlogistieke hub is een tijdelijke verzamelplaats of locatie waar verschillende leveringen van materieel en materiaal bij elkaar komen. Op de bouwlogistieke hub worden leveringen gebundeld, hierdoor kunnen de verschillende leveringen in efficiënte volle vrachten naar de betreffende eindbestemming vervoerd worden. De bouwlogistieke hub fungeert als distributiecentrum. Door de tijdelijke opslag kan de hub nauwkeurig op een afgesproken tijd, volgens bouwprojectplanning leveren op de bouwplaats. De vrachtwagens nemen retourstromen mee op de terugweg naar de hub, dit beperkt het aantal transportritten. Bij speciale vrachten, volle vrachten of betonmixers wordt de bouwlogistieke hub gepasseerd, omdat combinatievrachten bij deze situaties niet mogelijk zijn. In figuur 5 staat het aanleverproces via de bouwlogistieke hub schematisch weergegeven.



Figuur 5, aanleverproces bouwlogistieke hub (A.M.R. de Vries, 2017)

Een bouwlogistieke hub brengt kostenposten met zich mee, waaronder de manuren op de hub, de locatie en het extra opslaan van materialen. Daarentegen treden de volgende voordelen op, een hogere arbeidsproductie, gebundelde just-in-time leveringen en retourstromen. Dit resulteert tot minder overlast voor omwonenden en een veiligere opgeruimde bouwplaats.

(Roeven, 2016) (Ulenaers, 2017) (A.M.R. de Vries, 2017) (Dijkhuizen, 2015)

Praktijkresultaten bouwhub

De bouwhub wordt al door meerdere bedrijven toegepast. In Utrecht is nieuwbouwproject de Trip gebouwd door VolkerWessels onderneming Boele & van Eesteren, met behulp van de bouwhub van VolkerWessels. De Trip ligt gelegen in het centrum van Utrecht, de bouwhub hebben ze net buiten de stad gevestigd op industrieterrein Laaggraven in Nieuwegein. De afstand tussen de Trip en de bouwhub is circa 4,2 kilometer. Op dit project zorgde de bouwhub ten eerste voor een vermindering van 69% in transportritten. Dit is gerealiseerd doordat de hub zorgde voor het samenvoegen van vrachten. Vandaar dat een gemiddelde beladingsgraad van 94% behaald kon worden. Het resultaat, 224.278 minder verreden kilometers. Het personeelsvervoer vond ook via de bouwhub plaats, dit resulteerde tot 68% minder ritten.

Op de bouwhub werden dagproductie-pakketten samengesteld. 'Runners' zorgde ervoor dat alle pakketten op de juiste plek kwamen. Zo kon veel sneller gewerkt worden. Een ander groot voordeel was, dat veel minder bouwmaterialen en voertuigen op de bouwplaats opgeslagen werden. Zo bleef meer ruimte over om werkzaamheden uit te voeren, dit bevorderde de veiligheid op de bouwplaats. Het samenstellen van dagproductie-pakketten op de bouwhub zorgde voor 5% vermindering van afval. Het overige afval werd door dezelfde vrachtwagens als die materialen leverden, mee retour genomen naar de bouwhub.

Uiteindelijk zorgde de bouwhub bij dit project voor een besparing van 71% op de transportkosten, 81 minuten tijdswinst per rit, 43% hogere arbeidsproductiviteit, 68% minder CO₂-uitstoot en minder omgevingsoverlast. Daarnaast was een besparing van € 46.000,- aan materialen, door een beter logistiek beheer en het samenstellen van dagproductie-pakketten.

(Els Geurts, 2016) (VolkerWessels, 2016) (VolkerWessels, 2017) (HoutWereld, 2017) (Hogeschool Utrecht, 2016)

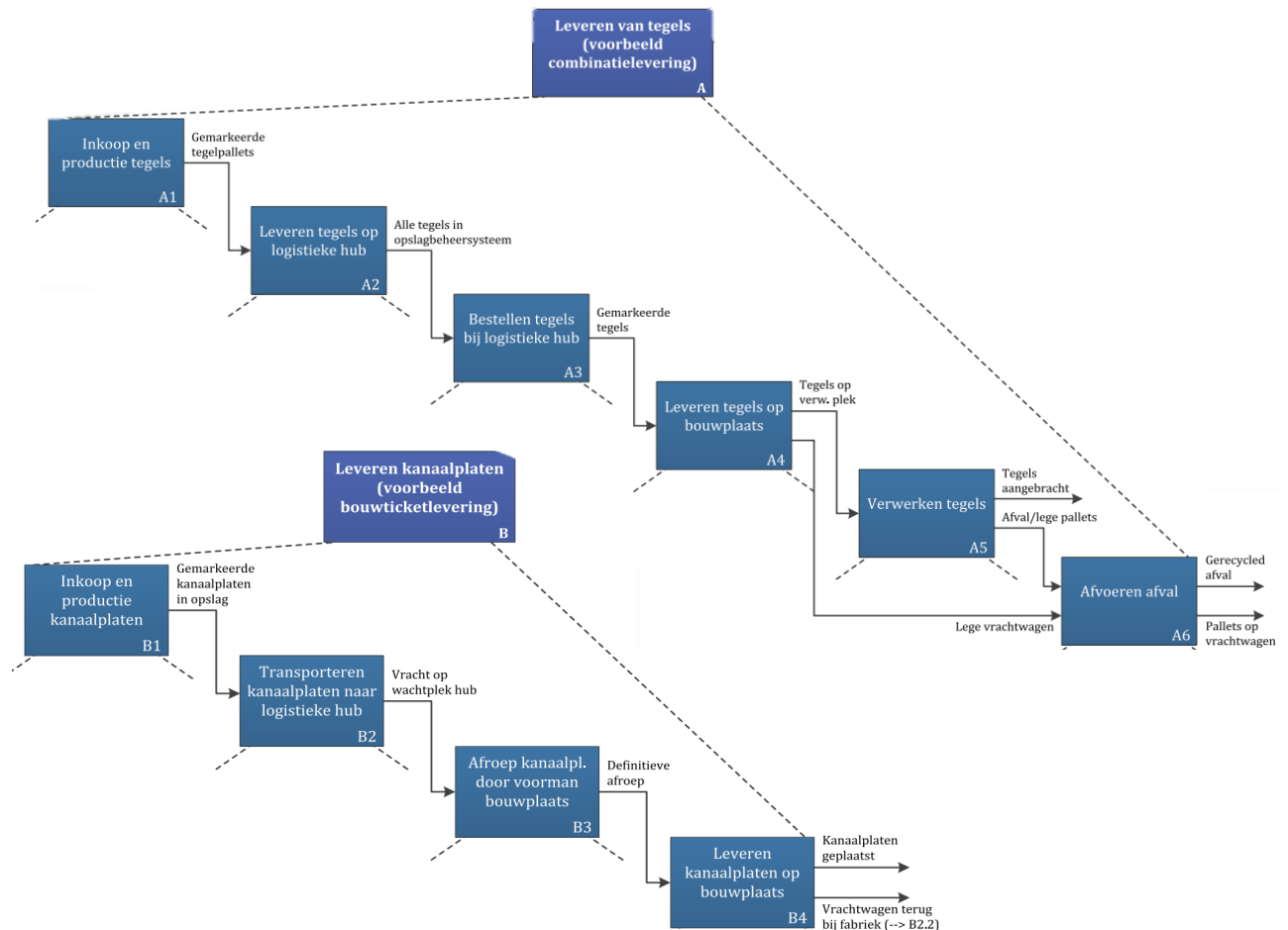
2.2.3 Smart Building Logistics

Smart Building Logistics (SBL) is een concept van de BAM-utiliteitsbouw. Zij hebben dit in samenwerking met vervoersbedrijf UTS opgezet. Zij zijn dus ook het enige bedrijf dat van dit concept gebruik maakt. Met dit concept willen zij het aantal vervoersbewegingen van en naar de bouwplaats verminderen. Dit vindt plaats door gebruik te maken van combinatie- en bouwticketleveringen via de logistieke hub van UTS.

De logistieke hub dient als tussenopslag bij combinatielevering of als wachtplaats bij (just-in-time) bouwticketleveringen. UTS slaat bij combinatieleveringen de bouwmaterialen tijdelijk op, waarna ze de materialen just-in-time in volle vrachten naar de bouwplaats transporteren. UTS verzorgt tevens de afvoer van het afval en de overtollige materialen, zie figuur 6.

De chauffeur die zich bij een bouwticketlevering opstelt op de hub, wacht hier totdat de aangemelde vracht een afroepsignaal van de bouwplaats krijgt, dan vervolgt hij zijn weg naar de bouwplaats. Door SBL toe te passen vindt het transport gecoördineerd en just-in-time plaats. Dit resulteert tot minder transportbewegingen van en naar de bouwplaats. Tevens wordt de bouwplaats door de retourstromen van UTS veiliger, omdat zij zorgen voor een opgeruimde bouwplaats zonder overtollig materieel en materiaal. Daarnaast leiden de gebundelde leveringen tot minder verspilling en beschadigingen aan materialen.

(BAM Utiliteitsbouw, 2015) (Koning, 2014) (Karabulut, 2012) (Bruijn, 2014) (Voordt, 2013)



Figuur 6, schema A – leveren van tegels (combinatielevering)
schema B – leveren van kanaalplaten (bouwticketlevering) (Koning, 2014)

Praktijkresultaten Smart Building Logistics

Bij de Huishoudschool aan de Laan van Meerdervoort in Den Haag en het naastgelegen vroegere politiebureau is de SBL-methode toegepast. Ook bij het verbouwproject “De Groene Toren” in Eindhoven van PostNL is dit logistieke concept toegepast. UTS is bij deze projecten verantwoordelijk geweest voor de toelevering van het gereedschap en het bouw materiaal van de onderaannemers, alsook voor de afvoer van het bouwafval.

Het logistieke centrum van UTS bevond zich buiten de stad. Onderaannemers konden hier zelf materialen bestellen. In het logistieke centrum werden goederenstromen op een slimme wijze gebundeld, waarna de gebundelde goederen in volle vrachten, just-in-time naar de bouwplaats getransporteerd werden. Dit zorgde voor een afname van het vrachtverkeer in het stedelijk gebied. De gecombineerde goederenstromen buiten de spitsuren en het ontbreken van deelleveringen zorgen tevens voor een afname van vrachtverkeer in het stedelijk gebied en dus voor minder CO₂-uitstoot.

Just-in-place leveringen vonden zowel onder als na werktijd plaats. Bouwvakkers konden ‘s ochtends meteen aan de slag op hun werkplek, omdat de benodigde materialen een middag van tevoren just-in-place geplaatst werden. Hierdoor nam de productiviteit van de bouwvakkers tot 30 minuten per dag toe. Door de afvalsortering op de bouwplaats was de bouw opgeruimd en schoon, daarnaast zorgde de gecombineerde transportritten voor een veiligere bouwplaats, omdat minder transportbewegingen plaats vonden.

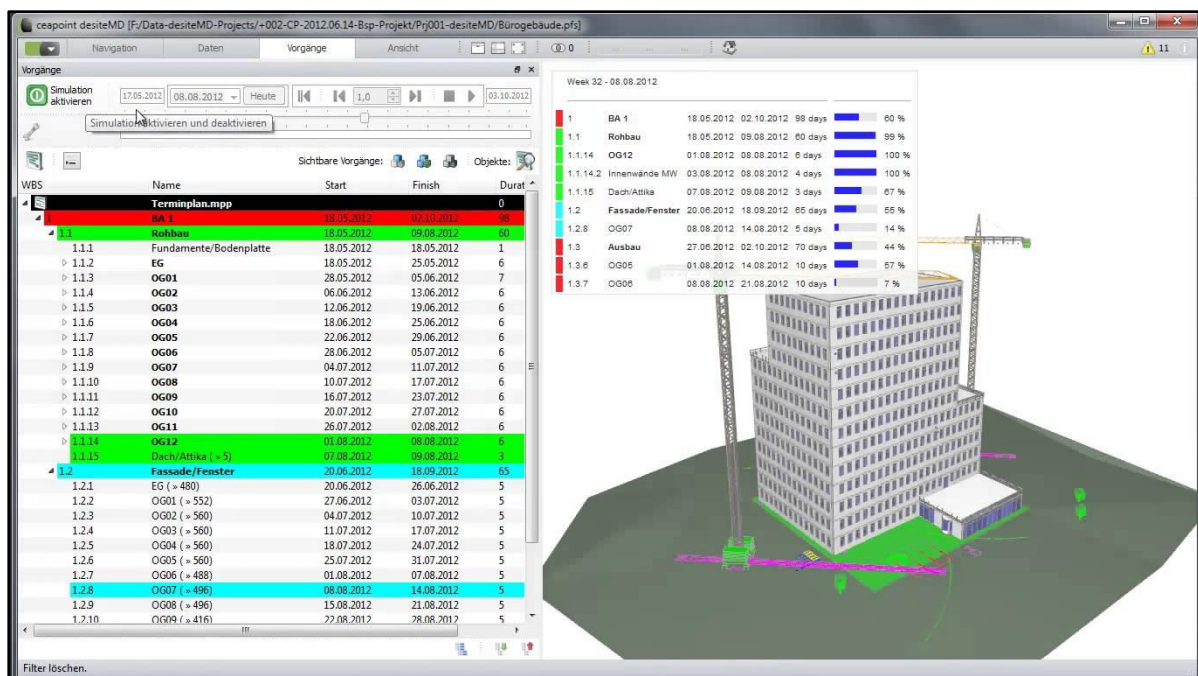
Bij deze projecten werd echter wel geconstateerd dat files soms voor flinke vertragingen van leveringen zorgde. Ook was de materiaalkennis van UTS vaak onvoldoende. Daarnaast werden spullen soms niet op tijd afgevoerd en materialen werden verkeerd geleverd of op de verkeerde plaats neergezet.

(Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2017) (Karabulut, 2012) (BAM Utiliteitsbouw, 2015) (Althoff, 2016)

2.2.4 4D plannen

In de bouw wordt twee- en driedimensionaal getekend (2D en 3D). Een planning kan aan een 3D-BIM gekoppeld worden, hierdoor ontstaat het 4D-BIM. 4D-BIM maakt een koppeling tussen de planningsactiviteiten en de 3D-objecten. Aan elk object wordt een start- en eindtijd gekoppeld. Aan de hand van deze gegevens kan een (virtueel) prototype van een gebouw gemaakt worden. In figuur 7 staat hier een voorbeeld van. Aan de linker kant staan de objecten met start- en eindtijden weergegeven en aan de rechter kant staat het virtueel prototype. Alle projectbetrokkenen kunnen hierdoor zien hoe de bouwplaatsinrichting en de voortgang van het bouwproject eruitziet op een willekeurig gekozen moment. Doordat de planning gekoppeld is aan de 3D-objecten worden mogelijke knelpunten en ruimtegebrek inzichtelijk. Het inzichtelijk brengen van hijskranen, tijdelijke voorzieningen, etc. verbetert de afstemming tussen partijen, waardoor de werkmethoden geoptimaliseerd worden.

In een vroeg stadium is door middel van 4D plannen al bekend met welke transportmiddelen de objecten naar de juiste bestemming getransporteerd worden en door wie. Fouten kunnen tijdig gesignaleerd worden door de visualisatie, hierdoor kunnen ze nog voor de realisatie verholpen worden. Dit verkort de bouwtijd. (Koot, 2012) (Bouw R. , 2015) (Granse, 2014) (Damen, 2013)



Figuur 7, virtueel prototype ((Ceapoint, 2012)

Praktijkresultaten 4D plannen

4D-BIM is deels nog in de ontwikkelingsfase. In de theoretische documenten worden veel voordelen van 4D plannen genoemd. Echter zijn nog geen documentaties beschikbaar van projecten die met 4D-BIM in de praktijk uitgevoerd zijn.

4D-BIM maakt ruimtegebrek visueel inzichtelijk. Per materiaal wordt vastgelegd hoe het materiaal verpakt wordt en wat de afmetingen en het gewicht zijn van de verpakkingen. Vervolgens wordt het transportmiddel gekozen voor zowel de horizontale als verticale bewegingen. 4D maakt het mogelijk om knelpunten al in een vroeg stadium te zien, doordat de voortgang en de opslag van materialen visueel inzichtelijk gemaakt is. Hierdoor kan de haalbaarheid van het plan en de efficiëntie nauwkeuriger bepaald worden.

4D maakt het ook mogelijk om een ingewikkelde afstemming op een bouwplaats te beheersen, dit helpt de samenwerking te verbeteren. Voor ieder product is bekend wanneer deze nodig is om verwerkt te worden. Transportmiddelen worden in een vroeg stadium aan de planning gekoppeld. Dit optimaliseert de transportbewegingen en verhoogd de productiviteit.

(Koot, 2012) (Bouw R. , 2015) (Granse, 2014) (Damen, 2013)

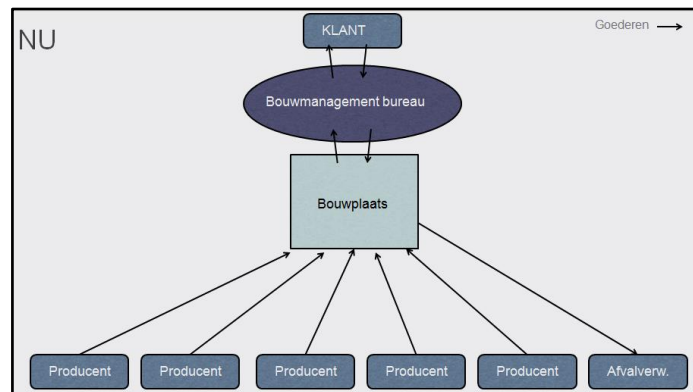
2.2.5 Cross Chain Control Center

Een Cross Chain Control Center (4C) is een regiecentrum van waaruit verschillende supply chains gezamenlijk gecoördineerd en geregistreerd worden. Dit gebeurt met behulp van de modernste technologie, geavanceerde softwareconcepten en supply chain professionals.

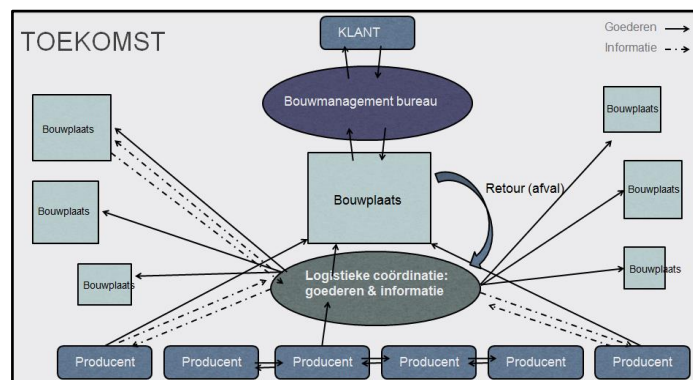
Naast de regie over goederenstromen vindt ook regie over informatie en financiële stromen plaats. Het belang van een 4C is om besluitvorming en besturing van zeer complexe Europese en/ of wereldwijde ketens over meerdere organisatie/ bedrijfstakken heen gezamenlijk te coördineren en te registreren.

Door gegevens tussen verschillende logistieke ketens uit te wisselen, kunnen transporten in een 4C ketenoverstijgend georganiseerd worden. De grote van het regiecentrum maakt mogelijkheden met spoor en binnenvaart interessanter. Ook kan de beladingsgraad van voer- en vaartuigen beter benut worden. In figuur 8 staat weergegeven hoe de logistieke coördinatie momenteel in de keten plaatsvindt, figuur 9 geeft het toekomstbeeld via een 4C aan. Bij het toekomstbeeld verlopen alle stromen via het centrale regie- en coördinatiecentrum.

De voordelen van een 4C zijn, lagere supply chain kosten, minder druk op het milieu, meer bedrijvigheid, nieuwe werkgelegenheid en kennis en meer gekwalificeerd personeel in Nederland. Voor het oprichten van een 4C vindt wel enige obstakel plaats, het is namelijk zo complex dat een gemiddelde bouwonderneming niet over de capaciteiten beschikt om zelf een 4C op te richten. (Hessel M. Visser, 2015) (Caroline J. van der Meer, 2016) (A.R. van Goor, 2011) (Fransoo, 2014) (Logistiek, 2017) (Topsector Logistiek, 2012)



Figuur 8, de logistieke coördinatie momenteel (TKI-Dinalog, 2011)



Figuur 9, de toekomst van de logistieke coördinatie volgens een 4C (TKI-Dinalog, 2011)

Praktijkresultaten Cross Chain Control Center

Het Amstelkwartier Hotel in Amsterdam was een van de twee proeftuinen voor samenwerking in de bouwlogistiek. Bij het Hotel Amstelkwartier werd toegewerkt naar een 4C. De tweede proeftuin was de Trip in Utrecht, de resultaten hiervan staan eerder in dit onderzoek bij de bouwhub weergegeven. Bij beide projecten was het hoogste doel 4C bouwlogistiek. JP van Eesteren was de hoofdaannemer bij de bouw van het Amstelkwartier Hotel. De fabrieken Gyproc en Croonwolter&dros deden dienst als bouwhub.

Voor dit project is JP van Eesteren een samenwerking aangegaan met Ilips, een Logistiek Management Systeem voor 'Lean' planning. Dit systeem heeft drie modules, een bouwticketsysteem, CO₂-calculatie en -registratie en voorraadbeheer.

Het bouwticketsysteem leidde tot eerder en beter inzicht in de te ontvangen transporten en maximaliseerde de beladingsgraad. Momenteel wordt geprobeerd om de module voor CO₂-registratie aan dit bouwticketsysteem te koppelen. Dit geeft een nauwkeurig beeld van de CO₂-uitstoot. Daarnaast werd een grote winst behaald in de afvalreductie, door de gebundelde leveringen. Door de materialen op maat te laten maken, hoefde bijna geen afval afgevoerd te worden. Runners werden ingezet voor het tijdig gereed zetten van materialen.

(TNO, 2017) (Siem van Merriënboer M. L., 2016) (Bouman, 2016)

2.2.6 Overige innovaties

Vervoersbewegingen kunnen verminderd worden als bouwbedrijven meer gaan werken met mobiele voorraadcontainers. Dit zijn zeecontainers die gevuld worden met materialen door een externe partij. De externe partij regelt met de onderaannemers dat ze allemaal op tijd hun bestelling klaar hebben. Vervolgens wordt de bestelling in een keer bezorgd. Bijkomend komt het voordeel dat de kans op beschadigingen en diefstal kleiner wordt. Nadelig is dat de voorraadcontainers na gebruik opgehaald moeten worden, dit zorgt voor extra transportbewegingen en dus CO₂-uitstoot.

(Afbouwbox, 2016) (Aggelen, 2016)

Een andere toepassing in de bouwlogistiek is een opstelstrook. Dit is een plek in de buurt van de bouwplaats, waar het vrachtverkeer tijdelijk kan wachten totdat ze terecht kunnen op de bouwplaats. Dit voorkomt dat de bouwplaats volloopt. Anderzijds kan gebruik gemaakt worden van bouwtickets. Hier spreekt men van tevoren een plaats en tijd af voor de aflevering van materialen.

(M.W. Ludema, 2015)

2.2.7 Samenvatting ontwikkelingen in de bouwlogistiek

Om de bouwlogistiek efficiënter te maken zijn verschillende optimalisaties bedacht. De bouwlogistieke hub is een van de innovaties. Dit is een tijdelijke verzamelplaats of locatie waar verschillende stromen bij elkaar komen, gebundeld worden en weer verder zullen stromen. Door de tijdelijke opslag kan de hub nauwkeurig op een afgesproken tijd, volgens bouwprojectplanning leveren op de bouwplaats.

Smart Building Logistics is eenzelfde innovatie, maar dan specifiek door de BAM bedacht in samenwerking met UTS. Zij maken gebruik van de bouwhub van UTS, dit vindt plaats door middel van combinatie- en bouwticketleveringen.

Overstijgend aan de bouwhub is een Cross Chain Control Center (4C), dit is een regiecentrum waaruit verschillende supply chains gezamenlijk gecoördineerd en geregistreerd worden. In een 4C worden informatiestromen slim gekoppeld aan goederenstromen. Door gegevens tussen verschillende logistieke ketens uit te wisselen, kan een 4C ketenoverstijgend georganiseerd worden.

Bij 4D plannen wordt een 3D-BIM gekoppeld aan de planning, hierdoor ontstaat het 4D-BIM. 4D-BIM maakt een koppeling tussen de planningsactiviteiten en de objecten. Aan elk object wordt een start- en eindtijd gekoppeld. Aan de hand van deze gegevens kan een (virtueel) prototype van een gebouw gemaakt worden. Mogelijke knelpunten en ruimtegebrek worden inzichtelijk.

Tot nu toe lijkt een bouwhub goed toepasbaar op de praktijkcasus. Een 4C en 4D plannen lijken nog minder interessant, omdat deze innovaties nog niet zo ver doorontwikkeld zijn. De bouwhub en de SBL zijn daarentegen al verder in de ontwikkeling en kunnen daardoor eerder toegepast worden door aannemers.

2.3 Bouwmethodiek

In de bouw worden verschillende bouwmethodes gebruikt. Dit houdt in, de manier waarop de hoofdstructuur van een gebouw neergezet wordt. Hoofdzakelijk worden de bouwmethodieken stapelbouw, gietbouw, montagebouw en houtskeletbouw in Nederland toegepast.

De bouwmethodiek is bepalend voor het verloop van een project. Het is daarom opmerkelijk te noemen dat de bouw zo langzaam reageert op de nieuwe ontwikkelingen en vernieuwingen van bouwmethodieken. In deze paragraaf worden de voor- en nadelen van verschillende bouwmethodieken tegen elkaar afgewogen, zodat naar boven komt welke bouwmethodiek het beste past bij een krappe of beperkte bouwplaats.

Een artikel van prof.dr.ir. J.J.N. Lichtenberg gaf aanleiding tot het behandelen van de bouwmethodiek. In 2004 schreef hij een artikel waarin hij aangaf hoe belangrijk het is om de bouwmethode ter discussie te stellen, omdat de bouw verandert. Een citaat van Lichtenberg luidt als volgt:

‘Anno 2004 bestaat de bouwmethode, afhankelijk van de lokale bouwtraditie, nog steeds hoofdzakelijk uit stapelbouw of skeletbouw. In West-Europa voornamelijk stapelbouw. Bij beide methoden zijn ten gevolge van veranderde omstandigheden en eisen geleidelijk allerlei toevoegingen gerealiseerd. Vóór 1900 was met het realiseren van de ruwbouw de bouw vrijwel gereed. De afbouw bestond slechts uit het afwerken van vlakken. Tegenwoordig is met het voltooiën van de ruwbouw slechts 20% van het bouwproces gerealiseerd. Het zwaartepunt ligt nu juist op de afbouw. In die zin is het merkwaardig te noemen dat in het kader van de innovatie de bouwmethode zelf nooit ter discussie staat.’ (Lichtenberg, 2004)

Lichtenberg benadrukt in bovenstaand citaat dat de bouw steeds complexer wordt. De afbouwfase bestond in het verleden nauwelijks, terwijl dat deze fase nu een belangrijk deel van het bouwproces uitmaakt.

2.3.1 Voor- en nadelen bouwmethodieken

In bijlage 4 staat uitgebreid omschreven wat de bouwmethodieken inhouden en welke voor- en nadelen bij de methodieken horen. Hier in de paragraaf volgt een korte samenvatting van de belangrijkste voor- en nadelen van de bouwmethodieken met betrekking tot de bouwlogistiek bij een krappe of beperkte bouwplaats.

Bij stapelbouw wordt de constructie volledig op de bouw zelf geassembleerd, door blok na blok op elkaar te stapelen (zie figuur 10). Gietbouw vindt net als stapelbouw volledig op de bouw plaats, maar dan door bekistingsmallen te vullen met beton. Omgekeerd wordt bij montage- en



Figuur 10, stapelbouw (eigen foto)

houtskeletbouw de productie op de bouwplaats zoveel mogelijk beperkt. Doormiddel van prefab elementen zoals, vloeren, wanden en daken kant-en-klaar aan te voeren op de bouwplaats. Montagebouw bestaat zowel uit prefab betonproducten als elementen van hout en staal. Houtskeletbouw is een bouwmethode waarbij, met uitzondering van de fundering, de constructie-elementen van hout zijn.

(Flapper, 2011) (Bongers, 2007) (J.C. van Kessel, 2016) (Trinivast, 2017)



Figuur 11, montagebouw (VolkerWessels, 2017)

Montagebouw vergt een relatief lange voorbereiding met in de logistiek en op de bouw goede communicatie. In tegenstelling tot stapel- en gietbouw kan door de goede voorbereiding bij montagebouw, de bouw gerealiseerd worden in een korte tijd met weinig manuren (zie figuur 11). Bij stapelbouw is geen lange voorbereiding nodig, omdat alle onderdelen op de bouw zelf gerealiseerd worden. Het nadeel hiervan is dat veel opslagruimte benodigd is voor al het losse materieel en materiaal.

Stapelbouw vergt veel manuren en bouwtijd, waardoor de omgeving vaker en langer overlast ervaart dan bij montagebouw. Echter moeten bij montagebouw in de voorbereidingsfase veel keuzes gemaakt worden, waardoor de flexibiliteit tijdens de bouw afneemt. Daarnaast zijn eventuele productiefouten of beschadigingen aan elementen, risico's met grote gevolgen in vergelijking met andere bouwmethodieken.

Gietbouw zit zowel met zijn algemene als logistieke eigenschappen tussen stapel- en montagebouw in. Gietbouw vergt meer voorbereidingstijd en communicatie dan stapelbouw, maar minder dan montagebouw. Door middel van een tunnelkist, een traditionele wand- en vloerkist of een hoogbouw klimkist kan de gietbouw-methode plaatsvinden (zie figuur 12).

Tunnelgietbouw heeft een grote bouwplaats nodig om de tunnelkist uit de beuk te kunnen trekken. Terwijl de traditionele wand- en vloerkisten minder ruimte nodig hebben. De hoogbouw klimkist heeft bijna geen ruimte op de bouwplaats nodig.

(Flapper, 2011) (Bongers, 2007) (J.C. van Kessel, 2016) (Trinivast, 2017)

2.3.2 De bouwmethodiek op een krappe bouwplaats

De montage- en gietbouwmethodiek hebben bij een krappe of beperkte bouwplaats meer voordelen dan de traditionele stapelbouw. De keuze zelf tussen prefab en gietbouw is complexer. Gietbouw heeft een hoge productiesnelheid, maar is wel een arbeidsintensieve methode. Montage- en houtskeletbouw hebben een hogere bouwsnelheid en hebben minder manuren op de bouwplaats nodig dan bij gietbouw. Echter hebben deze bouwmethoden wel een lange voorbereidingstijd nodig.

Houtskeletbouw heeft als nadeel dat de geluidswering en de warmteaccumulatie slecht is, dit komt door het lichte eigen gewicht. Beton heeft in tegenstelling tot hout op dit gebied wel goede waarden.



Figuur 12, gietbouw tunnel-, wand-, en klimbekisting (VOBN beton, 2017)

De beste bouwmethodiek is voor elk project verschillend. Eigenschappen die invloed uitoefenen op de beste bouwmethodiek zijn onder ander de grootte van het project, de vormen en de repetitie van elementen. Als een project veel ronde vormen bevat, zou dit niet snel in montagebouw uitgevoerd worden. Dit komt omdat het maken en vervoeren van prefab ronde elementen prijzig wordt. Terwijl als een project uit allemaal repeterend werk bestaat, kan montagebouw interessant worden. De fabriek kan dan met één mal meerdere elementen produceren.

Bij montage- en gietbouw is altijd een zware bouwkraan benodigd. Bij montagebouw hebben de prefab betonnen elementen een hoog gewicht, bij gietbouw wegen de bekistingen veel. Terwijl bij stapel- en houtskeletbouw een lichte hijskraan voldoende is.

(Flapper, 2011) (Bongers, 2007) (J.C. van Kessel, 2016) (Trinivast, 2017)

Opslag

Bij stapelbouw is een redelijk grote bouwplaats benodigd. De bouw bestaat uit veel verschillende materialen, waardoor de opslag meer ruimte in neemt dan bij andere bouwmethodes (zie figuur 13).

Gietbouw heeft hoofdzakelijk beton nodig, dit komt just-in-time op de bouwplaats aan en vergt geen opslag. De bekistingen van gietbouw moeten wel een opslag hebben, de grootte van de opslag is afhankelijk van het soort gietbouw.

Prefab- en houtskeletbouw bieden een uitkomst voor binnenstedelijk bouwen. Door just-in-time leveringen is een kleine bouwplaats voldoende. Kant en klare prefabricage met kozijnen, beglazing en metselwerk is mogelijk, hierdoor kan snel en efficiënt gebouwd worden. Dit resulteert tot een schone en veilige bouwplaats met minder omgevingshinder. Door prefabricage in de fabriek is op de bouwplaats minder materiaal en materieel benodigd, dus ook minder opslagruimte (zie de lege bouwplaats in figuur 11 bij montagebouw in tegenstelling tot de volle bouwplaats bij stapelbouw in figuur 13).



Figuur 13, grote opslag stapelbouw (van den Brink, sd)

Aantal leveringen

De just-in-time leveringen stellen hoge eisen aan de logistieke planning. Bij prefab bouw treedt direct vertraging op als een levering te laat komt, om reden dat de strakke logistieke planning niet nageleefd wordt. Het voordeel van prefab bouw is dat het aantal logistieke bewegingen tot een minimum beperkt wordt. Bij gietbouw vinden hoofdzakelijk transportritten van betonmixers plaats. De wagens hebben over het algemeen een hoge beladingsgraad, dit zorgt voor lage transportkosten. Stapelbouw werkt nauwelijks met just-in-time leveringen. Hier vinden veel transportritten plaats, omdat meer materieel en materiaal benodigd is op de bouwplaats. De gemiddelde beladingsgraad van de vrachtwagens ligt hier een stuk lager dan bij de andere bouwmethoden.

Overlast

De bouwtijd van en het aantal manuren op een project, bepalen voor een groot gedeelte de overlast voor de omgeving. Hoe korter de bouwtijd is, hoe eerder de bouw klaar is en de eventuele overlast van geluid en bouwverkeer stopt. Bij de manuren geldt, hoe minder manuren op de bouw plaatsvinden, des te minder overlast van geluid plaatsvindt.

Bij prefab bouw is de bouwtijd kort en vinden weinig manuren en logistieke bewegingen plaats. Dit zorgt vergeleken met giet- en stapelbouw voor minder overlast voor de omgeving. Giet- en stapelbouw vergen wel veel manuren op de bouwplaats, daardoor ontstaat dus ook meer overlast.

2.3.3 Samenvatting bouwmethodiek

Bij stapelbouw wordt veel arbeid op de bouwplaats zelf verricht in tegenstelling tot giet- en montagebouw. Dit zorgt dat de bouwtijd langer wordt, meer vervoersbewegingen plaatsvinden en meer opslagruimte op de bouwplaats benodigd is.

Montagebouw heeft zo min mogelijk arbeidsuren op de bouwplaats. Bij deze bouwmethodiek is wel een lange voorbereidingstijd benodigd. Tijdens de bouw is de keuzevrijheid en flexibiliteit erg laag, omdat aanpassingen nauwelijks meer mogelijk zijn.

Gietbouw zit tussen bovengenoemde bouwmethodes in. Het is een snelle bouwmethode, doch worden wel veel arbeidsuren op de bouwplaats uitgevoerd.

Voor krappe of beperkte bouwplaatsen, waar in het werk repetitie zich voordoet en financieel gezien prefab bouw mogelijk is, wordt prefab bouw aangeraden. Daarnaast wordt gietbouw ook aangeraden als een project uit grote/ zware elementen bestaat, dusdanig hoog is of in de voorbereidingsfase nog uit onzekerheden bestaat.

2.4 Transport

Het begrip “transport” wordt veelal omschreven als “het verplaatsen van personen of goederen”. Dit is een juiste, maar erg beknopte definitie voor transport in de bouwsector.

Voordat goederen op de juiste bestemming zijn, vinden in de bouwsector veel transportritten plaats. Eerst vindt de aanvoer van producten, grondstoffen of onderdelen richting de fabriek plaats die nodig zijn voor de productie. Vervolgens wordt het productieproces in de fabriek begonnen, hier vinden transportstromen plaats om de producten te verplaatsen. Na de productie komen producten in het magazijn, waarna ze vervolgens gedistribueerd worden naar de eindbestemming.

De laatste stap wordt in dit onderzoek behandeld. Dit betreft:
 “Het pad wat een product van magazijn tot de bouwplaats aflegt.”

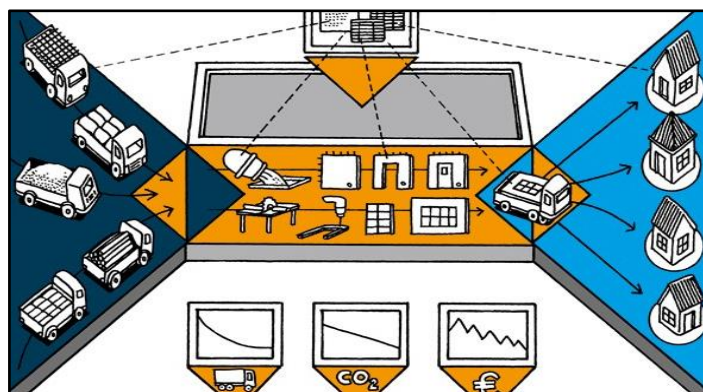
In bijlage 5 staat uitgebreid weergegeven welke transportmiddelen zoal gebruikt worden in de bouwsector. Dit is opgesplitst door in paragraaf 5.1 de horizontale en in paragraaf 5.2 de verticale transportmiddelen weer te geven. Vaktermen en verschillen in transportmiddelen en bouwkransen worden hier uitgelegd. (Caroline J. van der Meer, 2016) (Hessel M. Visser, 2015) (A.R. van Goor, 2011)

2.4.1 Transport via de snelste route of via een distributiecentrum?

Steeds vaker vindt het transport, oftewel de logistiek, via distributiecentra en bouwlogistieke hubs plaats. Een product ondervindt dan een tal van transportritten door verschillende transportmiddelen. Door gebruik te maken van een distributiecentrum legt een product over het algemeen meer kilometers af, dan dat het product via de kortste route geleverd zou worden. Echter is de beladingsgraad van vrachtwagens bij rechtstreekse leveringen vaak niet hoog. Het product legt dan minder kilometers af dan dat het product via een distributiecentrum zou gaan, maar het transportmiddel legt wel veel meer kilometers af dan dat nodig is.

Door gebruik te maken van distributiecentra wordt de beladingsgraad van transportmiddelen hoger, daardoor zijn minder transportmiddelen benodigd om hetzelfde aantal producten te bezorgen. In figuur 14 is een schematische weergave van een 4C te zien. Te zien is dat leveranciers volle vrachten af kunnen leveren bij het distributiecentrum. Vanaf hier vinden vervolgens door middel van gecombineerde vrachten weer transportritten met een hoge beladingsgraad plaats richting de bouwplaats(en).

TNO heeft de efficiëntie van distributiecentra aangetoond door bouwprojecten nauwlettend in de gaten te houden, waaronder de Trip in Utrecht en het Hotel Amstelkwartier te Amsterdam (TNO, 2017).



Figuur 14, schematische weergave 4C (TKI-Dinalog, 2012)

Tijdens de bouw kan de aannemer ook leveranciers selecteren op de kortste afstand tot de bouwlocatie. Dit zorgt voor weinig transportkilometers, maar heeft ook een aantal nadelen. Het werken met vaste partners wordt lastiger, omdat projecten niet altijd in hetzelfde gebied plaatsvinden. Daarnaast vinden nog geen gecombineerde transportritten plaats via deze manier. Dit resulteert in veel transportritten met een lage beladingsgraad plaats of de bouwplaats krijg een grote voorraad aan materialen. Beide opties zijn niet gewenst, dus vandaar dat een distributiecentrum de voorkeur geeft voor efficiënt transport. (TNO Bouw en Ondergrond, 2006)

Naast het materieel en materiaal, kan het personenvervoer naar de bouwplaats ook via een logistiekcentrum lopen. Door 's ochtends gezamenlijk vanaf het logistiekcentrum te vertrekken richting de bouwplaats, wordt het aantal binnenstedelijke transportritten beperkt.

2.4.2 De relatie tussen de bouwmethodiek en het transport

Het aantal transportritten naar een bouwplaats is sterk afhankelijk van de bouwmethodiek. Bij prefab bouw komt een vrachtwagen aanrijden met kant en klare gevelelementen. Deze vrachtwagens hebben een hoge beladingsgraad (in het gewicht of het volume), dus zij rijden efficiënt in tegenstelling tot de stapelbouw. Bij prefab bouw worden in één vracht zowel de betonnen elementen als de ingebouwde kozijnen, de beglazing en soms nog de gevelafwerking geleverd. Bij stapelbouw zijn meerdere vrachtwagens benodigd om dezelfde producten op de bouw te krijgen. Deze wagens hebben over het algemeen een lagere beladingsgraad.

Bij gietbouw is eenmalig de aan- en afvoer van bekistingsmaterialen. Voor de rest bestaan de transportritten hoofdzakelijk uit de aanvoer van beton. (Hans Quak, et al, 2011) (Buurgaard Nielsen, J., Van Essen, H.P., 2016) (TNO Bouw en Ondergrond, 2006)

2.4.3 Transportaansturing

Bij een juiste transportaansturing moet van tevoren duidelijk zijn welke materialen op welk tijdstip op welke plek benodigd zijn. BAM en VolkerWessels hebben dit allebei opgelost door te werken met Lean. Bij Lean maken alle betrokken partijen gezamenlijk één planning. Aan de hand van deze planning kon de logistiek van materieel en materiaal gepland worden. Door dagelijks een Lean-sessie met elkaar te houden werd de planning gehandhaafd. In de Lean-sessie werd het werk van gisteren, de werkzaamheden van vandaag en de werkzaamheden voor morgen besproken.

Het werken met bouwtickets (figuur 15) zorgt voor een goede communicatie tussen de bouwplaats, de logistieke hub en chauffeurs. Elke partij weet door middel van een bouwticket precies wat van een vracht het af-/ aanvoertijdstip is en uit hoeveel materiaal de vracht bestaat. Tevens kan de los-/ kraantijd op het bouwticket ingevuld worden, net als de wijze van laden/ lossen, het poortnummer en het losgebied. Bovendien kan bij het bouwticket een routebeschrijving meegegeven worden vanaf de bouwlogistieke hub naar de bouwlocatie, zodat vrachtwagens niet gaan dwalen in de stad. (Dudink, 2017)

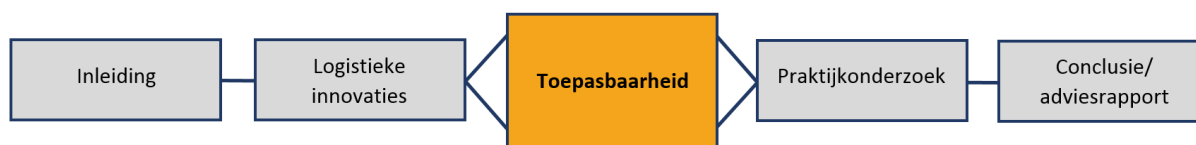
Bouwticket		Ticketnummer:	
Eerst melden op de wachlocatie op de Visseringweg te Diemen. (Afslag s113). Hier direct contact opnemen met R. van Beusekom i.v.m. aanrijdtijd. 06-53725079		(invullen door logistiek uitvoerder)	
Naam leverancier:		Bijzonderheden van de aanvraag	
Datum aanvraag:			
Naam aanvrager van het bouwticket:			
Aanvraag		Definitieve toewijzing (invullen logistiek uitvoerder)	
Soort materiaal: (+ evt. vrachtnummer)			
Hoeveelheid materiaal:			
Levering / Afvoeren:	☐ Levering ☐ Afvoer	☐ Levering ☐ Afvoer	
Af-/Aanvoerdatum:			
Af-/Aanvoertijdstip:			
Lostijd / Kraantijd:	(in uren)	(in uren)	
Wijze van laden / lossen:	☐ torenkraan ☐ heftruck ☐ zelflossend ☐ vaste betonpomp ☐ anders:	☐ torenkraan ☐ heftruck ☐ zelflossend ☐ vaste betonpomp ☐ anders:	
Verticaal transport nodig?:	☐ kraan ☐ lift ☐ nee	☐ kraan ☐ lift ☐ nee	
Kraan:	☐ B ☐ C	☐ B ☐ C	
Losgebied t.b.v. kraan:	☐ B-1 ☐ B-2 ☐ B-3 ☐ C-1 ☐ C-2 ☐ n.v.t.	☐ B-1 ☐ B-2 ☐ B-3 ☐ C-1 ☐ C-2 ☐ n.v.t.	
Poortnummer:	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4	
Contactpersoon uitvoering:	Selecteer uw contactpersoon	Selecteer uw contactpersoon	
Hoe aanpakken materiaal: (stekker, achtsprong, etc.)			

Figuur 15, voorbeeld bouwticket BAM-Utiliteitsbouw (Jaques, 2014)

2.4.4 Samenvatting transport

Distributiecentra helpen de beladingsgraad van transportmiddelen te verhogen. Hierdoor zijn minder transportmiddelen benodigd om hetzelfde aantal producten te bezorgen. Een bouwmethode heeft ook invloed op het aantal transportritten. Bij prefab bouw komt een vrachtwagen aanrijden met kant en klare elementen. De hoge beladingsgraad zorgt voor efficiënter transport dan bij stapelbouw. Door met alle betrokken partijen gezamenlijk één Lean planning te maken en tijdens de bouw Lean-sessies te houden, blijft de bouw en het logistieke transport overzichtelijk. Samengevat zijn distributiecentra en logistieke hubs een uitkomst om in de toekomst de hinder van transport in binnenstedelijke gebieden te beperken en om te gaan met beperkte of krappe bouwplaatsen.

3. Toepasbaarheid



Figuur 16, structuurschema

Dit hoofdstuk belicht de toepasbaarheid van optimalisaties voor krappe of beperkte bouwplaatsen. De optimalisaties moeten wel in de omgeving van het bouwproject passen, daarom wordt een omgevingsanalyse met een bijhorende risicoanalyse gemaakt. Afhankelijk van verschillende factoren wordt de beste bouwmethodiek gekozen. De efficiëntste bouwlogistiek komt voort uit de gekozen bouwmethodiek. Dit hoofdstuk belicht de theoretische kant van de toepasbaarheid. Hoofdstuk 4 past de theorie op praktijkcasus De Clinckhoeff toe.

3.1 Omgevingsanalyse

Voor het toepassen van logistieke innovaties is het belangrijk om te weten met wat voor een situatie je te maken hebt. Een inrichtingsplan geeft hierbij vaak een helder beeld van de nieuwe situatie ten opzichte van de oude situatie.

Het inrichtingsplan laat overigens ook belemmeringen van wegen en spoorbanen zien. Met deze informatie kan een veilige aanrijroute gemaakt worden, zodat mogelijke gevaren ingedekt worden. Laad- en losmomenten op de bouwplaats worden medebepaald door de tijden van scholen en winkelcentra. Door hier rekening mee te houden, worden onnodige gevaarlijke verkeerssituaties voorkomen. Bij de omgevingsanalyse kan ook rekening gehouden worden met de tijd en het aantal files die zich voordoen in de aanrijroute naar de bouwplaats. Door files te vermijden, wordt overlast en tijdsverlies vermeden.

3.2 Risicoanalyse

De risicoanalyse richt zich op de risico's, welke betrekking hebben op de logistiek van beperkte of krappe bouwprojecten. Dit is in twee delen op te splitsen. Als eerste deel de risico's die voortvloeien uit de omgeving van het project en vice versa. Hierbij staat in de eerste kolom van de tabel de omgevingsfactor genoemd, in de tweede kolom de risico/oorzaak en in de laatste kolom suggesties voor maatregelen. Als tweede deel bestaat de risicoanalyse uit een maatregelenmatrix. De eerste kolom van de tabel geeft dan een mogelijk gevaar weer, vervolgens wordt in de tweede kolom een maatregel/onderdeel genoemd, waarna in de derde kolom een projectspecifieke invulling gegeven kan worden.

Risico's als ongewenste bezoekers/ vandalisme, naastgelegen bedrijven, winkelcentra en andere belemmeringen worden in omgevingsrisicoanalyse ingedekt. Net als dat aanrijdgevaren door bouwverkeer, het omvallen van materieel en de vallende voorwerpen ingedekt worden door projectspecifieke maatregelen te noteren.

3.3 Optimalisatie bouwmethodiek

Bij de bouwmethodiek houtskeletbouw is eerder in dit onderzoek gebleken dat deze bouwmethodiek een aantal nadelen heeft. De geluidswering en de warmteaccumulatie bij hout is slecht, dit komt door het lichte eigen gewicht. Beton heeft in tegenstelling tot hout op dit gebied wel goede waarden. In dit onderzoek wordt houtskeletbouw vanaf nu niet meer meegenomen, deze bouwmethodiek voldoet namelijk niet aan de gewenste eigenschappen.

3.3.1 Eigenschappen van de bouwmethodieken

In tabel 1 zijn de bouwmethodieken stapel-, giet- en montagebouw tegen elkaar uitgezet. Door middel van drie kleuren zijn de bouwmethodieken beoordeeld op een aantal onderwerpen. Als eerste zijn zes algemene onderwerpen behandeld, deze onderwerpen hebben geen invloed op de logistiek en de omgeving. Vervolgens zijn de onderwerpen behandeld welke wel invloed hebben op de logistiek en de omgeving.

Bij binnenstedelijke bouwprojecten met een beperkte of krappe bouwplaats, moet hoofdzakelijk gekeken worden naar de onderwerpen welke betrekking hebben op de logistiek en de omgeving. Daarnaast moet bij de algemene onderwerpen gekeken worden of dat het bedrijf over de juiste capaciteiten beschikt om zich aan te passen aan de bouwmethodiek.

	Stapelbouw	Gietbouw	Montage-, prefab bouw
<u>Algemeen</u>			
<i>Vorbereidingstijd</i>	Laag	Normaal	Hoog
<i>Keuzevrijheid</i>	Hoog	Normaal	Laag
<i>Flexibiliteit</i>	Hoog	Normaal	Laag
<i>Personeel</i>	Vakkundig	Vakkundig team	Minder vakkundig
<i>Risico</i>	Laag	Laag	Hoog
<i>Weersafhankelijkheid</i>	Normaal	Normaal	Klein
<u>Logistiek en omgeving</u>			
<i>Bouwtijd</i>	Lang	Normaal	Kort
<i>Manuren</i>	Veel	Normaal	Weinig
<i>Overlast voor de omgeving</i>	Veel	Normaal	Weinig
<i>Bouwafval</i>	Veel	Normaal	Weinig
<i>Veiligheid bouwplaats</i>	Slecht	Normaal	Goed
<i>Hijskraan</i>	Licht	Zwaar	Zwaar
<i>Vervoersbewegingen</i>	Gemiddeld	Weinig	Weinig
<i>Opslagruimte</i>	Veel	Normaal	Weinig
<i>Communicatie logistiek</i>	Niet heel belangrijk	Belangrijk	Zeer belangrijk
<i>Communicatie op de bouw</i>	Niet heel belangrijk	Belangrijk	Zeer belangrijk
<i>Transportkosten</i>	Hoog	Laag	Gemiddeld
<i>Materieelkosten</i>	Veel	Normaal	Weinig
<i>Financieel</i>	Per project verschillend	Per project verschillend	Per project verschillend

Legenda
Goede eigenschap
Normale eigenschap
Slechte eigenschap

Tabel 1, voor- en nadelen bouwmethodiek

Montagebouw vergt maandenlang een goede voorbereiding. Als de voorbereiding afgerond is, kunnen er nauwelijks nog veranderingen optreden. Alle keuzes liggen vast en daar kan niet zomaar een verandering nog aan plaatsvinden. Zoals eerder al aangegeven vereist montagebouw veel meer aandacht dan stapel- of gietbouw. Bij stapel- en gietbouw kunnen tijdens de bouw nog veranderingen meegenomen worden. Bovendien draagt montagebouw een groot risico met zich mee. Stel dat een element niet past, kapot of beschadigd raakt, dan staat de bouw stil. Met spoed moet dan een nieuw element gefabriceerd worden, dit duurt dagen, hierdoor loopt het vervolg van het bouwproject vrijwel altijd een grote vertraging op.

Niettemin zorgen giet- en montagebouw wel voor efficiëntere transportritten dan bij stapelbouw. De beladingsgraad is stukken hoger en op de bouw is veel minder materieel benodigd. (TNO Bouw en Ondergrond, 2006)

3.4 Optimalisatie bouwlogistiek

Eerder in het onderzoek zijn van meerdere innovaties de voor- en nadelen benoemd. In deze paragraaf worden de belangrijkste voor- en nadelen van de innovaties tegen de andere innovaties uitgezet. Op deze manier wordt gepoogd om de beste innovaties naar boven te halen.

De innovatie SBL van BAM-Utiliteitsbouw wordt gebruikt in de afbouwfase. UTS levert via een eigen bouwhub goederen op de bouwplaats. Een van de belangrijkste nadelen aan dit concept is dat UTS geen bouwkundige kennis heeft, dit zorgt vaak voor complicaties. Onder andere werden materialen te laat mee terug genomen naar de bouwhub. Tevens leverden ze verkeerde materialen of leverden ze materialen niet op de juiste plek. Bij een bouwhub van VolkerWessels of Raab Karcher is in tegendeel tot SBL wel bouwkundige kennis aanwezig, dit soort problemen treden hier nauwelijks op. De bouwhub heeft al met al tot beduidend goede resultaten geleid. Een bouwhub is zeker een goede optie voor binnenstedelijk bouwen met krappe of beperkte bouwplaatsen.

Een 4C is het hoogste doel in de bouwlogistiek. Dit staat boven de bouwhub en SBL. Verschillende supply chains worden vanuit dit regiecentrum gezamenlijk gecoördineerd en geregistreerd. Het concept van een 4C wordt in de bouw nog nauwelijks tot niet toegepast. Voor een bedrijf is het dan ook lastig om hier gebruik van te gaan maken. Een 4C zou in de toekomst de bouwhub kunnen gaan overtreffen, maar op dit moment is het nog niet realiseerbaar voor een gemiddeld bouwbedrijf. Hetzelfde geldt voor 4D plannen, deze innovatie is ook nog moeilijk toe te passen omdat het nog in ontwikkeling is.

3.4.1 Multicriteria-analyse beste innovatie

In een multicriteria-analyse zijn de vier innovaties; een bouwhub, 4D plannen, SBL en een 4C beoordeeld op verschillende criteriapunten die te maken hebben met het begrip optimale bouwlogistiek. Deze criteriapunten komen voort uit het Plan van Aanpak dat voor de start van dit onderzoek is opgesteld. De multicriteria-analyse is weergegeven in tabel 2. Hieruit blijkt dat een bouwhub op dit moment de beste innovatie is om de bouwlogistiek bij krappe of beperkte binnenstedelijke bouwprojecten te regelen. Dit betekent niet dat de andere innovaties niet goed zijn, maar voor de hoofdvraag van dit onderzoek komt een bouwhub het beste uit de analyse. In het onderzoek wordt vanaf dit punt dus alle aandacht gericht op de bouwhub, de overige drie innovaties zullen niet verder behandeld worden.

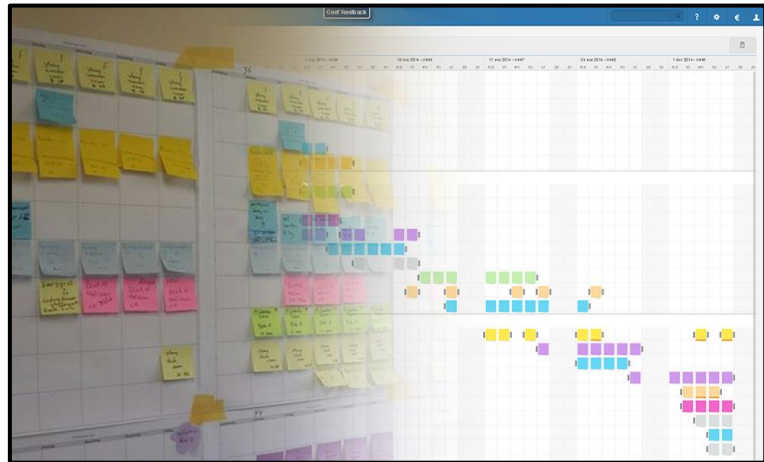
Criteriapunten optimale bouwlogistiek	Dimensies	Weging 1 = laag 3 = hoog	Innovaties 1 = slecht, 5 = uitmuntend							
			Bouwhub		4D plannen		Smart Building Logistics		Cross Chain Control Center	
			1 t/m 5	Tot.	1 t/m 5	Tot.	1 t/m 5	Tot.	1 t/m 5	Tot.
Organisatie	Alle betrokkenen op de bouwplaats kunnen zich op de innovatie aanpassen	3	3	9	4	12	3	9	2	6
Planning	Geen uitloop, korte bouwtijd	3	4	12	3	9	3	9	3	9
Uitvoering	Minimale ongewenste situaties / faalkosten	2	5	10	2	4	3	6	3	6
Flexibel	Makkelijk aanpasbaar, omgeving, werkwijze, etc	1	4	4	4	4	2	2	4	4
Veiligheid	Minimaal hijs- en verkeersgevaar	3	4	12	2	6	4	12	4	12
Veiligheid	Zo min mogelijk bouwverkeer	2	4	8	3	6	4	8	3	6
Financieel	Hoeveel geld levert de innovatie op	2	3	6	1	2	3	6	2	4
Overlast	Voor omwonenden geen hinder van transport	2	4	8	3	6	4	8	3	6
Just-in-place levering	Leveringen op de juiste plaats bezorgd	1	5	5	2	2	4	4	2	2
Just-in-time levering	Geen voorraad, wel optijd	2	5	10	4	8	5	10	4	8
Tijd	Minimale transporttijden	1	4	4	2	2	4	4	3	3
Tijd	Effectieve arbeidstijd bouwplaatspersoneel	3	4	12	2	6	4	12	3	9
Haalbaarheid	Toepasbaarheid nu voor aannemingsbedrijven	3	5	15	3	9	3	9	1	3
			115		76		99		78	

Tabel 2, multicriteria-analyse innovaties

3.4.2 Bouwhub

Communicatie

Eerder in het onderzoek zijn Lean plannen en Lean-sessies aan bod gekomen. Lean is een denk- en werkwijze gericht op het continue verbeteren van bedrijfsprocessen. Tijdens de Lean-sessies, een werkbesprekingen op de bouw met alle betrokken partijen, worden de werkzaamheden besproken en wordt de gezamenlijke planning gehandhaafd. Lean zorgt voor een overzichtelijk bouwproces, waarbij verspillingen zoveel mogelijk beperkt worden.



Figuur 17, links Lean planning en rechts software KYP (KYP, 2017)

Uit interviews met VolkerWessels

en Raab Karcher blijkt dat zij op de hub gebruik maken van online planning software, waaronder Ilips en KYP. De programma's werken op basis van Lean plannen door middel van digitale post-its en een digitaal systeem. Uit de interviews blijkt dat KYP beter functioneert dan Ilips.

Het voordeel van online planning software is dat de logistiek manager op de bouwhub ook het bouwproces kan volgen. De logistiek manager op de bouwhub weet dan net als de onderaannemers hoe de voortgang van het bouwproject verloopt (zie figuur 17). (Dudink, 2017) (Wind, 2017)

Ruwbouwfase

In de ruwbouwfase kan de bouwhub door middel van gecombineerde just-in-time en just-in-place leveringen het bouwproces ondersteunen. Per dag of om een aantal dagen wordt de bouw dan bevoorradt voor de komende dagen. Echter bestaat een ruwbouwfase vaak uit grote, zware of speciale materialen, waardoor leveringen rechtstreeks plaatsvinden. Tijdens de ruwbouwfase kunnen transportritten wel via de bouwhub plaatsvinden, de leveringen kunnen dan bijvoorbeeld bestaan uit: gevelstenen, isolatiemateriaal, staalwerk, kozijnen, glasbokken, lateien, installatiemateriaal, etc.

Op dezelfde wijze kan tijdens de ruwbouw ook voor de afbouw per woning of appartement bevoorradt worden. Leveringen kunnen tijdens de ruwbouwfase nog naar binnen gehesen worden. Dit zorgt tijdens de afbouw voor minder sjouwwerk. Echter moeten de materialen wel tegen een stootje en vocht kunnen, want meestal duurt het nog weken voordat de materialen verwerkt worden. Raab Karcher heeft bijvoorbeeld een referentieproject waar tijdens de ruwbouwfase voor de afbouwfase al gipsplaten, kalkzandsteen en Gibo-gipsblokken opgeslagen werden in de appartementen (zie figuur 18). (Dudink, 2017) (Wind, 2017)



Figuur 18, bevoorradt tijdens ruwbouw-fase (Wind, Harold, 2017)

Afbouwfase

In de afbouwfase kan een bouwhub meer betekenen dan in de ruwbouw. De afbouw bestaat over het algemeen uit kleine materialen, welke door een gebouw heen verspreidt moeten worden. Oftewel in gebundelde leveringen per woning of appartement geleverd moeten worden. De leveringen kunnen hier bestaan uit bijvoorbeeld: voorzetwanden, gipsplaten, isolatie, wand- en vloertegels, sanitair, keukens etc.

3.4.3 Partners voor de bouwhub

Als partner voor de logistieke dienstverlening kan gekozen worden voor een samenwerking met Raab Karcher, de Technische Unie, de bouwhub van VolkerWessels of bijvoorbeeld de Stiho cross-dock. Deze partijen bieden allemaal logistieke dienstverlening aan met daarbij een mogelijkheid om gebruik te maken van hun bouwhub. Echter heeft elke partij zijn eigen visie en manier van werken, waardoor ze toch beduidend verschillen van elkaar.

Raab Karcher en VolkerWessels bieden allebei een totale dienstverlening aan. Zij slaan de goederen op, controleren, bundelen en leveren de goederen just-in-time op de juiste plek in het gebouw. De Technische Unie richt zich hoofdzakelijk alleen op hun eigen producten en niet op de producten van een andere leverancier. Tot slot de Stiho cross-dockservice, andere leveranciers kunnen hun producten bij de Stiho afleveren en dan levert de Stiho alle producten in één keer op de bouwplaats. (Stiho, 2017)

Aanbeveling partner(s)

De Technische Unie is de grootste technische groothandel van Nederland. Zij rijden elke dag dezelfde bezorgroutes, hierdoor vindt de bezorging elke dag rond dezelfde tijd plaats. Omdat de Technische Unie elke dag binnen 24 uur levert en een enorm magazijn aan producten heeft, wordt geadviseerd om de installatiematerialen bij de Technische Unie te bestellen en dit dus niet via een bouwhub te laten gaan. De Technische Unie kan dagproductiepakketten leveren, hierdoor is opslag op de bouwplaats niet nodig.

Geadviseerd wordt om grote of zware materialen, zoals breedplaatvloeren en prefab balken, just-in-time te laten leveren op de bouwplaats. Bij kleinere bouwmaterialen is het handig om gebruik te maken van een bouwhub.

Afhankelijk van de bij het project betrokken partners en het financiële gedeelte worden natuurlijk keuzes gemaakt. Raab Karcher biedt een uitgebreide dienstverlening aan en heeft als voordeel dat zij een eigen magazijn met bouwmaterialen hebben. Hierdoor hoeven producten geen lange weg af te leggen naar de bouwhub. In tegendeel tot VolkerWessels, hier is geen magazijn aanwezig, dit dient dus alleen als coördinatiecentrum en opslaglocatie. De Stiho cross-dock verzorgt tijdelijke opslag en transporteert bouwmaterialen daarna in één levering, dit resulteert tot minder transportbewegingen op en om de bouwplaats. Echter enig nadeel is dat je dan nog geen gebundelde leveringen per appartement hebt.

Raab Karcher levert al deze diensten wel. Raab Karcher wordt dus aangeraden voor alle bouwmaterialen te leveren, zoveel mogelijk in gebundelde dagproductiepakketten via de bouwlogistieke hub (zie figuur 19 voor de bouwhub van Raab Karcher). Daarnaast wordt de Technische Unie aangeraden om alle installatiematerialen in dagproductiepakketten te leveren.

Afhankelijk van de grootte van de bestelling kunnen runners ingezet worden. Zij kunnen de dagproductiepakketten naar de juiste plek in het gebouw brengen.

Zowel de Technische Unie als Raab Karcher leveren door heel Nederland, dus met deze partijen kan bij elk binnenlands project samengewerkt worden.



Opslag kozijnen, gipsplaten, metal stud, staalwerk, etc.



Opslag Gibo-gipsblokken, gecodeerd per bouwnummer

Figuur 19, foto's bezoek bouwhub Raab Karcher Roosendaal 18 april 2017

3.5 Optimalisatie bouwplaatsinrichting en -transport

In bijlage 6 staat weergegeven waar een bouwplaatsinrichting uit bestaat. De inrichtingen kunnen geoptimaliseerd worden door een juiste aanrijdroute naar de bouwplaats te maken, waarbij transportmiddelen niet achteruit hoeven te manoeuvreren de bouwplaats op. Door op de bouwplaats een lus te maken waar vrachtwagens rond kunnen rijden, kan voorkomen worden dat een transportmiddel op de bouwplaats zelf achteruit moet rijden. Dit bevordert de veiligheid. Als voor een lus niet genoeg ruimte op de bouwplaats beschikbaar is, kan gebruik gemaakt worden van een aparte in- en uitgang.

Naast de aanrijroute is het belangrijk dat de transportstromen op de bouwplaats zo efficiënt mogelijk zijn. Hiermee wordt bedoeld dat de mortelsilo zo dicht mogelijk bij de bouwlift staat om onnodig transport te voorkomen. Dat prefab elementen zo dicht mogelijk bij de kraan gelost kunnen worden etc. Bij hoogbouw kan het efficiënt zijn om opslagcontainers, een dxi en materialen met het dak van gebouw mee te laten gaan. Als de bovenstaande onderdelen efficiënt geplaatst worden, bespaart het manuren, omdat medewerkers niet onnodig ver heen en weer hoeven te lopen om hun werk uit te kunnen voeren.

Een andere optimalisatie is het efficiënt inplannen van de bouwlift(en). Het wachten bij de bouwlift, omdat hij in gebruik is door een andere medewerker, moet zoveel mogelijk voorkomen worden. Door bijvoorbeeld na werktijd de bouw te bevoorraden, wordt de bouwlift over langere tijd benut en wordt onnodige wachttijd voorkomen.

Verticaal personenvervoer vindt nagenoeg altijd plaats door middel van trappen. Personenliften kunnen het verticaal transport voor medewerkers sneller en makkelijker maken. Door gebruik te maken van personenliften, wordt de verticale reistijd van medewerkers minder. Over een langere periode gekeken scheelt dit meerdere manuren aan reistijd.

3.5.1 Optimalisatie bouwkraan

Als een bouwproject langwerpig is met aan minimaal één langszijde plaats voor een kraan, dan is een dragline- of torenkraan op rails interessant. Mits het project groot genoeg is voor een vaste bouwkraan. Deze kranen kunnen zich dan van voor tot achter bewegen over de bouwweg of kraanrails. Bij krappe of beperkte bouwplaatsen is dit vaak niet het geval. Hier moet naar een oplossing gezocht worden voor een kraan die zo min mogelijk ruimte in beslag neemt. Dit is vaak een vaste torenkraan. Deze wordt in, op of naast het gebouw neergezet.

De voordelen van een kraan in of op een gebouw plaatsen zijn als volgt: minder zware kraan benodigd met vaak een kortere vlucht, neemt geen ruimte op de bouwplaats in en de kraanmachinist heeft beter zicht op zijn werk. De kraan is dus goedkoper als hij in of op het gebouw gepositioneerd wordt, omdat de kraan dan minder zwaar hoeft te zijn.

De nadelen zijn echter dat het gebouw niet waterdicht gemaakt kan worden totdat de kraan uit het gebouw is. Als de kraan uit het gebouw is moet de sparing van de kraan dichtgemaakt worden, waarna vervolgens pas begonnen kan worden met de afbouw van het gebouw. Door de kraan in het gebouw te plaatsen loopt het project dus enige achterstand in de planning op ten opzichte van een kraan die naast het gebouw staat. Op dit gebied kost een kraan in of op een gebouw, dus meer dan wanneer een kraan naast het gebouw staat.

De grootte van de bouwkraan is afhankelijk van de lasten die de kraan moet hijsen op een bepaalde afstand. Door elementen op te splitsen in twee delen kan soms een beduidend lichtere hijskraan ook genoeg capaciteit hebben voor een project. Anderzijds kunnen enkele zware elementen ook met een zware mobiele kraan gehesen worden. Dit voorkomt dat het gehele project een te zware kraan op een project staat voor een paar elementen. Ook geldt, hoe korter de bouwtijd, hoe minder de kraan kost. Een efficiënte planning helpt de bouwplaatskosten zo laag mogelijk te houden.

4. Praktijkonderzoek



Figuur 20, structuurschema

In dit hoofdstuk worden de resultaten van voorgaande hoofdstukken intern getoetst op de praktijkcasus. Dit betreft het toetsen van de optimalisaties, de bouwmethodiek, de bouwlogistiek en het transport. Aan het einde van het hoofdstuk vindt een externe validatie plaats, hier worden onderaannemers bij betrokken.

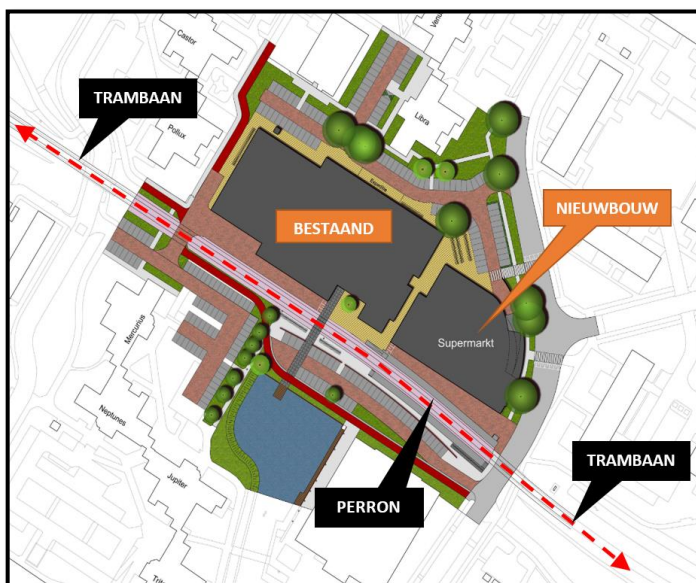
4.1 Analyse winkelcentrum De Clinckhoeff

In het noorden van IJsselstein bevindt zich de praktijkcasus winkelcentrum De Clinckhoeff. Het gebied wordt globaal begrensd door de Oranje Nassaulaan/ De Baan, Libra, Planetenbaan en een denkbeeldige lijn die circa 25 meter ten zuidwesten parallel aan de trambaan ligt. Figuur 21 geeft de exacte ligging van het binnenstedelijke winkelcentrum weer.



Figuur 21, ligging plangebied uitbreiding De Clinckhoeff (Wissing, 2016)

In figuur 22 staat het inrichtingsplan openbare ruimte van winkelcentrum De Clinckhoeff weergegeven. Te zien is als figuur 22 over figuur 21 heen gelegd wordt, dat de nieuwe supermarkt op de plek van de bestaande parkeerplaats komt. Hierdoor verliest het winkelcentrum parkeerplekken, daarom moeten nieuwe parkeerplekken gecreëerd worden. In figuur 22 is te zien dat de nieuwe parkeerplaats ten zuiden van de trambaan komt te liggen. Overigens worden in het nieuwbouwproject ook 2 lagen parkeergarage gerealiseerd.



Figuur 22, inrichtingsplan openbare ruimte (Wissing, 2016)

De trambaan met het perron is in figuur 22 weergegeven. Indrukwekkend is hoe dicht de trambaan tegen het nieuwbouwproject aanligt, tijdens de bouw moet hier voldoende rekening mee gehouden worden. Net als het winkelend publiek dat aan de noord- en westzijde strak langs de bouwplaats loopt. In de volgende paragraaf worden deze aspecten behandeld.

De aanrijroute naar De Clinckhoeff bestaat uit dezelfde wegen. Transportmiddelen als vrachtwagens kunnen de bestemming zonder problemen bereiken. De aanrijroute vanaf snelweg A2 staat weergegeven in bijlage 11.1.

4.2 Risicoanalyse

De risico's die voortvloeien uit de omgeving van het project en vice versa staan in bijlage 7, paragraaf 7.1 weergegeven. In deze paragraaf volgt een beknopte samenvatting van bovengenoemde bijlage. Door middel van de omgevingsfactoren doen zich risico's voor op de bouwlocatie. Om te zorgen dat de risico's geen gevaar gaan vormen, worden maatregelen opgesteld hoe de risico's beheerst kunnen worden.

Naast de inwoners van de bewoonde wijk, zorgt evenzo het winkelcentrum voor veel bewegingen van voertuigen en personen. De trambaan zorgt overigens voor spoorbewegingen. Risico's als ongewenste bezoekers en vandalisme worden ingeperkt door het bouwterrein zorgvuldig in te richten en af te schermen. Het risico van vallende voorwerpen wordt door gebruik te maken van steigernetten beteugeld. Daarnaast wordt in overleg met alle partijen een inrichtingsplan van de bouwplaats gemaakt. In dit plan moeten opstelplaatsen en draaicirkels van bouwkransen afgestemd zijn op elkaar en op de omgeving. Met de BRU (Bestuur Regio Utrecht) moeten werkzaamheden nabij de trambaan, waaronder het aarden van hijskransen, afgestemd worden.

De maatregelenmatrix staat opeenvolgend in paragraaf 7.2 Hier staan maatregelen genoemd die genomen moeten worden om gevaren te vermijden. Onder gevaren wordt verstaan, aanrijdgevaar door bouwverkeer, omvallen van materieel en vallende voorwerpen op openbaar terrein of belendingen.

4.3 Optimalisatie bouwmethodiek

Bij Bunnik Bouw wordt niet met een vaste bouwmethodiek gewerkt. In de meeste gevallen worden de binnenbladen uit kalkzandsteen gemaakt en wordt als vloer een breedplaat toegepast. Grote projecten worden hoofdzakelijk door middel van gietbouw gerealiseerd en kleinere projecten middels de methode stapelbouw. Bij beide bouwmethoden maakt Bunnik Bouw ook gebruik van prefab onderdelen, dit wordt bijvoorbeeld toegepast bij de balkons en galerijen.

4.3.1 Bouwmethodiek bouwproject De Clinckhoeff

Bouwproject De Clinckhoeff heeft op de begane grond een supermarkt gevestigd met daarboven twee lagen parkeergarage. Vanaf de 3^e tot en met de 7^e verdieping zijn 33 appartementen gesitueerd. In het ontwerp zijn materiaalkeuzes gemaakt en daarbij horende bouwmethodes bepaald. De bouwmethodiek ligt niet vast, maar het ontwerp is al zover uitgewerkt dat een verandering in de bouwmethodiek erg complex wordt. De bouwmethodiek is nu als volgt:

Supermarkt: (Begane grond)	In het werk gestorte fundering, prefab betonnen begane grondvloeren, prefab betonnen skelet als drager voor de winkel. Dakvloer supermarkt in het werk te storten breedplaatvloeren.
Parkeerlagen: (1 ^e & 2 ^e verdieping)	Prefab betonnen skelet met daarop weer in het werk gestorte breedplaatvloeren.
Appartementen: (3 ^e t/m 7 ^e verdieping)	In het werk gestorte betonnen bouwmuren, breedplaat verdieplings- en dakvloeren, kalkzandsteen binnenbladen. Prefab betonnen balkon- en galerijplaten.
(Algemeen)	De gevels worden hoofdzakelijk uitgevoerd in metselwerk.

De bouwmethodiek van bouwproject De Clinckhoeff wordt gekenmerkt als gestapelde bouw, desalniettemin worden hier ook andere bouwmethodieken toegepast. De breedplaatvloeren en de in het werk gestorte bouwmuren vallen onder de gietbouwmethoden. Terwijl de kanaalplaatvloer, het prefab betonnen skelet en de prefab betonnen balkon- en galerijplaten onder de bouwmethode montagebouw vallen.

4.3.2 Optimalisatie bouwmethodiek De Clinckhoeff

Zoals eerder genoemd is, wordt bouwproject De Clinckhoeff gekenmerkt als stapelbouw. In deze paragraaf wordt per onderdeel gekeken of dat een optimalisatie uitgevoerd kan worden. Bij het binnenstedelijk bouwen is montagebouw het hoogst te bereiken doel als bouwmethodiek, dit is eerder bepaald in paragraaf 3.3. Als montagebouw niet mogelijk is, volgt de gietbouwmethode als 2^e doel.

Fundering

De fundering wordt in de huidige situatie in het werk gestort. Een andere bouwmethodiek is prefab funderingsbalken. De voordelen hiervan zijn: de bouwtijd wordt verkort, de arbeidsomstandigheden verbeteren, het aantal manuren neemt af, de bouw wordt weersafhankelijk en tevens is geen bekistingsmateriaal meer benodigd. Nadelig is dat een zekere repetitie van elementen nodig is om het aantal mallen te beperken. Ingewikkelde funderingspatronen en afwijkende, niet-orthogonale, gebogen en ronde structuren zijn veelal niet rendabel in prefabbeton.

Gekozen wordt voor de huidige situatie, de fundering in het werk storten. Omdat de fundering uit een ingewikkeld patroon bestaat, met gebogen structuren bij de hellingbaan.

(Drisag, 2008) (Hurks prefabbeton, 2017)



Figuur 23, prefab fundering (Vroom, 2017)

Vloeren

Een prefab kanaalplaatvloer werkt tijdens de ruwbouw fase sneller en is goedkoper dan de breedplaatvloer. De breedplaatvloer is gekozen in het huidige ontwerp, dit blijkt wel een goede keuze. De voordelen van een breedplaatvloer zijn: installaties kunnen makkelijk meegenomen worden, de breedplaatvloer heeft monolietverbindingen waardoor schijfwerking ontstaat en de breedplaatvloer heeft een afgewerkte uitstraling. Dit zijn in tegenstelling tot de prefab kanaalplaatvloer grote voordelen.

Bij de kanaalplaatvloer worden luchtkanalen en grote leidingen aan de onderzijde van de kanaalplaatvloer gehangen. Hierdoor moet altijd een verlaagd plafond in ruimtes komen om het aanzicht van installaties te vermijden. Dit zorgt voor extra bouwkosten en vergt de nodige tijd. Voor de begane grondvloer is een geïsoleerde kanaalplaatvloer wel geschikt.

Betonnen skelet

Het prefab betonnen skelet wordt toegepast als drager voor de winkel en als betonnen skelet om de breedplaatvloeren in de parkeergarage te dragen. Prefabbeton lijkt hier de efficiëntste manier van werken, dus hier vindt geen optimalisatie plaats.

Bouwmuren

De bouwmuren van de appartementen worden door middel van gietbouw gemaakt. Dit is zeker geen verkeerde methode, maar misschien kan het geoptimaliseerd worden door prefab elementen toe te passen. Uit tabel 1 (paragraaf 3.3) blijkt dat bij prefab bouw ten opzichte van gietbouw optimalisaties mogelijk zijn, echter zorgt prefab wel voor een paar bijkomstigheden.

Prefab elementenbouw wordt alleen aangeraden als het bedrijf de communicatie op de bouwplaats en de logistieke transportbewegingen aan kan. Als dit niet goed loopt, dan brengt dit risico's met zich mee. Anderzijds moet het ontwerp ook in een vroeg stadium klaar zijn, want de voorbereidingstijd duurt relatief lang bij prefab bouw, terwijl de keuzevrijheid en flexibiliteit weg raakt. Hier wordt aangeraden om het project naast gietbouw ook te calculeren in prefab bouw. In deze calculatie moet met beide bouwmethodieken ook rekening gehouden worden met de logistiek. Uit deze calculatie kan dan een conclusie op financieel gebied getrokken worden.

Gevels

De buitengevels bestaan uit een raster, oftewel twee delen. De opbouw van het raster bestaat aan de binnenzijde uit kalkzandsteen metselwerk, met daartegen isolatie, een spouw en metselwerk. De invulling van het raster bestaat naast kozijnen ook uit Eternit gevelbeplating in plaats van bovengenoemd metselwerk.

De gevels worden traditioneel in het werk gemaakt. Een andere methode zou prefab bouw kunnen zijn. Hier komen de gevelelementen kant- en klaar aan op het werk. Echter vergt dit ook de nodige voorbereidingstijd en precisie. Als prefab gevelelementen toegepast zouden worden, wordt het risico van het project groter, omdat het zou kunnen dat in de elementen fouten zitten. Hierdoor vertraagt het gehele project en dit brengt financiële gevolgen met zich mee. Doordat de gevelopbouw niet uit een materiaal bestaat en er ook nog verspringingen in het metselwerk zitten, wordt aangeraden de gevels traditioneel te vervaardigen.

Balkon- en galerijplaten

Prefab betonnen balkon- en galerijplaten zoals in de huidige situatie gekozen is, lijkt de efficiëntste, voordeligste en veiligste, oftewel de beste manier.

4.3.3 Conclusie optimalisatie bouwmethodiek

In de onderste lagen bij bouwproject De Clinckhoeff wordt een prefab skelet toegepast met breedplaatvloeren. Dit is een verantwoorde keuze. De draagconstructie van de bovenste lagen, de appartementen, wordt in gietbouw uitgevoerd. Hier kan een optimalisatie zijn om de draagmuren prefab te laten maken. Dit voorkomt bekistingswerk van de gietbouwmethode. De bouwsnelheid zal niet oplopen, omdat de installateurs de tijd nodig hebben om de breedplaatvloer in orde te maken. De buitengevels blijven traditioneel in het werk gemaakt worden. Dit omdat de gevels niet uit één afwerking bestaan en er verspringen in het metselwerk zitten. Het risico van verkeerde elementen wordt hierdoor erg hoog. Prefab betonnen balkon- en galerijplaten, zoals bedacht is, lijkt nog steeds de beste methode.

4.4 Optimalisatie bouwlogistiek

Bunnik Bouw is een innoverend bedrijf. Ze werken met vaste partners, genaamd ketenintegratie, gebruiken Lean en ze werken met BIM om knelpunten vroegtijdig te kunnen signaleren. Tot op het heden heeft Bunnik Bouw zich nog niet gericht op de logistieke bewegingen van bouwprojecten. Bunnik Bouw maakt wel per project een bouwplaatsinrichtingstekening met eventueel een bouwkraan erop, daarnaast wordt voor de leveranciers een aanrijroute naar het bouwproject gemaakt. Dit zijn de voorbereidingen welke Bunnik Bouw momenteel verricht voor de bouwlogistiek. Daarnaast wordt in de afbouwfase gewerkt met een 6 weken planning. Echter wordt nog geen gebruik gemaakt van bouwtickets, bouwlogistieke hubs of andere soortgelijke innovaties. Het samenvoegen van vrachten en het bundelen van ladingen gebeurt dus nog niet bij Bunnik Bouw. Hier ligt in de bouwlogistiek dus nog een grote optimalisatie kans!

De bouwlogistiek bij project De Clinckhoeff is nog niet definitief uitgedacht. Twee globale concept bouwplaatsinrichtingen zijn door Bunnik Bouw opgesteld. In het eerste concept van de bouwplaatsinrichting stond de vaste bouwkraan naast het te bouwen gebouw, bij het tweede concept staat de bouwkraan in het gebouw gepositioneerd.

Op deze bouwplaatsinrichtingstekening wordt ook duidelijk dat de bouwplaats echt krap en beperkt is. Aangezien de bouwmethodiek nauwelijks aangepast kan worden, zal de bouw hoofdzakelijk in stapelbouw uitgevoerd worden. Op de bouwplaats zal dus veel verschillend materieel en materiaal benodigd zijn.

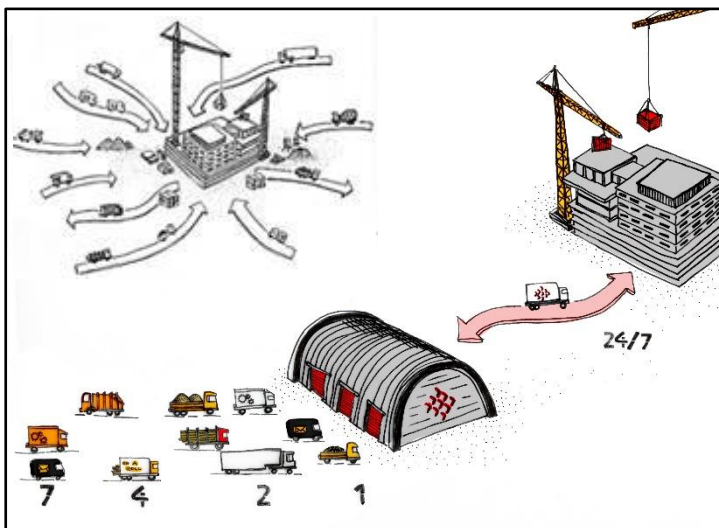
4.4.1 De bouwhub

In paragraaf 3.4 is bepaald dat een bouwlogistieke hub de beste innovatie is voor bouwproject De Clinckhoeff. De Technische Unie werd aangeraden om alle installatiematerialen voor de gehele bouw, just-in-time, gebundeld per appartement, te leveren en te bezorgen. Raab Karcher werd aangeraden om alle bouwmaterialen via hun eigen bouwhub op het juist moment te leveren en op de juiste plaats te bezorgen. Waarbij leveringen met een hoge beladingsgraad buiten de bouwhub om, just-in-time, rechtstreeks op de bouwplaats geleverd worden. Dit zijn onder andere grote of zware elementen, zoals breedplaatvloeren, liggers en kolommen of speciale leveringen, waaronder beton.

Aangeraden werd de planning van dit project middels KYP uit te voeren. Door de online planning software hebben alle betrokken personen bij het bouwproject, op elk gewenst moment de beschikking tot de juiste versie van de planning van het project.

De keuze is gemaakt om zowel met Raab Karcher als de Technische Unie samen te werken, omdat zij beide over hun eigen kwaliteiten beschikken. De Technische Unie is de grootste technische groot-handel van Nederland. Zij kunnen daardoor altijd snel leveren, omdat zij veel producten op voorraad hebben. Tevens hebben zij veel verstand van installatiemateriaal. Raab Karcher heeft daarentegen verstand van bouwmaterialen en biedt de hele logistieke dienstverlening rondom de bouwhub aan.

4.4.2 Diensten Raab Karcher



Figuur 24, traditionele aanpak versus Leanworks (Karcher, Raab, 2017)

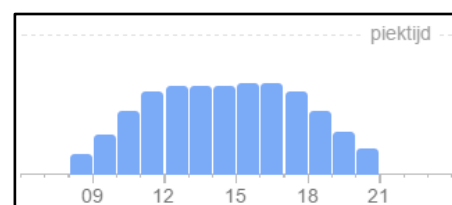
Gebundelde leveringen

Door alle materialen van alle betrokken partijen aan te leveren bij de bouwhub van Raab Karcher, kunnen alle materialen middels één vrachtbeweging naar de bouwplaats getransporteerd worden. In figuur 24 staat linksboven in de hoek de traditionele aanpak van de bouwlogistiek weergegeven volgens Raab Karcher en daaronder staat de aanpak van Leanworks weergegeven. Raab Karcher geeft hiermee aan dat het logistieke proces nu centraal en georganiseerd plaatsvindt. Vanaf de bouwhub is overzicht in alle materiaalstromen, inclusief voorraadbeheer.

Just-in-time leveren

Door just-in-time toelevering treft de vakman de benodigde hoeveelheid materiaal 's ochtends aan op zijn werkplek. Hiermee kan de productiviteit van de vakmensen worden verhoogd en kan de bouwtijd worden verkort. Figuur 25 geeft de gemiddelde piektijden van winkelcentrum De Clinckhoeff weer. Hieruit blijkt dat tussen 's ochtends 11:00 uur en 's avonds 18:00 uur de piektijd van het winkelcentrum plaatsvindt. Tot 08:00 uur is het winkelcentrum gesloten voor bezoekers. Dus alle leveringen voor 08:00 uur voorkomen enige hinder, gevaar en overlast voor de winkeliers en bezoekers van het winkelcentrum.

Als de bouw 's ochtends bevoorraadt wordt, ondervindt het winkelcentrum de minste overlast van de transportbewegingen. Raab Karcher kan dus elke ochtend om 06:30 uur de materialen bezorgen, files worden dan vermeden waardoor de leveringen op tijd komen. Tevens heeft de vakman direct zijn materialen klaar staan als om 07:00 uur zijn werkdag begint.



Figuur 25, gemiddelde piektijden De Clinckhoeff (Google, 2017)

Just-in-place leveren

Raab Karcher biedt de mogelijkheid om middels zogenaamde ‘runners’ de materialen vanaf de losplaats tot op de plaats van verwerking te brengen. Hiermee kan de productiviteit van de vakmannen worden verhoogd. Als de leveringen en de runners na werktijd of in het weekend komen, worden wachtrijen bij de bouwlift voorkomen. Hierdoor wordt het bevoorraden van de appartementen met gebruikmaking van runners ook efficiënter. Daarnaast zorgen de runners zelf voor slim transport op de bouwplaats, bijvoorbeeld elektrische karretjes.

Bouwafval afvoeren

Afval kan niet altijd direct naar beneden gebracht worden omdat de bouwlift bezet is. Het gevolg is dat hierdoor regelmatig een obstakel van bouwafval plaatsvindt. Raab Karcher levert daarom ook de dienst voor het afvoeren van bouwafval. Raab Karcher zet van tevoren bijvoorbeeld big bags neer op verdiepingen. De runners zorgen vervolgens dat de big bags beneden komen als ze vol zijn. Zo nodig kan het bouwafval naar de bouwhub mee retour worden genomen. Afval kan eventueel gescheiden worden door milieupleinen op te zetten, zie figuur 26. (Karcher, 2017)



Figuur 26, milieuplein Raab Karcher (Karcher, Raab, 2017)

4.4.3 Diensten Technische Unie

De Technische Unie dient met zijn grote magazijnen en levertijden binnen 24 uur al als een soort bouwhub voor installatiematerialen. Zij rijden elke dag dezelfde bezorgroutes, hierdoor vindt de bezorging van materialen altijd rond dezelfde tijd op de dag plaats. Op aanvraag kan de Technische Unie ook dagproductiepakketten leveren, dit voorkomt opslag op de bouwplaats. (Talané, 2017)

4.4.4 Tarieven bouwhub

De tarieven van een bouwlogistieke hub zijn afhankelijk van verschillende factoren. Waaronder de diensten die geleverd worden, de locatie en de omvang van het project. Dit vervolgt in opslagkosten van materieel en materiaal, handlingskosten op het bouwlogistieke centrum, transportkosten naar de bouwplaats en eventuele personeelskosten van een uitvoerder met runners. Daarnaast moet geïnvesteerd worden in de online planning software KYP. Zie tabel 3 voor een globaal kostenoverzicht.

Bij gebruik van de Raab Karcher bouwhub ben je niet verplicht de materialen ook bij Raab Karcher af te nemen. Materialen mogen ook elders bij een leverancier ingekocht worden. Deze materialen kunnen dan evengoed op de bouwhub geleverd worden. Bij gebruik van de bouwhub wordt je dus niet afhankelijk van één partij, maar blijft continue concurrentie aanwezig.

Omschrijving	Kosten	Eenheid
KYP, onbeperkt aantal gebruikers	€ 75,-	Per maand
Voorraadopslag per europallet (m ²)	€ 1,25	Per week
Handlingkosten bouwhub	€ 5,-	Per pallet
Runner, maandag t/m vrijdag 06:00 uur t/m 21:00 uur	€ 30,-	Per uur
Voorman	€ 38,-	Per uur
Vrachtwagen incl. bemanning	€ 77,-	Per uur

Tabel 3, ter indicatie enkele bouwhub tarieven (KYP, 2017) (Dudink, 2017)

4.4.5 Resultaten bouwhub (opbrengsten)

Aanbestedingen

Een bouwhub draagt bij om de klimaatdoelstellingen van een stad te behalen. Door de bouwhub rijden minder vrachtwagens in de stad, dit resulteert in minder verreden kilometers. De CO₂-uitstoot door transport wordt zo verminderd. Tevens draagt de besparing van transportritten bij aan het verminderen van files in de stad. Hierdoor wordt de verkeersdoorstroming verbeterd. Evenzo wordt de verkeersveiligheid beter, omdat het aantal vervoersbewegingen afneemt.

Bovengenoemde criteria helpen aannemers om hoog te scoren bij aanbestedingen op basis van EMVI³-criteria (economisch meest voordelige inschrijving). Dit houdt in dat bij een aanbesteding naast de prijs ook andere criteria meegenomen worden. Zoals publiekgerichtheid⁴, duurzaamheid en projectbeheersing.

Contractvorming

Tijdens de contractvorming moeten de voordelen van een bouwhub duidelijk overgebracht worden op de onderaannemers en leveranciers. Zo kunnen de onderaannemers en leveranciers rekening houden met de voordelen van een bouwhub als zij hun offertes uitbrengen. Onderdelen als het uitlopen van materialen en het opruimen van afval kunnen achterwege gelaten worden, omdat de runners dit verzorgen. Dit zorgt voor besparingen.

Opslag en overlast

Op de bouwplaats vindt nauwelijks opslag van materieel en materiaal plaats. Het risico van diefstal en vernielingen wordt hierdoor beperkt. Eveneens zorgt de minimale opslag en de runners voor een veilige opgeruimde bouwplaats.

Bovendien worden risico's als kapotte producten ingedekt, omdat de producten op de hub gecontroleerd worden.

Omwonenden ervaren minder overlast van de bouw, omdat leveranciers op de van tevoren best gekozen tijdstippen hun leveringen bezorgen. Dit voorkomt wachttijden en gevaarlijke situaties in- en om de bouwplaats. Eveneens is een voordeel dat de chauffeurs van de bouwhub vaker op de bouw komen, dus zij weten hoe zij veilig, met de minimale overlast, de bouwplaats kunnen bereiken. Dit zorgt op dezelfde wijze voor minder risico's.

Planning

Het efficiënt plannen en het na werktijd bevoorraden van woningen zorgt voor een kortere bouwtijd. Files bij de bouwlift worden voorkomen, omdat runners de appartementen bevoorraden. De vakmannen werken productiever, omdat zij zich niet meer bezig hoeven te houden met het versjouden van materialen.

In bijlage 8.1 is aangetoond hoe in alleen de afbouwfase al een besparing van 7 weken behaald is door strak en efficiënt te plannen. Dit is in vergelijking met een vergelijkbaar eerder uitgevoerd project door Bunnik Bouw '39 appartementen Omroepplein te IJsselstein'.

In de efficiënte planning van praktijkcasus De Clinckhoeff (bijlage 8.1) staan per dag, de werkzaamheden per bouwnummer weergegeven. Aan de hand van deze strakke planning kan een leveringsschema opgesteld worden voor de bouwlogistieke hub. Een voorbeeld leveringsschema voor de eerste weken van de afbouwfase is te zien in bijlage 8.2. Te zien is dat op het begin van de afbouwfase 1x per week een levering plaatsvindt. Naarmate de afbouwfase drukker wordt, vinden

³ EMVI

Economisch meest voordelige inschrijving (gunnen op waarde) is een methode bij de gunning van (overheids) aanbestedingen. Bij EMVI wordt niet alleen naar de prijs gekeken, maar wordt eveneens veel waarde gehecht aan kwalitatieve criteria als publiekgerichtheid, duurzaamheid en projectbeheersing.

⁴ Publieksgerichtheid

Rekening houden met buurtbewoners, zo kort mogelijk hinder geven.

meer leveringen per week plaats. De medewerkers van de bouwhub kunnen aan de hand van dit schema de materialen op de bouwhub coderen per bouwnummer. Zo weten de runners op de bouwplaats welk materiaal in welk appartement geleverd moeten worden.

Door middel van de bouwhub wordt alleen de planning van de afbouwfase al 7 weken korter. Dit zorgt voor een flinke besparing in de bouwplaatskosten. De bouwkraan bespaart door 7 weken korter te staan al € 29.799,-. *(Bron: door Bunnik Bouw opgevraagde offertes aan gerenommeerde kraanbedrijven in Nederland, de berekening bestaat uit vertrouwelijke informatie).*

Dit is nog maar één voorbeeld, de bouwketen, opslagcontainers, bouwplaatsverharding etc. hoeft allemaal minder lang gehuurd te worden. Tevens ligt de arbeidsproductiviteit hoger, dus wordt op het aantal manuren bespaard. Omdat het werk eerder gereed is dan voorheen, hoeft een uitvoerder ook minder lang op het project aanwezig te zijn.

Referenties

In bijlage 9 staan 2 referentieprojecten weergegeven. Bij deze projecten zijn de resultaten weergegeven die behaald zijn door gebruik te maken van een bouwhub. Deze projecten tonen enkele voordelen van de bouwhub in specifieke getallen en bedragen.

4.4.6 Conclusie kosten tegen opbrengsten bouwhub

Het gebruikmaken van een bouwhub kost geld. Ter indicatie zijn enkele tarieven in tabel 3 weergegeven. Per project maakt een bouwhub een gespecificeerde offerte, hieruit blijkt exact hoeveel de bouwhub op een project kost. De opbrengsten zijn lastiger te bepalen. Uit bovenstaande paragraaf blijkt dat de opbrengsten van een bouwhub eigenlijk bestaan uit besparingen. Hoofdzakelijk door het efficiënter plannen en het daardoor verhogen van de arbeidsproductiviteit. Plus het besparen op transportritten en het besparen op de wachttijden van chauffeurs. Het is dus belangrijk om de onderaannemers en leveranciers over de voordelen van een bouwhub te informeren, voordat contracten gesloten worden. Hierdoor kunnen offertes lager uitvallen dan voorheen.

Een bouwhub lijkt voor iedereen geld te besparen en maakt het werk voor vakmensen aantrekkelijker. Dit omdat zij zich niet meer met sjouwwerkzaamheden bezig hoeven te houden, maar zich op hun eigen vakwerk kunnen richten.

4.5 Optimalisatie bouwplaatsinrichting

De bouwplaatsinrichting heeft een aantal optimalisaties ondergaan. De bestaande bouwplaatsinrichtingstekening is uitgewerkt van een schetsontwerp naar een uitvoeringsgereed ontwerp. Onderzocht is hoe de beste aanrijroute plaats kan vinden. Daarnaast is rekening gehouden met de loop- en transportafstanden op de bouwplaats.

Bij de bouwkraanoptimalisatie is rekening gehouden met de te hijsen gewichten. De zwaarste elementen zijn opgedeeld in 2 elementen, zo kan de kraan lichter uitgevoerd worden.

In bijlage 11 staat de optimalisatie van de bouwplaatsinrichting tekstueel uitgewerkt en visueel door middel van de nieuwe bouwplaatsinrichtingstekening.

4.6 Externe validatie

De externe validatie heeft plaatsgevonden door onderaannemers en leveranciers te interviewen. Tijdens de interviews zijn zij op verschillende onderwerpen ondervraagd (zie bijlage 10 voor de interviews).

Uit de interviews kan opgemaakt worden dat onderaannemers en leveranciers positief tegen het principe van een bouwlogistieke hub aankijken. Echter zien zij nog wel enige problematiek in het kostenplaatje. Onderaannemer De Bruyn Intergips Afbouw B.V. (zie bijlage 10.7) geeft bijvoorbeeld aan dat als een gedeelte van de logistiek uit handen genomen wordt, zij niet zo snel iets van de prijs af doen. De reden hiervoor is dat de vakmensen een aantal keren per dag van beneden naar boven lopen. Zij kunnen dan net zo makkelijk direct hun materiaal meenemen, dit is een kleine moeite. De Bruyn Intergips Afbouw B.V. luidt een bouwhub wel positief toe, maar dan moeten de diensten van de bouwhub meer gezocht worden in een verlichting van het werk en meer tevredenheid van de vakmensen.

Onderaannemer Raab Karcher verzorgt het tegelwerk regelmatig voor Bunnik Bouw. Zij zien veel voordelen in een bouwlogistieke hub. Waaronder een flinke vooruitgang in de arbeidsproductiviteit, omdat zij 's ochtends direct met het tegelwerk kunnen beginnen in plaats van het sjouwwerk.

Uit het contact met onderaannemers en leveranciers kan geconcludeerd worden dat zij redelijk positief tegen een bouwlogistieke hub aan kijken, maar dat zij ook nog verschillende problemen zien. Het is dus belangrijk om de voordelen van een bouwlogistieke hub nog inzichtelijker te maken voor de onderaannemers en leveranciers, anders zullen zij tijdens het uitbrengen van offertes niet genoeg rekening houden met de bouwlogistieke voordelen die zij krijgen. Hoofdzakelijk het aantal manuren dat de onderaannemers besparen door middel van de bouwhub moet toonbaar gemaakt worden.

4.7 Samenvatting praktijkonderzoek

Raab Karcher wordt aangeraden als leverancier voor de bouwhub. Door middel van de bouwhub is opslagruimte op de bouwplaats nauwelijks meer benodigd, omdat de bouwhub gecombineerde just-in-time leveringen bezorgt. Door middel van runners worden de leveringen op de bouwplaats uitgelopen naar de juist plaats in het gebouw. Dit zorgt bij de vakmensen voor een verhoging in de productiviteit. Tevens verwerken de runners het afval, dit resulteert tot een veiligere opgeruimde bouwplaats. De Technische Unie wordt aangeraden om alle installatiematerialen op de bouwplaats te leveren.

Een bouwhub levert niet direct geld op, maar het bespaart geld door het toepassen van een strakke planning met efficiënte transportritten. De bouwhub optimaliseert het hele bouwproces, daardoor reduceert de bouwtijd en ontstaan flinke besparingen op het aantal manuren.

Het onderzoek is valide geschreven. Tijdens het onderzoek zijn interne en externe deskundigen bij het onderzoek betrokken geweest. Echter zijn op dit moment nog maar enkele leveranciers aanwezig, die een bouwhub aanbieden en informatie kunnen verschaffen. Net als dat er nog maar nauwelijks referentieprojecten volledig met een bouwhub uitgevoerd zijn.

De bouwhub kan zeker toegepast worden op binnenstedelijke bouwprojecten, waaronder praktijkcasus De Clinckhoeff. De bouwhub biedt een tal van voordelen, echter brengt de bouwhub ook kosten met zich mee. De kosten zijn afhankelijk per project. Elk bedrijf moet dus per project uitrekenen of het gebruik van een bouwhub het project voordeliger maakt. De verwachting tot nu toe is dat praktijkcasus De Clinckhoeff uitgevoerd kan worden door middel van een bouwhub.

Uit de externe validatie volgt dat onderaannemers en leveranciers positief tegen een bouwlogistieke hub aankijken, maar dat zij nog wel beter geïnformeerd moeten worden over de besparingen die zij op doen door het toepassen van de bouwlogistieke hub.

5. Conclusie



Figuur 27, structuurschema

Het onderzoek wordt in dit hoofdstuk afgerond door middel van een conclusie, discussie en aanbeveling. De conclusie geeft de belangrijkste resultaten van het onderzoek weer. Daaropvolgend vindt de discussie plaats, hier worden de resultaten van de conclusie kritisch bekeken. Tot slot volgt de aanbeveling, hier wordt het advies gegeven wat Bunnik Bouw het beste kan doen om de bouwlogistiek bij krappe of beperkte locaties te optimaliseren.

5.1 Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de vraag: **‘Hoe kan de bouwlogistiek bij krappe of beperkte locaties geoptimaliseerd worden, onder andere bij praktijkcasus De Clinckhoeff te IJsselstein, zodat de kosten zo laag mogelijk blijven, uitloop voorkomen wordt en de logistiek van materieel en materiaal veilig op het bouwproces aansluit?’** Hiervoor is een kwalitatief onderzoek uitgevoerd naar de huidige innovaties in de bouwlogistiek.

Uit de resultaten naar de huidige innovaties is gebleken dat een bouwlogistieke hub het meeste succes boekt voor de logistiek van krappe of beperkte bouwlocaties. Een bouwhub dient als tijdelijke verzamelplaats of locatie waar verschillende stromen bij elkaar komen. Door middel van gecombineerde just-in-time leveringen met een hoge beladingsgraad, wordt het benodigde materieel en materiaal vanaf de bouwhub naar de bouwplaats getransporteerd. Dit beperkt het aantal logistieke bewegingen op en om de bouwplaats. Tevens biedt de bouwhub een dienst aan om materialen op de juiste locatie in het gebouw te leveren, middels zo genaamde runners. De runners verzorgen evengoed ook de afvalverwerking op de bouwplaats. Dit resulteert tot een veilige opgeruimde bouwplaats.

Het gebruik van runners verminderd de opslag van materieel en materiaal op de bouwplaats. Zij brengen het materieel en materiaal vanaf de losplaats tot de plaats van verwerking. Dit mond uit in veilig opgeruimde bouwplaats. Tevens wordt de arbeidsproductiviteit van vaklui aanzienlijk verhoogd.

De resultaten hebben tot slot uitgewezen dat de planning in de afbouwfase met ruim 7 weken ingekort kan worden door het toepassen van een bouwhub. Bovendien is aangetoond dat de kortere bouwtijd resulteert tot forse besparingen op de bouwplaatskosten.

Uit dit kwalitatieve onderzoek en meerdere interviews is gebleken dat de bouwlogistiek bij krappe of beperkte bouwlocaties geoptimaliseerd kan worden middels een bouwlogistieke hub. De bouwhub voorkomt onnodige opslag van materieel en materiaal wat uitmondt in een veilig bouwproces. Evenals de vermindering van het aantal logistieke bewegingen dat de overlast voor omwonenden beperkt. De bouwhub is bereikbaar, door het vele aantal besparingen en de voordelen dat zich voordoet. Concluderend kan gesteld worden dat de bouwlogistiek bij praktijkcasus De Clinckhoeff uitgevoerd kan worden middels een bouwlogistieke hub.

5.2 Discussie

Voor dit onderzoek zijn meerdere informatiebronnen gebruikt om de bouwlogistieke innovaties inzichtelijk te maken. Onder andere literatuuronderzoek, interviews en bedrijfsbezoeken. De innovatie een bouwlogistieke hub is middels een uitgebreid literatuuronderzoek als beste innovatie voor dit onderzoek naar voren gekomen. Om de resultaten uit het literatuuronderzoek valide te maken zijn verschillende interviews gehouden met leveranciers van bouwlogistieke hubs. De interviews hebben de juistheid van het literatuuronderzoek bevestigd en zorgde daarnaast nog voor enkele toevoegingen aan de literatuurstudie. Na de interviews zijn notulen geschreven, deze zijn op juistheid goedgekeurd door de geïnterviewde persoon. Dit maakt de interviews tot een betrouwbare bron. Tot slot zijn twee logistieke hubs bezocht, hier is het theoretische onderzoek gevalideerd op de praktijk. Op basis hiervan kan gesteld worden dat bij een herhaling van dit onderzoek, de resultaten hetzelfde zouden zijn en dat daarmee de resultaten van dit onderzoek valide zijn.

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat een bouwlogistieke hub als beste innovatie dient voor krappe of beperkte locaties. De bouwhub beperkt het aantal logistieke bewegingen op en om de bouwplaats, waardoor het logistieke bouwproces veiliger wordt. Tevens optimaliseert een bouwhub de productiviteit van vakmannen. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de verwachting dat de bouwlogistiek geoptimaliseerd kon worden. Echter was nog niet bekend dat een bouwhub als beste innovatie zou dienen.

Een mogelijke verklaring voor dit resultaat biedt het onderzoek van Karabulut (Karabulut, 2012) dat verklaart dat de materiaalkennis bij dienstverleners van innovaties onvoldoende is, waardoor ongewenste situaties zich voor doen. Bij de bouwhub kan een bedrijf zelf een geschikte partner selecteren.

Aan het resultaat ligt mogelijk ook ten grondslag dat een bouwhub makkelijk toepasbaar is in tegenstelling tot andere innovaties. Bovendien is een bouwhub volledig gericht op alle onderdelen van de bouwlogistiek, terwijl dat andere innovaties zich specifiek maken op één onderdeel van de bouwlogistiek.

Het huidige onderzoek is een aanvulling op de bestaande literatuur over innovaties in de bouwlogistiek, omdat eerdere studies innovaties niet met elkaar vergeleken. Eerder zijn voornamelijk studies uitgevoerd gericht op één innovatie. Op basis van dit onderzoek zouden aannemers zich in het vervolg vooral in moeten zetten op het toepassen van een bouwlogistieke hub, bij krappe of beperkte locaties.

Hierbij moet wel rekening gehouden worden dat dit onderzoek zich hoofdzakelijk heeft gefocust op de resultaten van de bedrijven die het gebruik van een bouwlogistieke hub zo positief mogelijk willen belichten. Zodra gefocust wordt op een ander type bouwproject, met een grotere of een kleinere omvang, zouden resultaten minder positief uit kunnen vallen. Om deze reden kan geen algemene uitspraak gedaan worden over wat de ideale casus is oftewel wanneer een bouwlogistieke hub wel of niet rendabel is.

Het advies voor vervolgonderzoek is dan ook om een soortgelijk onderzoek uit te voeren, waarbij verschillende door middel van een bouwlogistieke hub uitgevoerde projecten onderzocht worden. Met als doel weer te kunnen geven wanneer een bouwlogistieke hub wel of niet rendabel is. Aan de hand hiervan kan dan ook een ideale casus voor de bouwlogistieke hub omschreven worden.

5.3 Aanbeveling

Om de bouwlogistiek bij krappe of beperkte bouwplaatsen veilig aan te laten sluiten op het bouwproces, is het belangrijk dat aannemers projecten met gebruik van een bouwlogistieke hub uitvoeren. Raab Karcher kan hierin een proactieve rol spelen door te adviseren over het gebruik van een bouwlogistieke hub. Zij stellen hun eigen bouwlogistieke hub beschikbaar en leveren hun geadviseerde bouwlogistieke diensten.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat onderaannemers een bouwlogistieke hub nog sceptisch inzien. Ze staan open voor het werken met een bouwlogistieke hub, maar ze verwachten geen kostenbesparingen en een verhoogde arbeidsproductiviteit. Als de bouwlogistieke hub toegepast wordt op een bouwproject, wordt dan ook aanbevolen om onderaannemers vroegtijdig te informeren over de toepassing van een bouwlogistieke hub. Door de voor- en nadelen specifiek voor te leggen aan de onderaannemers kan gepoogd worden ze te overtuigen van de bouwlogistieke hub. Het doel van de goede inlichting is dat de offertes van onderaannemers lager worden, omdat zij de efficiëntie van de bouwlogistiek hub inzien.

De diensten van een bouwlogistieke hub kosten geld. Wanneer het gebruik van een bouwlogistieke hub rendabel wordt, is afhankelijk van de omstandigheden die zich bij het project voordoen. Aangeraden wordt de eerstvolgende bouwprojecten op een krappe of beperkte locatie allemaal te calculeren middels het gebruik van een bouwlogistieke hub en zonder het gebruik van een bouwlogistieke hub. Dit maakt de financiële afweging van een bouwlogistieke hub inzichtelijk.

De bouwmethodiek die toegepast wordt is sterk afhankelijk van ontwerp. Aangetoond is dat prefab bouw grote voordelen biedt als bouwmethodiek, echter heeft deze bouwmethodiek wel een lange voorbereiding nodig. Geadviseerd wordt om in de toekomst bij krappe of beperkte bouwlocaties tijdens de ontwerpfase al de afweging van de beste bouwmethodiek voor een betreffend project te maken. Dit voorkomt in de uitvoeringsfase uitsluitingen van bouwmethodieken, omdat de bouwmethodiek niet toepasbaar is op het ontwerp van het gebouw.

Tot slot volgt de aanbeveling om planningen via de online planning software KYP te maken. Aan de hand van KYP kan digitaal Lean plaatsvinden tussen alle betrokken personen bij het project. Elke onderaannemer en de betrokken bouwhub kunnen de juiste versie planning op elk moment bekijken. Dit maakt een strakke bouwplanning mogelijk, waardoor de bouwtijd verkort kan worden.

6. Bibliografie

- A.M.R. de Vries, M. L. (2017). *Bouwlogistieke hub, zin of onzin?* Delft: Technische Universiteit Delft.
- A.R. van Goor, H. V. (2011). *Werken met logistiek, Supply chain management*. Houten: Noordhoff Uitgevers bv.
- Afbouwbox. (2016). *Bouwlogistieke Oplossingen*. Opgehaald van Afbouwbox: <http://www.afbouwbox.nl/>
- Aggelen, P. v. (2016, 08 08). *Isero Voorraadcontainer*. Opgehaald van Gerritse Isero ijzerwarengroep: <http://www.gerritse.nl/klantenservice/voorraadcontainer/>
- Althoff, M. (2016, 02 02). *BAM en UTS ontwikkelen groen logistiek bouwproces*. Opgehaald van Logistiek: <http://www.logistiek.nl/distributie/nieuws/2011/8/bam-en-uts-ontwikkelen-groen-logistiek-bouwproces-10155773>
- Amstel, W. P. (2015, 03 12). *Slimme bouwlogistiek BAM in Delft*. Opgehaald van De Laatste Meter: <http://www.delatstemeteter.nl/kennisnetwerken/slimme-bouwlogistiek-bam-delft/>
- BAM Utiliteitsbouw. (2015, 02 04). *Smart Building Logistics*. Opgehaald van BAM Utiliteitsbouw: <http://www.bamutiliteitsbouw.nl/concepten/smart-building-logistics>
- Bongers, P. (2007). *Een keuzemodel voor de bouwmethodes en bouwmaterialen van seriematige woningcasco's*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Bouman, P. (2016, 12 21). *Slim bezig: Geslaagde pilot voor slimmere logistiek*. Opgehaald van JP van Eesteren: <https://www.jpvanesteren.nl/en/slim-bezig-geslaagde-pilot-voor-slimmere-logistiek>
- Bouw, P. L. (2014, 05 20). *Logistiek in de Bouw: waar staan we nu?* Opgehaald van Platvorm Logistiek in de Bouw: <https://www.duurzameleverancier.nl/files/events/14/Notitie%20Logistiek%20in%20de%20Bouw%20Platform%20mei%202014.pdf>
- Bouw, R. (2015). *Het aansturen van de goederenstroom van hub naar bouwplaats*. Bunnik: Technische Universiteit Eindhoven .
- Bruijn, i. C. (2014). *De levering van bouwmaterialen volgens Smart Building Logistics*. Delft.
- Bunnik Projecten. (2017, 03 15). *Over ons*. Opgehaald van Bunnik Projecten: <http://bunnik-projecten.nl/over-ons>
- Buurgaard Nielsen, J., Van Essen, H.P. (2016). *Beladingsgraden - ruimte voor verbetering*. Delft: CE.
- Caroline J. van der Meer, A. R. (2016). *Werken met supply chain management*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.
- Damen, A. (2013). *BIM-samenwerking in zicht*. Utrecht: Universiteit Twente.
- Dijkhuizen, B. (2015). *Bouw moet voordelen logistieke hubs beter benutten*. Doetinchem: Logistiek.
- Drisag. (2008). *Ontwikkelingen prefabbeton*. Opgehaald van Drisag, moderne bouwtechnieken: http://www.drisag.be/Architectuur/Moderne_bouwtechnieken/Materialen/Prefab
- Dudink, M. (2017, 03 23). Coördinator Consolidatiecentrum VolkerWessels Nieuwegein. (J. v. Selm, Interviewer)
- Els Geurts . (2016). *Best Practice: De BouwHub, een VolkerWessels-initiatief*. Opgehaald van Bewuste bouwers: <http://www.materieeldienst.nl/nl/nieuws/detail/stempel-best-practice-voor-bouwhub-de-trip>
- Flapper, H. (2011). *Jellema 12A, Uitvoeren*. Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.
- Fransoo, J. (2014, 07 21). *Cross Chain Control Centers (4C) en service logistiek*. Opgehaald van Topsector Logistiek: <http://www.topsectorlogistiek.nl/cross-chain-control-centers-4c-en-service-logistiek-2/>
- Granse, J. I. (2014). *Het gebruik van BIM door de werkvoorbereiding*. Tilburg: Technische Universiteit Eindhoven.
- H.M. Visser, A. v. (2011). *Werken met logistiek*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers .
- Hans Quak, et al. (2011). *Bouwlogistieke oplossingen voor binnenstedelijk bouwen* . Delft: TNO.
- Hessel M. Visser, A. R. (2015). *Werken met logistiek*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.
- Hogeschool Utrecht. (2016, 09). PowerPoint, enkele voorbeelden van procesinnovatie in de bouw. *Arbeidsproductiviteit*. Utrecht, Utrecht, Nederland.
- HoutWereld. (2017, 01 30). *Bouwhub bewijst zijn nut*. Opgehaald van HoutWereld: <http://www.houtwereld.nl/nieuws/1098/bouwhub-bewijst-zijn-nut>

- Hurks prefabbeton. (2017, 03 29). *Prefabbeton*. Opgehaald van Hurks bouwt, ontwikkeld en onderhoudt: <http://www.hurks.nl/nl/bouw-techniek/prefabbeton>
- J.C. van Kessel. (2016). *Productvoordelen*. Opgehaald van AVK Houtbouw: <http://www.avkhoutbouw.nl/bouwen-met-hout/productvoordelen>
- Jol, K. (2017, 03 27). *Definitie van Logistiek*. Opgehaald van Logistiek.com: http://logistiek.com/logistiek_algemeen_definitie-van-logistiek_0001.html
- Karabulut, B. (2012). *BREEAM-NL & Smart Building Logistics in de uitvoeringsfase*. Delft: Technische Universiteit Delft.
- Karcher, Raab. (2017). *Leanworks, Just-in-Time, Just-in-Place*. Opgehaald van Raab Karcher: <https://www.raabkarcher.nl/leanworks/>
- Koning, D. d. (2014). *De levering van bouwmaterialen volgens Smart Building Logistics*. Delft: Technische Universiteit Eindhoven.
- Koot, W. v. (2012). *De inbedding van Bouw Informatie Modellen (BIM) in Nederlandse Bouwcontracten*. Putten: Open Universiteit Nederland.
- KYP. (2017). *Wat kan KYP?* Opgehaald van KYP: <https://www.kyp.nl/>
- Lichtenberg, P. J. (2004). *Slimbouwen*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Logistiek Magazine. (2013, 05 28). *Logistiek Magazine*. Opgehaald van Encyclopedie: <http://www.encyclo.nl/begrip/logistiek>
- Logistiek, T. (2017, 03 27). *Cross Chain Control Centers*. Opgehaald van Topsector Logistiek: <http://www.topsectorlogistiek.nl/cross-chain-control-centers/>
- M.P.M. Lepelaars, L. R. (2015). *Strategische bouwlogistiek*. Tilburg: Avans Hogeschool Tilburg.
- M.W. Ludema. (2015). *Bouwlogistieke innovaties weerbaarstig te implementeren*. Delft: TU Delft.
- Platform B:ton. (2012, 11 13). *Uitdaging voor bouw*. Opgehaald van B:ton: <http://www.bton.nl/nieuws/131112/uitdaging-voor-bouw>
- Prins, A. W. (1971). *Winkler Prins encyclopedie*. Amsterdam: Elsevier.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2017, 03 07). *Transformatie Laan van Meerdervoort 211, Den Haag*. Opgehaald van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland: <http://www.rvo.nl/initiatieven/transformatie/laan-van-meerdervoort-211>
- Roel Grit, J. d. (2012). *Management en Logistiek*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.
- Roeven, T. (2016). *De Logistieke Ladder voor een verantwoorde bouwsector*. Utrecht: Cirkelstad Utrecht.
- Siem van Merriënboer, M. L. (2016). *TKI project '4C in Bouwlogistiek'*. Utrecht: TNO.
- Stiho. (2017). *Cross Dock*. Opgehaald van Stiho: https://www.stiho.nl/Cross-Dock-cms-ST_Cross_Dock_NC
- Talane, R. (2017, 03 23). *Logistiek Technische Unie*. (J. v. Selm, Interviewer)
- TNO. (2017, 01 30). *TNO laat zien dat slimme bouwlogistiek in de praktijk loont*. Opgehaald van TNO innovation for life: <https://www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2017/1/tno-laait-zien-dat-slimme-bouwlogistiek-in-de-praktijk-loont/>
- TNO Bouw en Ondergrond. (2006). *Consumentgericht bouwen*. Zoetermeer: Stichting Research Rationalisatie Bouw.
- Topsector Logistiek. (2012). *Topsector Logistiek*. Breda: Call for Proposals.
- Trinivast. (2017, 02 28). *Verklarende woorden*. Opgehaald van Trinivast Beheer BV: http://www.trinivast.nl/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=40
- Ulenaers. (2017). *Welke alternatieven zijn mogelijk bij overbezetting van een crossdock met nietgestandaardiseerde goederen?* Genk: Groep H. Essers.
- VolkerWessels. (2016, 06 30). *VolkerWessels+ +BouwHub+final*. Opgehaald van Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=jx2uSEnAz50>
- VolkerWessels. (2017, 02 21). *Binnenstedelijke bouwlogistiek*. Opgehaald van VolkerWessels materieeldienst: <http://www.materieeldienst.nl/nl/diensten/bouwlogistiek/binnenstedelijke-bouwlogistiek>
- Voordt, d. i. (2013). *Afval, transport en logistiek in de bouw moeten duurzamer*. Den Haag: TU Delft.
- Wind, H. (2017, 03 10). *Leanworks*. (J. v. Selm, Interviewer)