



Delft University of Technology

Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw

Ervaringen en aanbevelingen

de Bes, Jannette; Eckartz, Silja; van Kempen, Elisah; van Merrienboer, Siem; Ploos van Amstel, Walther; van Rijn, Jessica; Vrijhoef, Ruben

Publication date
2018

Document Version
Final published version

Citation (APA)
de Bes, J., Eckartz, S., van Kempen, E., van Merrienboer, S., Ploos van Amstel, W., van Rijn, J., & Vrijhoef, R. (2018). *Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw: Ervaringen en aanbevelingen*. TNO.

Important note
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

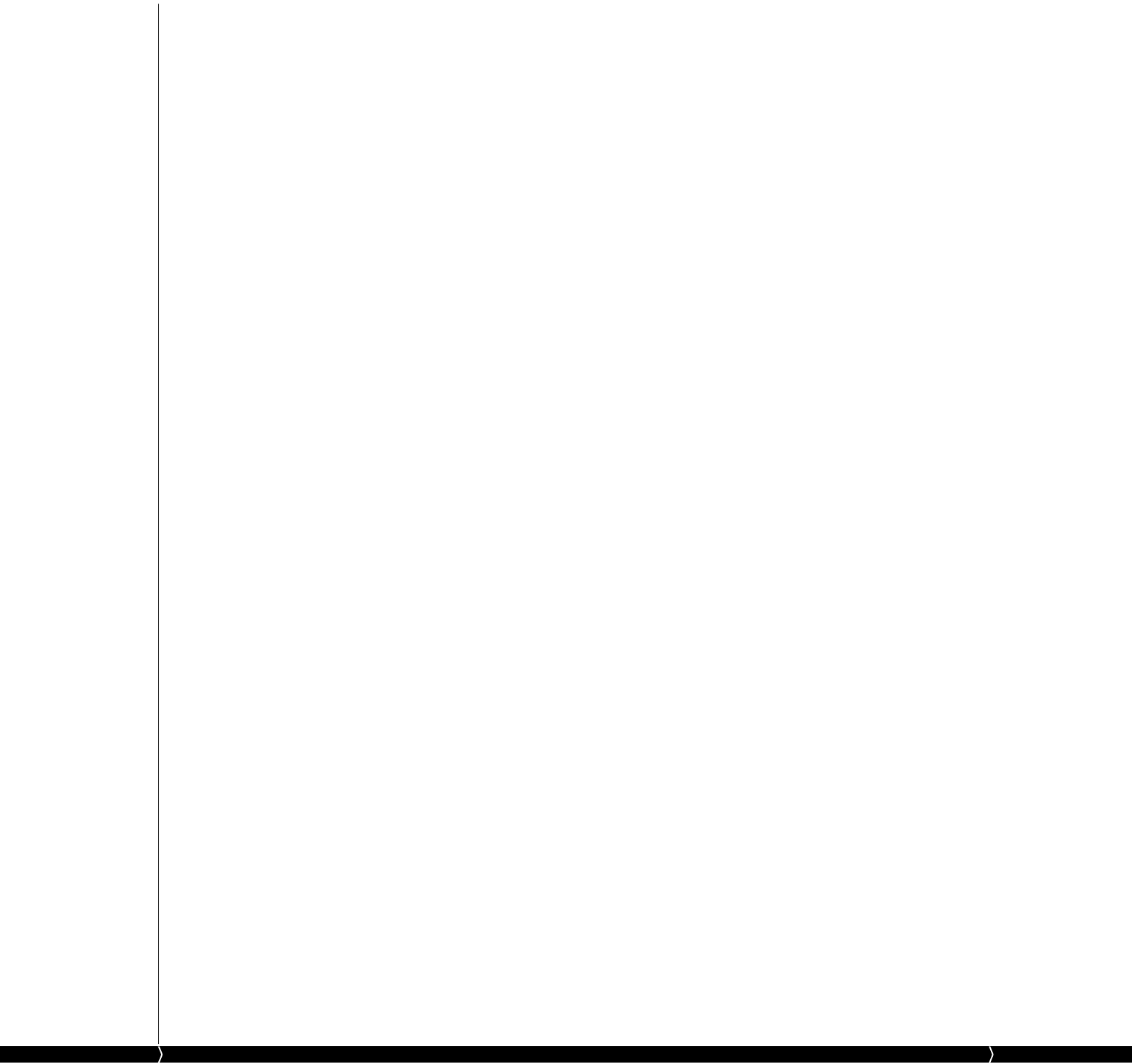
Takedown policy
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*This work is downloaded from Delft University of Technology.
For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.*

DUURZAME BOUWLOGISTIEK VOOR BINNENSTEDELIJKE WONING- EN UTILITEITSBOUW: ERVARINGEN EN AANBEVELINGEN



TNO innovation
for life



SAMENVATTING

De afgelopen jaren is onderzoek gedaan naar nieuwe concepten voor bouwlogistiek en bij negen proeftuinen in binnenstedelijk gebied is aangetoond dat hier forse winst is te behalen in termen van besparingen op logistieke kosten en bouwtijd, betere doorstroming, minder schadelijke uitstoot en minder hinder voor de omgeving. Zo bleek het mogelijk om het aantal binnenstedelijke ritten van en naar de bouwplaats met zo'n vijftig tot tachtig procent terug te brengen.

Voor goede bouwlogistiek is afstemming en medewerking binnen de keten cruciaal. Alle spelers dienen tijdig betrokken te zijn. Bouwlogistiek bestaat uit allerlei maatregelen die effect hebben op het transport en op het bouwproces. Door te meten en te monitoren zijn de effecten van verschillende maatregelen in het onderzoek aangetoond en nieuwe inzichten en lessons learned opgedaan die worden meegenomen in volgende bouwprojecten.

In totaal zijn negen proeftuinen begeleid, waarvan er bij drie uitgebreide gegevens zijn verzameld en ook besparingen aangetoond. Bij de andere proeftuinen zijn vooral kwalitatief lessons learned opgedaan. Bij het Voorzetgebouw/Paviljoen van VolkerWessels Bouwmaterieel is 50% ritten in de afbouwphase bespaard, bij het Noordgebouw van Dura Vermeer 65% in ritten in de afbouwphase en bij het Mariskwartier van Van Wijnen is 80% in ritten in de ruwbouwphase bespaard.

Andere proeftuinen hebben laten zien dat het meten en monitoren van bouwlogistiek niet altijd eenvoudig is en het invoeren van bouwlogistiek zelf al lastig genoeg is. Vragen die opdoemen zijn: wie bepaalt of en zo ja welke maatregelen op de bouwplaats worden toegepast, de directie of de hoofduitvoerder en wie bepaalt hoe producten worden ingekocht, is dat op laagste prijs of wordt logistiek ook meegenomen. Allemaal vragen die van groot belang zijn voor een efficiënte logistiek van, op en naar de bouwplaats. Daarnaast leeft de vraag welke rol de gemeente gaat spelen; of zij bepaalde logistieke werkwijzen gaan verplichten bijvoorbeeld via aanbestedingen? Een andere belangrijke vraag is wie er opdraait voor de eventuele kosten van de bouwlogistieke maatregelen. Dit rapport geeft hier antwoord op.

Verder komen de ontwikkelingen rond ketenregie, BIM en ICT aan bod. Ketenregie over alle vervoersstromen gekoppeld aan het bouwproces, en over alle partijen van producent tot op de bouwplaats, staat of valt met de juiste ondersteunende ICT-middelen. Daarin speelt de beoogde 4C Control Tower een cruciale rol in planning en besturing op strategisch, tactisch en operationeel niveau. Er blijkt nog een flinke ontwikkelingsslag nodig om BIM geschikt te maken voor bouwlogistieke planning en besturing. Daarnaast is gekeken naar betrouwbare dataregistratie in het bouwlogistieke proces door een pilot waarin nieuwe technologieën gebaseerd op Internet of Things (IoT) een oplossing bieden.

Eigenlijk is er geen enkele reden om niet nu al met bouwlogistiek te beginnen, al is het maar in het klein met eenvoudige maatregelen. Zorg dat tijdig in het proces alle partijen erbij betrokken worden, van architect tot vakkracht op de bouwplaats, zorg voor draagvlak in het hele team. Dan zijn de drie proeftuinen met de mooie besparingen straks geen uitzondering meer maar regel.



INHOUD

SAMENVATTING	3
INLEIDING	7
1. Duurzame bouwlogistiek in het kort	9
1.1 Bouwlogistieke beslissingen	11
1.2 Keuzemenu bouwlogistieke maatregelen	12
1.3 Bouwlogistieke prestaties meten	14
1.4 Plan, do, check, act: betere sturing door korte cycli	14
2. PRAKTISCH TOEPASSEN VAN BOUWLOGISTIEK	16
2.1 Negen proeftuinen	16
2.2 Cross-over analyse	20
2.2.1 Data verzamelen, analyseren en visualiseren	20
2.2.2 Kwantitatieve resultaten	22
2.2.3 Kwalitatieve resultaten (Lessons learned)	25
2.3 Zijn succesvolle BouwHubs ook rendabel?	27
3. REFERENTIEBIBLIOTHEEK MET KENGETALLEN ALS KEUZE-INSTRUMENT	33
4. INNOVATIES BOUWLOGISTIEKE ICT	35
4.1 Visie op Control Tower Bouwlogistiek	35
4.2 Bouwwerk Informatie Model (BIM)	37
4.3 4D plannen met Synchro	38
4.4 Bouwlogistiek dashboard (operationeel)	39
4.5 Simulatie op basis van logistieke parameters uit BIM (strategisch)	41
4.5.1 Passing van dagelijkse materiaalvolumes in een tussenopslag	41
4.5.2 Verkorting van looplijnen en wachttijden door vaklieden	42
4.6 Logistiek plannings- en besturingsmodel op basis van BIM	43
4.6.1 Logistieke actoren, beslissingen en behoeften	44
4.6.2 Toepassing van BIM en bouwlogistiek in de praktijk	44
4.6.3 Ontwikkeling en toetsing van bouwlogistieke scenario's	45
4.7 Logistieke Supply Chain Portals	46
4.8 Bouwroute App (Vialis)	47
4.9 Monitoringstool	47
4.10 Trackers en sensoren toepassen in bouwlogistieke ketens	49
4.10.1 Inventarisatie trackers en sensoren in de bouw	49
4.10.2 Onderzoek IT-studenten HU	50
4.10.3 Pilot Noordgebouw	51
4.11 Conclusie	52
5 CONCLUSIES EN TOEKOMSTPERSPECTIEF	53
BIJLAGEN	57
Bètatoren	57
De Bever	58
Kasteeltorens	59
Mariskwartier	60
Noordgebouw	61
Pontsteiger	62
Remise & Sandenbergh	63
Voorzetgebouw & Paviljoen	64



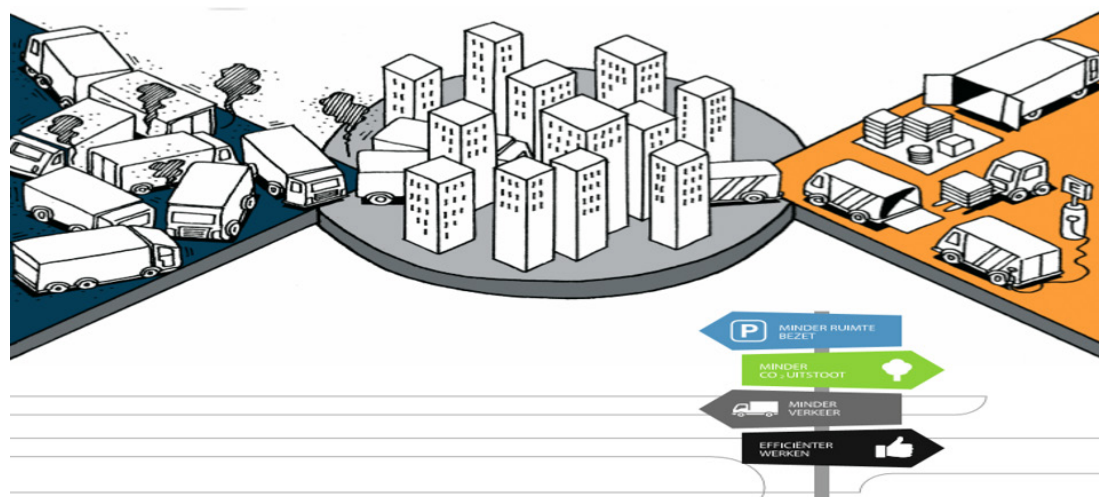
INLEIDING

De toelevering aan bouwprojecten is een complexe aaneenschakeling van veel direct en indirect betrokken partijen. Ze hebben stuk voor stuk invloed op het logistieke proces: opdrachtgever, hoofdaannemer, onderaannemers, toeleveranciers, logistiek dienstverleners, vervoerders, overheden en omwonenden. Wat doorgaans bij projecten in de woningbouw en utiliteitsbouw ontbreekt is Integrale ketenregie over deze logistieke stromen.

Toeleverende bedrijven hebben te maken met onvoorspelbaarheid in de bevoorrading door onvoldoende gedetailleerde plannen. Vaak veranderen plannen op het laatste moment, waardoor zorgvuldig afstemmen van productie en voorraden in de bouwplanning moeilijk is. Een probleem voor transporteurs is de lage beladingsgraad, mede veroorzaakt door spoedleveringen aan verschillende bouwplaatsen in de stad. Daarnaast ondervinden transporteurs onduidelijkheden in de eisen voor aanleveren, de beperkte toegankelijkheid van bouwterreinen en de onge-

structureerde communicatie met uitvoerders. Problemen die bij schaarste aan chauffeurs bovendien leiden tot te late leveringen. Steeds vaker wordt er ook gebouwd op 'postzegellocaties' in de stad, zijn er eisen vanuit duurzaamheid door de opdrachtgever en dat heeft weer effect op de bevoorrading. In de bouwketen is daarom intensieve samenwerking nodig bij de bevoorrading van de bouwplaats.

Om tot nieuwe samenwerkingsvormen te komen moeten de betrokken partijen bereid zijn gegevens te delen. Veel partijen in de bouwlogistieke keten hebben niet voldoende inzicht in de kosten en de activiteiten die zijn verbonden aan het logistieke proces van bevoorrading. Daar waar ze wel inzicht hebben zijn ze vaak niet bereid deze informatie te delen. Zo worden nog steeds de meeste bouwmaterialen ingekocht op basis van franco geleverd op de bouwplaats. Het is dan onduidelijk wat de logistieke kostencomponent is in de prijs van producten die aan het bouwbedrijf in rekening worden gebracht.



Figuur 1: Effecten van duurzame bouwlogistiek,

bron <https://www.ubrijk.nl/organisatie/ubr-ontwikkelbedrijf/innovatieagenda-bedrijfsvoering-rijk/logistieke-hub>

Goed georganiseerde bouwlogistiek leidt tot betere kwaliteit van bouwen, oplevering volgens afspraak en voorkomt faalkosten. Dat is te bereiken door onderlinge coördinatie van bouwprocessen. Goede bouwlogistiek leidt tot meer productiviteit, lagere kosten, minder verspilling, sneller bouwen en minder hinder voor de omgeving. Voorwaarden voor het succesvol uitvoeren van bouwlogistiek zijn onder meer: inzicht in de integrale ketenkosten, samen tactisch en operationeel plannen op basis van gedeelde informatie, voldoende schaalgrootte in BouwHubs om kosten te verlagen, een goed doordachte locatie van de hubs, inzicht in de operationele logistieke prestaties, een actieve rol van de lokale overheid bij aanbesteding en vergunningverlening, en een toekomstvast businessmodel.

Vanuit de Topsector logistiek en NWO is onderzoek gefinancierd om meer inzicht te krijgen in de effecten van bouwlogistiek op de keten. Het project '4C Control Tower toepassingen in bouwlogistiek' (Cross Chain Control Center) bestaat uit een consortium van bedrijven (Dura Vermeer, Scholtens, Van Wijnen, VolkerWessels Bouwmaterieel en Waal Bouw), brancheverenigingen (Bouwend Nederland, Transport Logistiek Nederland) en kennisinstellingen (Hogeschool Utrecht, Hogeschool Amsterdam, TU Delft, TU Twente en TNO). Dit rapport verwijst met 'het huidige project' of 'het project' naar dit onderzoek.

Zeven onderwerpen zijn in hoofdzaak onderzocht:

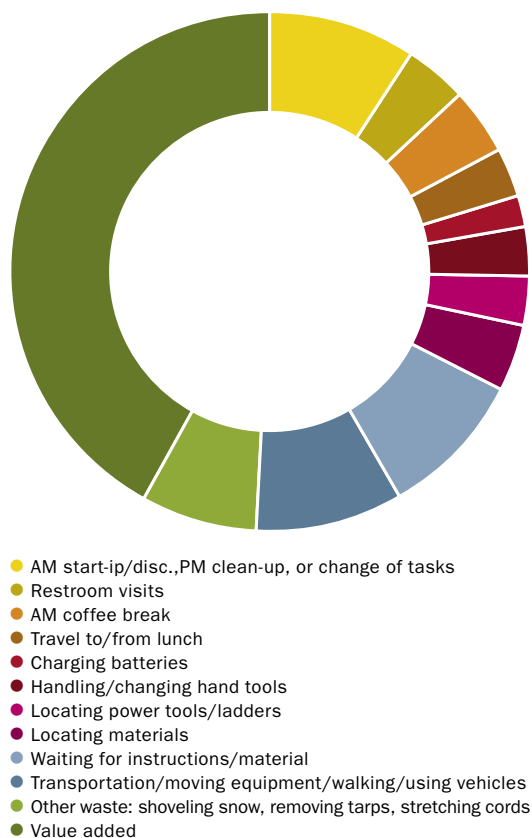
1. Het inzichtelijk maken van de bouwlogistieke keten (H1)
2. Het toepassen van duurzame bedrijfsoverstijgende ketenconcepten in de praktijk, gericht op bouwlogistieke processen voor woningbouw en utiliteitsbouw in stedelijk gebieden met weinig ruimte. (H2)
3. Het toepassen van 4C Control Towers en bijbehorende geavanceerde softwaresystemen in de praktijk. (H2 en H4)
4. Het ontwikkelen van een bouwlogistiek businessmodel voor de inrichting en opzet van concrete samenwerkingsverbanden in logistieke ketens in de bouwsector. (H2)
5. Het verbeteren van een referentiebibliotheek met kengetallen als keuze-instrument. (H3)
6. Het geven van een visie op een Control Tower voor bouwlogistiek met de benodigde functionaliteiten, de huidige stand van zaken en de verschillende technologische ontwikkelingen (waaronder BIM) die bijdragen aan de realisatie van een bouwlogistieke Control Tower. (H4)
7. Het toepassen van trackers en sensoren om bouwlogistiek te ondersteunen (H4)

In het project zijn nieuwe concepten voor ketenregie beproefd en is kennis ontwikkeld en gedeeld binnen de sector. Zo is draagvlak gecreëerd bij belangrijke spelers in de branche. Door het gezamenlijke ontwikkelen van een strategie om de resultaten in de praktijk te brengen is een basis voor innovatie op langere termijn gelegd.

1. DUURZAME BOUWLOGISTIEK IN HET KORT

De Europese bouwmarkt liet de afgelopen jaren een gestage groei zien. Vanaf 2008 waren de marktvooruitzichten relatief somber, gezien de economische neergang. Sinds 2014 groeit de economie in bijna alle EU-landen weer en ziet de toekomst van de bouwmarkt er rooskleurig uit. Onderzoekers voorspellen een groei van de bouwactiviteiten de komende jaren tot 3%¹ per jaar.

Succesvolle bouw valt of staat met goede logistiek. En die gaat verder dan de inrichting van de bouwplaats. We bouwen in Nederland vaak 'op een postzegel', in bewoond gebied en met allerlei eisen vanuit de omgeving. De beheerder van de buitenruimte beperkt de toegang tot het bouwterrein met allerlei verkeersmaatregelen. De productiviteit in termen van 'waarde toevoegende tijdsbesteding' van uitvoerend personeel op de bouwplaats blijft steken op circa 40% (zie onderstaand figuur). Winstmarges staan ondanks een groeiende bouwproductie onder druk.



Figuur 2: Tijdsbesteding van een werkdag²

Ongeveer 50 procent van de bouwomzet wordt behaald in de grote steden. Dat groeit het komende decennium naar 80 procent³. Er ligt een opgave voor de bouw van één miljoen nieuwe woningen, verduurzaming van de woningvoorraad en vernieuwing van infrastructuur. Nu al is 30 procent van het zakelijke verkeer in steden toe te rekenen aan de bouw: dagelijks meer dan 200.000 bestelbusjes en 20.000 vrachtwagens⁴. Dit leidt tot ergernis en kosten van files, problemen met luchtkwaliteit (CO₂, fijnstof) geluid en verkeersveiligheid. Daar tegenover biedt de digitale revolutie bouwers nieuwe kansen hun logistiek zó in te richten dat ze hun werk goedkoper, sneller, veiliger, schoner en met minder omgevingshinder kunnen doen. Winst voor de bouwsector, bewoners en het milieu.

Meer dan 15 procent van de bouwkosten zit in het transport naar de bouwplaats⁵. Een goed georganiseerde bouwlogistiek reduceert die kosten: hogere productiviteit, minder verspilling, sneller bouwen en met minder overlast. Dat is te bereiken door inzicht in de integrale ketenkosten voor alle betrokken partijen, informatie delen om daardoor samen tactisch en operationeel te kunnen plannen, BouwHubs (zie pagina 9 voor meer toelichting) op logische locaties inrichten om goederenstromen te bundelen, inzicht in operationele logistieke prestaties, een actieve rol van lokale en regionale overheden bij aanbesteding en vergunningverlening, en een toekomstvast businessmodel.

De resultaten van het TKI project '4C in Bouwlogistiek'⁶ spreken aan: bij proeftuin de Trip in Utrecht bleek het mogelijk het aantal vervoersbewegingen naar de bouwplaats met bijna 70 procent terug te dringen, wat leidde tot een navenant lagere uitstoot van CO₂ en tot meer dan 40 procent hogere productiviteit op de bouwplaats. De bouwkosten daalden met 3 tot 5 procent, wat voor de sector een aanzienlijke verbetering betekent. Tegelijk waren er minder klachten uit de omgeving. Slimme bouwlogistiek biedt zowel maatschappelijke voordelen als meer efficiency binnen de bouwkolom. Investeren betalen zich daarmee op termijn terug.

1 Bron: https://euroconstruct.org/ec/press/pr2018_85

2 Bron: Hanna, A.S. (2010). *Construction Labor Productivity Management and Methods Improvement*. ISBN-13: 978-0-9829042-0-6.

3 Bron: https://www.ce.nl/publicatie/segmentering_van_de_logistieke_activiteiten_in_nederland/1809

4 Bron: <https://www.rmserle.nl/2018/02/08/faalkosten-en-budgetoverschrijdingen-het-rivm-bouwdrama/>

5 Bron: https://www.tno.nl/media/8926/tki_wp_2_6_eindrapportage_tki_final.pdf

6 Bron: <https://topsectorlogistiek.nl/2017/06/09/download-nu-outlook-city-logistics/>



Figuur 3: De Trip van VolkerWessels Bouwmaterieel

Om dit voor elkaar te krijgen is inzicht nodig in de bouwlogistieke keten en de informatiestromen. In de keten zijn er al gauw vijf belangrijke spelers: leverancier, transporteur, bouwplaats/hoofduitvoerder, onderaannemer en gemeente. Bovendien is in veel steden een BouwHub ook een belangrijke partij omdat er op de of rond de bouwplaats weinig ruimte is.

VAN BOUWENVELOP TOT OPLEVERING

Voordat een bouwproject van start gaat zijn er al veel stappen gezet die de logistiek beïnvloeden. Het begint met de gebiedsontwikkeling door de gemeente. Die bepaalt de spelregels voor bouwprojecten in een bepaald gebied. In de zogeheten bouwvelop staan de ruimtelijke en functionele uitgangspunten voor de bebouwing en de openbare ruimte, gericht op een goede ruimtelijke inpassing. Op basis hiervan komen projectontwikkelaars met voorstellen voor bouwprojecten.

Na goedkeuring zoeken zij naar een consortium van bouwbedrijven voor de uitvoering. In de aanbesteding zijn de basisregels voor de bouwlogistiek al min of meer vastgelegd, zoals de eisen die de gemeente stelt met de BLVC-kaders (Bereikbaarheid, Leefbaarheid, Veiligheid en Communicatie -kaders) of de logistiek kwaliteit, omgevingshinder en/of duurzaamheid als beoordeling welke via bijvoorbeeld EMVI-criteria (economisch meest voordelige inschrijving -criteria) worden meegenomen in de gunning van het bouwwerk. Soms betreft de hoofdaannemers onderaannemers, logistiek dienstverleners en leveranciers bij het maken van de aanbesteding om slimme bouwlogistiek te realiseren. Als dat in een later stadium gebeurt, dan worden zij geconfronteerd met een gedetailleerd bouwplan met weinig speelruimte voor slimme en schone bouwlogistiek.

Vervolgens gaan partijen met elkaar aan de slag en maken gedetailleerde afspraken met omgevingsmanagers van de gemeente (of stadsdelen) over bereikbaarheid, leefbaarheid, veiligheid en communicatie. De bouwbedrijven overleggen tijdens de uitvoering frequent over de voortgang en planning. Monitoring en handhaving van de gemaakte bouwlogistieke afspraken met de gemeente ontbreekt hier vaak of gebeurt alleen nadat een incident heeft plaatsgevonden.

De bouwbedrijven gaan na het winnen van de aanbesteding aan tafel met leveranciers en onderaannemers voor nadere afspraken over de inkoop van materieel. Hierbij is de prijs meestal doorslaggevend terwijl slimme logistiek meestal een ondergeschoven kindje is.

Nadat het consortium bekend is, komt de informatiestroom op gang. Die begint bij de bouwplaats (hoofduitvoerder) die een tactische en operationele bouwplanning heeft en de materialen afroept.

De onderaannemer geeft aan de hoofduitvoerder door welke materialen benodigd zijn en wanneer.



Figuur 4: De BouwHub van VolkerWessels
Bouwmaterieel, bron VolkerWessels Bouwmaterieel

BouwHubs zijn een manier om goederenstromen tussen partijen beter te organiseren. Dit leidt tot minder vervoersbewegingen en dus minder congestie en een betere luchtkwaliteit in stad of regio. Materialen komen hier samen, worden gecontroleerd en tijdelijk opgeslagen om vervolgens gebundeld naar de bouwplaats te worden vervoerd.

De levering van materialen naar de bouwplaats kan op verschillende manieren gebeuren. De traditionele manier is dat bouwbedrijf of uitvoerder ze bestelt bij de leverancier en de transporteur direct levert aan de bouwplaats.

Een andere manier is de materialen niet direct naar de bouwplaats te vervoeren, maar naar de BouwHub waar de materialen van meer leveranciers worden gebundeld in één vracht. Een veelvoorkomend verschijnsel is echter dat (te laat) wordt geconstateerd dat een (onder)aannemer niet de juiste materialen op de bouwplaats beschikbaar heeft. Op dat moment vindt er alsof een last minute spoedlevering plaats van de leverancier of de BouwHub aan de bouwplaats.

De bouwplanning bepaalt op welk moment welke materialen nodig zijn. Op het moment dat een hoofduitvoerder materialen afroept dienen deze in korte tijd te worden geleverd. Bij het maken van een bouwplanning moet rekening gehouden worden met zaken als personeelsbezetting, materieelbezetting, tijdig bouwbedrijven en producenten inschakelen, maar ook levertijden van materialen. Het is daarom belangrijk dat er afstemming in de keten is tussen de verschillende hoofdrolspelers in de keten.

De rol van de overheid in bovenstaande bouwketen is goed weergegeven door een interview van Rooijlijn met Walther Ploos van Amstel lector citylogistiek van de Hogeschool van Amsterdam: 'Een duurzamere bouwlogistiek is vooral een kwestie van prioriteiten stellen en slimmer samenwerken'.

WAT KAN DE OVERHEID DOEN?

Walther: "De overheid bemoeit zich steeds meer met bouwen in de stad. Je kunt het zien als een watervalmodel. Het eerste niveau is de stadsplanning. Tien jaar vooruit wordt bepaald wat gebouwd gaat worden. Het tweede is de gebiedsplanning. Dan gaat het om het waarborgen van de leefbaarheid en veiligheid. Bij de stadsplanning is er nog weinig overleg en worden weinig eisen gesteld aan bouwlogistiek in de bouwvelop bij de gronduitgifte. Dan ontbreken de prikkels om iets aan logistiek te doen. Na de gebiedsplanning komt de aanbesteding. Als je een projectontwikkelaar geen regels meegeeft dan is hij helemaal vrij in welke aannemer hij kiest. De vierde stap is de uitvoering zelf. Dan gaat het ook om de monitoring van afspraken. In het onderzoeksproject hebben wij de verschillende niveaus aan elkaar geknoopt. In Amsterdam weet de gemeente met Stadsregie al jaren vooruit wat er gebouwd wordt en kun je zien met modellen en gegevens van het ingenieursbureau waar de verkeersknelpunten zullen ontstaan als gevolg van de bouw."

"Transport for London stemt bouwprojecten af om de vervoersstromen te optimaliseren. Daar hebben zij ook spelregels ontworpen voor de bouwlogistiek. Als het om de gebiedsplanning gaat is Wenen ook interessant. Zij hebben een nieuwe wijk ontwikkeld, Seestadt. In de milieu-effectenrapportage is het maximum aantal vervoersbewegingen voor de bouw vastgesteld. Bij de gronduitgifte is contractueel vastgelegd waaraan de bouwbedrijven moeten voldoen. Een deel van de grondprijs ging naar een overkoepelende logistieke coördinatie door een onafhankelijk ingenieursbureau waarvan iedereen gebruik moest maken."

De stadsplanning is ver weg maar bij de gebiedsplanning weet je wie de stakeholders zijn. Dat zijn ondernemers, bewoners, mensen die van het gebied gebruikmaken en erdoorheen reizen. Op dat moment zou je in overleg moeten gaan om de bouwlogistieke spelregels te bepalen. De multi-actor-multicriteria-analyse (MAMCA) kan daarbij helpen. De vertaling van het gebiedsplan naar een projectplan loopt door in een contract tussen de overheid en de ontwikkelaar/bouwer. Er worden afspraken gemaakt over bereikbaarheid, leefbaarheid, veiligheid en communicatie in een zogenaamd BLVC-plan.

1.1 BOUWLOGISTIEKE BESLISSINGEN

De hoofdrolspelers in de bouwlogistiek nemen beslissingen op drie niveaus: strategisch, tactisch en operationeel. Op strategisch niveau gaat het om langere termijn, vaak langer dan een jaar, op tactisch niveau enkele weken tot maanden vooruit en operationeel gaat het om beslissingen over de logistiek vandaag en de komende dagen.

Strategisch

De reikwijdte van strategische beslissingen is een periode van vele jaren. De overheid speelt hier een belangrijke rol door het bieden van een visie en doelstellingen voor een slimmere en schonere bouwlogistiek binnen de stadsgrenzen. Een onderdeel hiervan is het afstemmen van de planning tussen grote bouwwerken in de stad met verkeersmanagement. Instrumenten die deze afstemming ondersteunen zijn planningtools zoals bouwlogistieke voorspelmodellen en verkeersmodellen, generieke richtlijnen voor bouwlogistiek, BouwHubs en het delen van data voor transportplanning.

Tactische beslissingen

Het bereik van tactische beslissingen is de middellange termijn, meestal op projectniveau. Het doel is een goed ontwerp en planning van de logistiek voor één of meer projecten in een regio. Coördinatie is cruciaal in deze fase. Dit betekent via samenwerking een strakke planning van de bouwwerkzaamheden: efficiënt, op tijd, duurzaam, met de juiste bouwmethoden, goede logistiek op de bouwplaats, zo nodig inzet van andere modaliteiten en BouwHubs. Betrokkenen partijen kunnen hiervoor een logistieke coördinator aanstellen, privaat of publiek-privaat. Communicatie met belanghebbenden is in deze fase van cruciaal belang.

Operationele beslissingen

De reikwijdte van operationele beslissingen bedraagt hooguit enkele weken en is gericht op de dagelijkse coördinatie van verschillende materiaalstromen, kraanplanning, operaties in de BouwHub, levertijden en het gebruik van opstelplaatsen. Operationele monitoring en handhaving dwingt partijen scherp te zijn op de veiligheid, leefbaarheid en mobiliteit. Ook hier is communicatie over de bouwactiviteiten met omwonenden in deze fase cruciaal.

	Strategisch	Tactisch	Operationeel
Leveranciers	Investeren in productie en magazijnlocaties en -capaciteiten Productiemethodologie Zelf doen of uitbesteden transport Transportmodaliteit	Vraagvoorspelling Allocatie volumes naar fabrieken Verkoopafspraken met bouwbedrijven	Order management Levertijdenafgifte Transportplanning Dagelijkse productieplanning
Transporteurs	Investeren in wagenpark Werving en selectie personeel Ontwikkelen locaties	Vakantieplanning en roosters personeel Onderhoudsplanning In- en uitstroom van rijdend materieel	Ritplanning Dagelijkse roostering
Bouwbedrijven	Investeren in een BouwHub Samenwerking met leveranciers ICT investeringen	Inkoopafspraken met leveranciers Voorraadniveau in de BouwHub	Afroepen bij leveranciers Afroepen bij de BouwHub Transportopdrachten voor afvoer
Onderaannemer	Samenwerking met leveranciers ICT investeringen Werving en selectie personeel	Inkoopafspraken met leveranciers Verkoopafspraken met bouwbedrijven Vraagvoorspelling	Afroepen bij leveranciers Dagelijkse roostering Transportplanning
Gemeente	Afstemmen volgorde werkzaamheden in de gemeente Aanleg infrastructuur Ruimte maken voor BouwHubs Spelregels meegeven bij gronduitgifte	Nemen van verkeerstechnische maatregelen (verkeers regel installaties, voorkeursroutes) Afstemmen bouwlogistiek op buurtniveau	Verkeersmanagement en -maatregelen

Tabel 1: Voorbeelden van logistieke beslissingen in de bouwketen

1.2 KEUZEMENU BOUWLOGISTIEKE MAATREGELEN

In het TKI Dinalog / NWO project heeft TNO een logistiek keuzemenu ontwikkeld waarbij inzichtelijk is gemaakt welke keuzes bouwbedrijven kunnen maken bij bouwlogistiek (zie Tabel 2). Elk van de maatregelen heeft als doel de transportbewegingen tussen leveranciers en van en naar de bouwplaats te minimaliseren. Minder kilometers betekent ook een reductie van CO₂ emissies.

Partijen hoeven zich niet te beperken tot één van de bouwlogistieke oplossingen uit tabel 2. Een combinatie van verschillende 'smaken' van het menu kan leiden tot synergie en uiteindelijk tot nog hogere efficiëntie in het bouwproces. In hoofdstuk 2 zijn de proeftuinen beschreven waarin uiteenlopende bouwlogistieke oplossingen in de praktijk zijn onderzocht. Hierbij is zichtbaar dat voor elke proeftuin een specifieke combinatie van bouwlogistieke maatregelen is geformuleerd, afhankelijk van de uitdagingen van het bouwproject en de wensen van de betrokken partijen.

Logistieke keuze	Omschrijving maatregelen
'Aan de voorkant' omdenken van het bouwproces 	Allereerst kunnen door lokaal inkopen leveranciers worden gekozen die bij elkaar in de buurt zitten of dicht bij de bouwplaats gevestigd zijn. Leveranciers die dicht bij elkaar zitten organiseren samen hun transport; dit wordt ook wel bundelen bij de bron genoemd.
Consolideren en werkpakketten voor snel en slim werken 	Door het gebruik maken van een BouwHub aan de rand van de stad (afbouw) of dicht bij de bouw (ruwbouw), kan het aantal vervoersbewegingen naar de bouwplaats geminimaliseerd worden. De volgorde van leveringen wordt op de BouwHub gesynchroniseerd met de bouwplaats en werkpakketten voor dagproductie op de bouw kunnen 'just-in-time' worden samengesteld. Ook door clusteren van personenvervoer (bijvoorbeeld door te carpoolen of door op slimme plekken te parkeren) gaat het aantal gereden kilometers omlaag. Daarnaast zorgt de inzet van een BouwHub ook voor flexibiliteit in de keten: onverwachte schokken worden opgevangen. De BouwHub kan met grote volumes goedkoop worden bevoorrad.
Industrialisatie van het bouwproces 	Door het industrialiseren van het bouwproces zijn minder transporten naar de bouwplaats nodig en is ook tijdswinst in het bouwproces te behalen. Een deel van het werk op de bouwplaats gebeurt al in de fabriek. Dit staat ook wel bekend als prefabricage. In de toekomst is ook 3D-printing mogelijk; zowel op de bouwplaats, als in de BouwHub als bij leveranciers.
Wachtplaats en verkeersmanagement 	Een opstelplaats voor just in time leveringen wordt gebruikt voor het in goede banen leiden van verkeersstromen (voor bouwplaatsen met weinig tot geen wachtruimte) en hoeven voertuigen niet onnodig rond te rijden wanneer er geen ruimte is op de bouwplaats. Samen met de gemeente werken aan slim verkeersmanagement, bijvoorbeeld door inzet van verkeersregelaars en groen golven voor bouwverkeer).
Planning, vooraanmelding en communicatie 	Door gebruik te maken van planningssystemen zijn de verschillende stappen in het proces van transport naar en op de bouwplaats beter op elkaar aan te sluiten. Door gebruik te maken van ticketsystemen worden transporten van tevoren aangemeld en is er afstemming met de planning voor verticaal transport. Door bouwlogistiek een vast onderdeel te maken van de dagstart of bouwoverleg kan door heldere communicatie aandacht en urgentie worden gecreëerd voor verbetering.
Transportopties: andere modaliteiten, andere tijden 	Als er mogelijkheid is om te variëren in voertuigtype, vergroot dit het aantal mogelijkheden. Hierbij valt ook te denken aan het gebruiken van elektrisch vervoer voor last-mile leveringen vanaf een BouwHub naar de bouwplaats. Daarnaast kan leveren buiten bouwtijd verstandig zijn, en hoeft transport niet noodzakelijk in de spits te gebeuren. Tot slot kan het kiezen van een andere modaliteit, zoals vervoer over water, de beste weg zijn.
Interne logistiek op de bouwplaats 	Inzet van runners: medewerkers die zorgen dat de materialen op de juiste plek op de bouwplaats terecht komen. Op deze manier kunnen specialisten zich concentreren op hun vak uitoefenen en hoeven ze niet onnodig materiaal te zoeken. Daarnaast kan worden gewerkt met een hub op de bouwplaats zelf voor het samenstellen van werkpakketten.
Slimme retourstromen 	Afval – en emballagelogistiek kan ervoor zorgen dat de schaarse ruimte op de bouwplaats efficiënt wordt benut. Te denken valt aan een centraal inzamelpunt en tijdelijke opslag op een toegewezen plek voor afval en emballage. Afvoer gebeurt via een hub of met slimme retourlogistiek naar leveranciers.

Tabel 2: Logistiek keuzemenu

1.3 BOUWLOGISTIEKE PRESTATIES METEN

Elk bouwproject vraagt om een unieke oplossing afhankelijk van het type bouwwerk, de lokale omstandigheden, de rol van de ketenpartners en de bouwtijd. Het is belangrijk om daarop de relevante prestatie indicatoren (KPI's) af te stemmen. Binnen dit onderzoeksproject zijn verschillende KPI's opgesteld die het hele bouwlogistieke proces omvatten: het transport van de leverancier naar een BouwHub of bouwplaats, transportmiddelen op de bouw en de arbeidsproductiviteit (Figuur 5).

De gekozen KPI's bepalen welke achterliggende informatie nodig is en welke data verzameld dient te worden. Om de relatie tussen de in Figuur 5 genoemde KPI's en metingen weer te geven zijn twee schema's opgesteld. In het eerste schema (Figuur 6) staat wat de meerwaarde van prestatie-meting is voor welke partij (leveranciers, bouwbedrijven, gemeente en omgeving) en welke KPI's vooral relevant zijn.

Zo kan bijvoorbeeld inzicht over afgelegde kilometers transport (KPI 7) waardevol zijn voor de gemeente waarin het bouwproject wordt uitgevoerd. Dit heeft invloed op congestie, verkeersveiligheid, CO₂ en luchtkwaliteit. Gemeenten kunnen samen met de betrokken bedrijven optimale verkeersroutes bepalen en wegwerkzaamheden afstemmen.

Het tweede schema (Figuur 7) geeft inzicht waar in de keten metingen nodig zijn voor het bepalen van de KPI's. Daarnaast geeft deze illustratie weer welke logistieke beslissingen de betrokken partijen vervolgens kunnen nemen op operationeel, tactisch en strategisch niveau op basis van de metingen en verzamelde data.

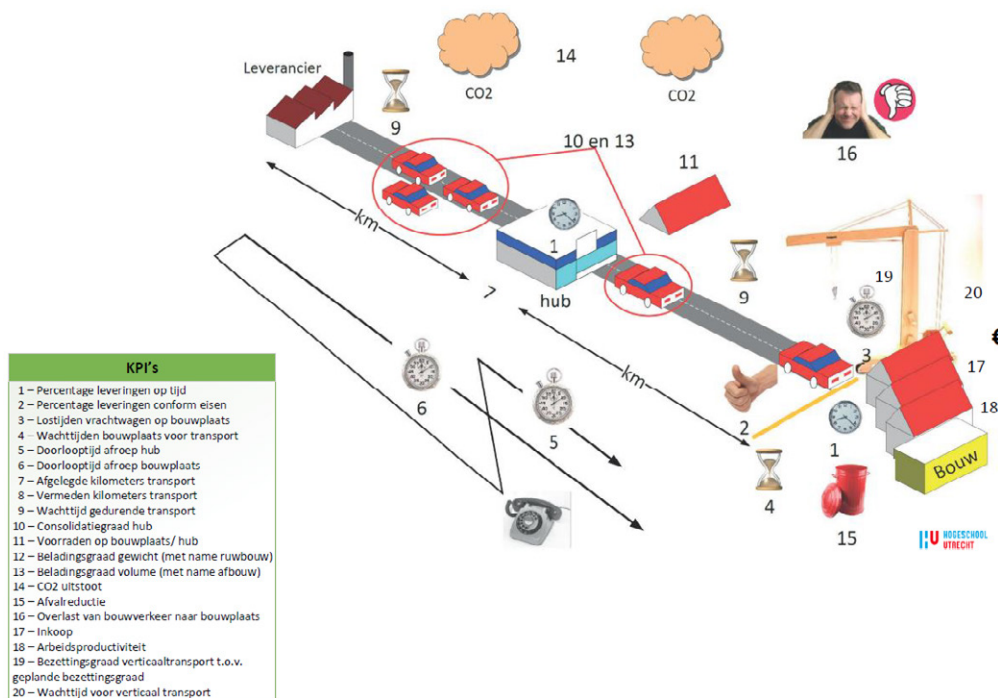
Zo is te zien dat gegevens voor KPI 9 'Wachttijd gedurende transport' verzameld dienen te worden tijdens transport. De meerwaarde van het inzichtelijk maken van deze KPI ligt vooral bij de leveranciers en bouwbedrijven. Informatie over wachttijden gedurende transport is van belang voor het nemen van operationele beslissingen over het updaten van de planning, gesprekken met leveranciers om wachttijden te reduceren (tactisch) en het maken van lange termijnafspraken met de bouwplaats en transporteurs (strategisch).

1.4 PLAN, DO, CHECK, ACT:

BETERE STURING DOOR KORTE CYCLI

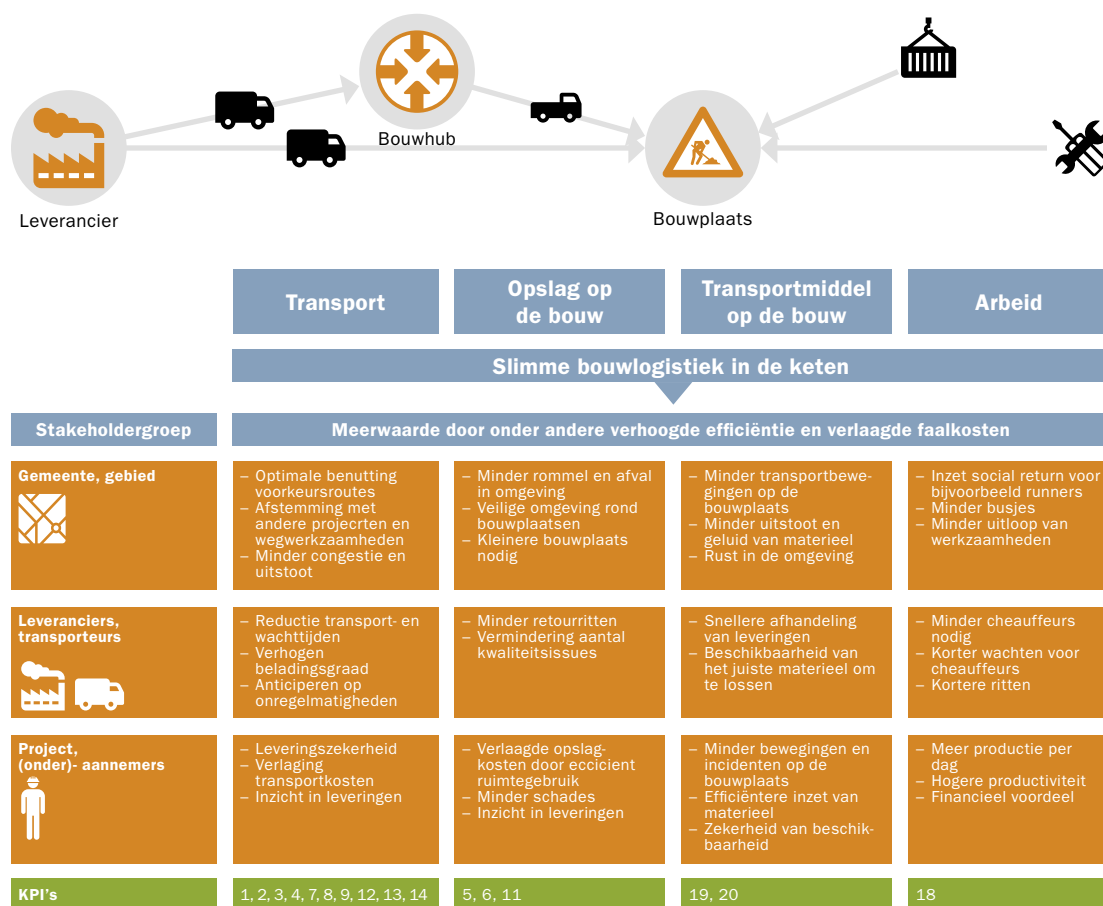
Duurzame bouwlogistiek betekent al in de projectplanning rekening houden met logistiek (transport, opslag, transport op de bouwplaats, arbeid), zodat partijen in een vroeg stadium de juiste afspraken maken. Bouwbedrijven kunnen zo tijdig invloed uitoefenen op de logistiek en hun activiteiten afstemming met alle partijen in de keten.

Door tijdens de bouwprojecten metingen te verrichten, is tijdig bijsturen in lopende projecten mogelijk en zijn voor toekomstige projecten beter onderbouwde keuzes te maken. Door continu te meten en daarbij gebruik te maken van de 'Plan, do, check, act!' aanpak kunnen faalkosten in het logistieke proces worden voorkomen. Deze aanpak is ook in het onderzoek gehanteerd en het blijkt dat het continu borgen van de cycli prioriteit dient te krijgen. In enkele situaties is het gelukt om de cycli kort te houden en zijn ook gerichte interventies geweest op tactisch en operationeel niveau.



Figuur 5: KPI's (Bron: Rapportage werkpakket 2.2 - TKI Project '4C in Bouwlogistiek')

Slimme bouwlogistiek meerwaarde voor stakeholders



Figuur 6: Meerwaarde van slimme bouwlogistiek voor stakeholders (TNO)

Bouwblokken voor meten op de bouw en besluitvormingsniveau's

	Transport	Opslag op de bouw	Transportmiddel op de bouw	Arbeid
Wat wordt waar gemeten?	- Aankomsttijd (verwacht) - Laad- en lostijd - Vertrektijd - Type voertuig - Beladingsgraad - Soort lading - CO2 uitstoot	- Aankomst en vertrektijd materiaal - Orde en netheid (materiaal op de juiste plek, materiaal bereikbaar, afvoer restmateriaal en -materieel) - Gebruikte opslagruimte ten opzichte van totale opslagruimte	- Welk transportmiddel - Starttijd werkzaamheden - Herkoms van materiaal (opslag, transport) - Bestemming van materiaal - Eindtijd werkzaamheden - Functie van werkzaamheden - Omschrijving lading en ladinggrager	- Bouwdeel van vakman - Aankomsttijd bouwplaats - Starttijd werkzaamheden - Opertijd - Effectieve werktijd - Verrichte werkzaamheden - Eindtijd werkzaamheden - Vertrektijd bouwplaats
Besluitvormingsniveau				
Meerwaarde door onder andere verhoogde efficiëntie en verlaagde faalkosten				
Operationeel	- Update planning - Anticiperen op onregelmatigheden	- Inzicht in doorlooptijd materialen - Inzicht in wat waar ligt - Inzicht in orde en netheid	- Update transportmiddel planning - Aantal uren benodigde bediening	Uren overzicht (noodzakelijke, waarde, en niet waarde toevoegende werkzaamheden)
Tactisch	- Gesprek met vervoerders en leveranciers over kwaliteit, beladingsgraden en type voertuig - Optimale route naar bouwplaats	- Vlekkenplan: verantwoording neerleggen bij onderaannemers - Inzet logistiek coördinator	- Benodigde tijd per materiaalsoort - Planning inzet transportmiddel - Bepalen wanneer en hoe vaak welke materiaalsoort nodig is	Gesprek met onderaannemers over efficiëntie
Strategisch	- Bepalen inzet bouwhub (type materiaalstromen) - Bepalen consolidatiemogelijkheden - Effecten van duurzame maatregelen afstemmen met gemeente	- Benodigde ruimte - Welk type materialen in opslag, hoeveel en hoe lang	- Bepalen welk materiaal met welk transportmiddel wordt vervoerd - Bepalen aantal en type transportmiddelen per bouwfase en efficiënter inzet	- Logistieke maatregelen financieel onderbouwen - Specialist het werk laten doen
KPI's	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 13, 14	5, 6, 11	19, 20	18

Figuur 7: Bouwblokken voor meten op de bouw (TNO)

2. PRAKTISCH TOEPASSEN VAN BOUWLOGISTIEK

De afgelopen twee jaar zijn bij vijf bouwbedrijven negen bouwprojecten als proeftuin begeleid. De fase waarin elk project zich bevond bepaalde in welke mate extra bouwlogistieke maatregelen nuttig en mogelijk waren. Sommige proeftuinen waren al begonnen met bouwen waar andere proeftuinen nog in de onderhandelingen zaten. Waar mogelijk is met de bouwbedrijven bekeken welke bouwlogistieke maatregelen voor de hand liggen, hoe ze in de huidige processen zijn in te

passen en voor welke maatregelen monitoring gewenst is. In dit hoofdstuk zijn de verschillende proeftuinen beschreven met de kwantitatieve en kwalitatieve resultaten.

2.1 NEGEN PROEFTUINEN

Per proeftuin zijn de algemene kenmerken van het bouwproject, de uitdagingen en logistieke maatregelen beschreven.

Bètatoren Leiden – Waal Bouw

Project Bètatoren is een appartementengebouw aan het Bètaplein in Leiden. De woontoren maakt deel uit van de transformatie van de Lammenschansdriehoek, een voormalig bedrijfsterrein dat de komende jaren transformeert naar een woongebied. De toren bestaat uit 19 bouwlagen en wordt opgeleverd met 134 woningen en op de begane grond commerciële ruimten.



Uitdagingen	Er liggen twee grote scholen naast het project. Dit is een aandachtspunt omdat er in de pauzes veel scholieren van de ene naar de andere school lopen en daarbij de bouwplaats kruisen. Er moet dus goed gelet worden op de veiligheid. Daarnaast ligt de logistieke uitdaging in de hoogte van het gebouw en het slim vervoeren van materiaal en materieel: de kraan en de lift zijn erg druk bezet en bovendien vrij kostbaar. Door de verticale bewegingen te verminderen is er veel tijd en geld te besparen.
Logistieke maatregelen	• Lokale hub bij de bouwlift, waarbij er dagpakketten naar boven gebracht worden. • Inkranen in plaats van via de bouwlift.
Overige opmerkingen	Alleen kwalitatieve vaststellingen, geen kwantitatieve gegevens.

De Bever Heerhugowaard – Scholtens groep

De Bever is een appartementsgebouw dat uit 7 bouwlagen bestaat (78 appartementen). Het is een buitenstedelijk bouwproject. Het gebouw staat gedeeltelijk in het water en de gevels bestaan uit metselwerk.



Uitdagingen	Het gebouw voor een gedeelte in het water en het terrein heeft beperkt opslagruimte. De vaste leveranciers werken nagenoeg allemaal traditioneel De contracten zijn op basis van franco levering. De planning staat onder druk. Door te bundelen van de werkzaamheden (met name in de ruwe en fijne afbouw) valt er tijdswinst te halen levert dit kostenbesparing op. De grootste uitdaging is dan ook de betrokken hiervan te overtuigen.
Logistieke maatregelen	• Opereren • Bouwlogistiek manager • Coördinatie bouwlogistiek via ICT
Overige opmerkingen	Doordat er traditioneel gewerkt werd is in eerste instantie de waarneming van kwalitatieve aard waarbij de incidenten werden geanalyseerd. Bij het vervolgonderzoek zijn er kwantitatieve gegevens (de KPI's zoals gereden kilometers, beladingsgraad en CO-uitstoot) verzameld.

Kasteeltorens Oegstgeest – Scholtens groep

Bij dit project aan de Adriaan van Royenlaan in Oegstgeest wordt gebouwd aan de Kasteeltorens. Het bestaat uit 86 appartementen verdeeld over vijf torens.



Uitdagingen	Het betreft een binnenstedelijk bouwproject. De bouwplaats is lastig te bereiken, er is weinig ruimte op de bouwplaats en de bouwweg loopt dwars door een woonwijk. Het minimaliseren van overlast is dus belangrijk.
Logistieke maatregelen	BLVC-plannen waarbij inbreng van de omwonende van belang is. Voor de uitvoering van de gevels wordt gebruik gemaakt van de runners.
Overige opmerkingen	Kwalitatief onderzoek en incidentenanalyse

Mariskwartier Vlaardingen – Van Wijnen

In het Mariskwartier, aan de rand van de binnenstad van Vlaardingen, wordt een groot aantal net na de oorlog gebouwde woningen gesloopt om plaats te maken voor 141 nieuwe woningen, waaronder een 45 meter hoge woontoren, appartementen en grondgebonden woningen.



Uitdagingen	Binnenstedelijk bouwen, aan de rand van de binnenstad van Vlaardingen, waardoor er geen ruimte is voor een steiger en minimale voorraad. Voertuigen mogen niet vlak buiten het bouwterrein wachten.
Logistieke maatregelen	• Prefab casco en gevelelementen (geprefabriceerd bouwsysteem) • Opstelplaats/hub met voorraad en kozijnen monteren • Opstelplaats langs snelweg • Bevoorrading afbouw tijdens de ruwbouw (zoals inhijzen afvalbakken met buizen en tegels, kozijn en glasbokken) • Voorraad vlekkenplan voor onderaannemers
Overige opmerkingen	Uniek is dat vooraf traditioneel bouwen en de ambitie met bouwlogistiek in kaart is gebracht, en tijdens het bouwproject werkelijk gemeten zodat deze gegevens tegenover elkaar gezet kunnen worden.

Noordgebouw Utrecht – Dura Vermeer

Gelegen naast het Centraal Station en dicht bij het centrum van de stad heeft het project te maken met veel omliggende bouwprojecten, veel bouwverkeer en een zeer beperkte ruimte. Door het gebied lopen veel verkeersstromen van openbaar vervoer, voetgangers, fietsers, nood- en hulpdiensten en toeleveranciers.



Uitdagingen	De ruimte op de bouwplaats is zeer beperkt. Het project heeft te maken met veel omliggende bouwprojecten en dus veel bouwverkeer. Zo maken andere bouwondernemingen gebruik van de inrit van het Noordgebouw. Naast het bouwverkeer zijn er in dit gebied ook veel verkeersstromen van openbaar vervoer, voetgangers, fietsers, nood- en hulpdiensten en toeleveranciers.
Logistieke maatregelen	• Logistieke BouwHub (van VolkerWessels Bouwmaterieel), zie Voorzetgebouw en Paviljoen. • Planningsysteem en bouwticketsysteem voor vooraanmelding transport. • Logistiek uitvoerder aangesteld voor coördinatie van de logistieke stromen van, naar en op de bouwplaats. • Communicatie via bouwlogistiek coördinator op de bouwplaats • Werkpakketten op transportkarren (in werkvolgorde gevuld) en als dagleveringen in afbouwfase • Inhuizers/ runners op bouwplaats - werkpakketten tot aan werkplek • Leveren buiten bouwtijd • Bouwlift en oppersteigers • Focus op slimme afval- en emballagelogistiek om de bouwplaats netjes te houden. • Inzet van sensoren om data te meten
Overige opmerkingen	Kwalitatieve en kwantitatieve resultaten

Pontsteiger Amsterdam – Dura Vermeer & De Nijs

Het nieuwbouwproject 'Pontsteiger' is een project in de Houthavens van Amsterdam (buitenstedelijk). Het gebouw bestaat uit 366 appartementen, waarvan 66 exclusieve koopwoningen en een ondergrondse parkeergarage.



Uitdagingen	Complex / mega project. In Houthaven wordt volop gebouwd. Slechte bereikbaarheid; weinig opslagruimte. Ondercapaciteit interne transport (liften en bouwkransen)
Logistieke maatregelen	• Combicontainer Materiaal Afbouw (bouwmaterialen afbouwbox) • Runners • Hub (voor een gedeelte van de werkzaamheden) op Schiphol • Toepassing van ticketsysteem (timeblocker)
Overige opmerkingen	Op dit project liepen traditionele en "slimme" bouwlogistieke processen door elkaar

De Remise Haarlem – Dura Vermeer

Op het voormalige remise-terrein in Haarlem wordt gebouwd aan een woonwijk van 146 eengezinswoningen. Het is een binnenstedelijk bouwproject. Voor de aanvang van de bouw is er goed nagedacht over de logistieke inrichting van het bouwproces. Hiervoor is zelfs een 3D-simulatie van het bouwproces uitgevoerd, om te voorkomen dat lossende vrachtwagens en bouwkransen gedurende de bouw in de weg staan.



Uitdagingen	De uitdagingen van dit bouwproject zijn de slechte bereikbaarheid en hinder door wegwerkzaamheden. Het concept Every Day Smile van Dura Vermeer is gebaseerd op het realiseren van één woning in twintig dagen
Logistieke maatregelen	• Logistieke BouwHub in Cruquius. Consolidatie op de hub voor dagproductie • Logistiek medewerkers (runners) zetten materiaal klaar op verwerkingsplek • Treintje: leveringen gebundeld per woning • Afval / restmateriaal retour naar de BouwHub
Overige opmerkingen	Het doel van het concept Every Day Smile is ook om ervoor te zorgen dat de medewerker met een glimlach elke dag zijn werk kan uitvoeren

Sandenbergh Petten – Dura Vermeer

Sandenbergh wordt een nieuwe kleinschalige woonbuurt in het centrum van Petten (binnenstedelijk). Het bouwproject betreft 20 eengezinswoningen. De woningen variëren tussen 2-onder-1 kapwoningen en ruime eengezinswoningen en hebben een woonoppervlakte van 100 – 150 m².



Uitdagingen	Maakt deel uit van het concept Every Day Smile. De woningen in 20 dagen opleveren. Dat betekent de materialen gebundeld en just in time geleverd dienen te worden. De beladingsgraad van de vrachtauto's van en naar de bouwplaats zo hoog mogelijk.
Logistieke maatregelen	• Logistieke BouwHub in Cruquius. Consolidatie op de hub voor dagproductie • Werkpakketen • Runners • Treintje: leveringen gebundeld per woning • Afval / restmateriaal retour naar de BouwHub
Overige opmerkingen	Data analyse gebaseerd op minimaal aantal metingen

Het Voorzetgebouw en Paviljoen – VolkerWessels Bouwmaterieel

Boele & van Eesteren bouwt met het Voorzetgebouw de nieuwe hoofden-
tree van het winkelcentrum Hoog Catharijne te Utrecht. Daarnaast
realiseert Boele & van Eesteren het Paviljoen, een twee-laags complex
voor winkel- en horecagelegenheden.



Uitdagingen	Beide projecten worden gebouwd op een binnenstedelijke locatie waarbij ruimte schaars is, aandacht voor de omgeving noodzakelijk is en hoge eisen door de opdrachtgever en overheid worden gesteld.
Logistieke maatregelen	• Logistieke BouwHub aan de rand van de stad. De focus ligt op het maximaliseren van beladingsgraden last-mile transport en het minimaliseren van transportbewegingen naar de stad. • Planningsysteem en bouwticketsysteem voor vooraanmelding transport om de coördinatie- en consolidatiefunctie van de BouwHub te ondersteunen. • Voorraadbeheersysteem • Monitoren en coördineren Logistiek in de keten • Pre fabricering op BouwHub
Overige opmerkingen	Coordinator op de BouwHub registreert alle ritten voor zijn eigen administratie wat een continue datastroom oplevert en waarmee ook regelmatig gesprekken met leveranciers worden aangegaan.

2.2 CROSS-OVER ANALYSE

De verschillende proeftuinen zijn lange tijd begeleid, waarbij is gekeken welke bouwlogistieke maatregelen tot betere resultaten kunnen leiden. Tijdens het traject zijn diverse analyses gemaakt, zowel kwalitatief als ook kwantitatief. In deze paragraaf volgen de resultaten van deze analyses.

2.2.1 Data verzamelen, analyseren en visualiseren

In de proeftuinen hebben kennisinstellingen, samen met studenten, data verzameld over vastgestelde KPI's. Vanwege de verscheidenheid aan bouwprojecten, de fase waarin ze zich bevonden, de beschikbaarheid van data en de bereidheid van partijen om data te verschaffen, zijn de data op verschillende manieren verzameld.

De combinatie van data leverde een uitgebreid beeld van de proeftuinen:

- KPI-formulieren: tijdens het project is een template en een dynamisch formulier (Google forms) ontwikkeld waardoor medewerkers de data makkelijk konden invoeren en onderzoekers ze analyseren. Iedere proeftuin heeft zijn eigen aandachtspunten en KPI's om te observeren en te meten. Personalisering van de Google forms template ondersteunt deze wens.
- Incidentregistratie: naast het meten van harde data is het net zo interessant om incidenten te registreren zoals: waarom is een vrachtwagen te laat, waarom ligt dit product al op voorraad, waarom is een bepaalde stroom eerder geleverd. Door deze incidenten te registreren vormen ze een verhaal bij en verklaring van de data.
- Dagboeken: bij één van de proeftuinen is een dagboek bijgehouden waarin incidenten zijn

beschreven, maar bijvoorbeeld ook informatie over het weer. Op een bepaalde dag bleek vanuit de data de productie vertraagd te zijn. Het dagboek gaf de verklaring: doordat het flink was gaan stormen waren de werkzaamheden stilgelegd.

- Sensoren: binnen de proeftuinen is een eerste pilot met sensoren ingericht (zie hoofdstuk 4) om data te verzamelen om de KPI's te bepalen.

Data verzameling

Het verzamelen van data ging moeizaam. Geen enkele proeftuin kon de complete dataset van de hele keten direct opleveren. Steeds waren nieuwe meetpunten, bronnen en observaties nodig. De bouwbedrijven hebben zelf nauwelijks tot geen zicht op de materiaalstromen, logistieke activiteiten of de productiviteit op de bouwplaats. Bij de BouwHub was weliswaar data beschikbaar, maar alleen over de BouwHub zelf. Zodra de vrachten naar de bouwplaats vertrokken, stopte ook de beschikbaarheid van data.

Het verzamelen van data uit de bouwprojecten vroeg veel inspanning en vasthoudendheid van het onderzoeksteam. Vooral waarom verzamelen we welke data was in het begin een issue bij een aantal proeftuinen, de medewerking was er vooral als het eigen belang van het bouwbedrijf inzichtelijk was en ze de resultaten direct kon gebruiken voor de (financiële) sturing op het project. Een vaak gehoord argument was dat 'elk project toch weer anders is'. Ook leek de 'sense-of-urgency' voor metingen bij veel bouwprojecten te ontbreken. Pas naar het einde toe werd het de bedrijven duidelijk dat meten wel degelijk voordelen heeft door de 'plan do check act' aanpak toe te passen en ketenpartners aan te spreken op hun gedrag.

Bij de meeste proeftuinen is de data door studenten gemeten met observaties. Dit vraagt een grote tijdsinspanning en levert geen continue stroom van data op (er zitten onvolledigheden in de data). Studenten zijn geen inhoudelijke experts, kennen niet de volledige context waardoor interpretatie lastiger is en goede begeleiding essentieel is. Door experts in te zetten die ze begeleiden met de context en die zorgden voor een continue stroom van meten is het wel gelukt om goede data te verzamelen. Nu is het nog veel handwerk, de toekomst is dat dat met ICT/Sensoren gaat, zie hoofdstuk 4.

In de proeftuinen zijn met Google forms data verzameld. Door met templates te werken zijn de gegevens direct digitaal beschikbaar en kost het minder handwerk. De medewerkers kunnen eenvoudig met een telefoon of tablet de gegevens invullen, meestal doormiddel van een keuzemenu zodat er geen typefouten ontstaan en het sneller gaat. Hieronder is een voorbeeld weergegeven.

Figuur 8: Voorbeeld invulvelden via Google forms

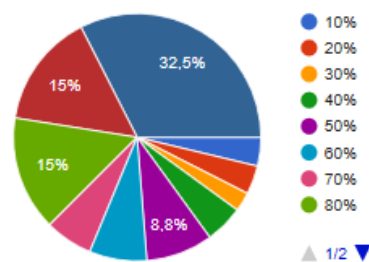
‘Simpele’ tools als Google forms zijn voor de vraag van de markt goed bruikbaar en voldoende. Er zijn geen ingewikkelde ICT-oplossingen nodig voor het op deze manier registreren van data. Het verdient aanbeveling het template na afloop van het project verder te ontwikkelen en ook bij volgende projecten te gebruiken.

Data Analyse

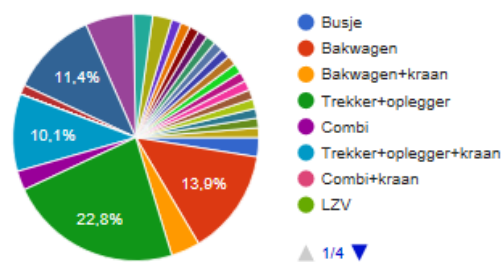
Na het invullen van de Google forms is de data geanalyseerd. In Google forms zijn de data direct inzichtelijk via diverse diagrammen. Hieronder zijn twee voorbeelden weergegeven.

Daarnaast heeft TNO in Excel een template ontwikkeld waarin de KPI's automatisch worden bepaald en waarin ook diverse data met elkaar gecombineerd is, wat Google forms zelf niet kan. Vooral nog gebeurt het invoeren van de Google forms in deze Excel handmatig. In de toekomst is de data ook te gebruiken voor de 4C Control Tower

Beladingsgraad



Transporttype

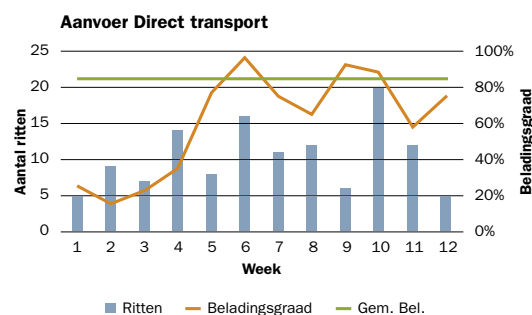


Figuur 9: Data-analyse in Google forms

waarin data uit Google forms automatisch ingeladen wordt in Excel Analyse sheet.

Visualiseren via een monitorings-dashboard

Een monitorings-dashboard biedt een continue visualisatie van de data analyse. Zo'n dashboard kent drie niveaus gerelateerd aan de bouwlogistieke beslissingen: strategisch, tactisch en operationeel. Het is beschikbaar voor alle partners in de keten. De frequentie van het gebruik van het dashboard is per niveau en partner verschillend met verschillende doelen en details. Hieronder is een visualisatie van het dashboard voor op tactisch niveau, wordt het juiste voertuig ingezet voor de juiste rit.

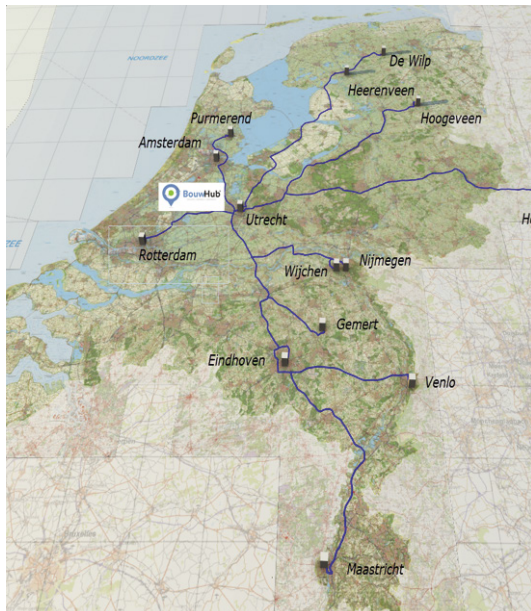


Figuur 10: Visualisatie van data

Bij de proeftuinen is een eerste handmatige versie van het dashboard toegepast. Het is vooral gebruikt om het gesprek aan te gaan met ketenpartners en voor operationele aansturing. Getallen geven vaak wel een indicatie voor verdere gesprekken, maar zijn niet direct bruikbaar voor statistische validatie. Het doorontwikkelen van het dashboard naar een continue data analyse en data visualisatie is nodig voor betere inzichten en aansturing; zie hoofdstuk 4.

2.2.2. Kwantitatieve resultaten

Tijdens het onderzoek bleek het bij sommige proeftuinen lastig om tot kwantitatieve besparingen te komen. Bij een aantal doordat er geen bouwlogistieke maatregelen waren toegepast, anderen doordat ze geen juiste medewerking kregen van het uitvoerteam. Bij het Paviljoen/Voorzetgebouw van VolkerWessels Bouwmaterieel, het Noordgebouw van Dura Vermeer en het Mariskwartier van Van Wijnen zijn goede langdurige metingen verricht die onderbouwde conclusies opleverden. Bij andere proeftuinen zijn wel metingen verricht maar was de steekproef minimaal zodat er geen harde kwantitatieve uitspraken mogelijk waren. In de bijlagen zijn van alle proeftuinen flyers opgenomen met daarin de beschrijving, de uitdagingen, de toegepaste maatregelen en de resultaten.



Figuur 11: Voorbeeld leveranciersanalyse Voorzetgebouw/Paviljoen.

Bij het Voorzetgebouw/Paviljoen is gewerkt met een BouwHub, bij het Noordgebouw met een BouwHub en dagpakketten, en bij het Mariskwartier met prefab casco en HSB gevelelementen.

Vooraf waren zo'n twintig KPI's opgesteld om te meten en in overleg met de bedrijven in de proeftuinen is bepaald welke KPI's zij relevant vonden en ook gemonitord zouden worden. Per proeftuin is dit verschillend. Vier KPI's zijn door alle drie de proeftuinen gemeten:

- beladingsgraad
- los-, laad-, en wachttijden
- afstanden en CO₂
- conform afgesproken eisen

Beladingsgraad

Analyses over de beladingsgraad geven onderbouwingen om het gesprek aan te gaan met betrokken leveranciers. Waarom komt de één tien keer op een dag op de bouwplaats met een kleine levering, welke beslissingen in de keten zitten hier achter en kan het niet efficiënter? Een ander voorbeeld is twee leveranciers die naast elkaar gevestigd zijn en beiden op dezelfde dag een beladingsgraad van 10% hebben. Vanuit het ketenregie denken is hier forse winst te behalen. Hieronder is een voorbeeld weergegeven van de leveranciers analyse vanuit de proeftuin Voorzetgebouw/Paviljoen.

Tijdens de analyse is ook gekeken naar het type rit: een directe naar de BouwHub of een rondrit. De gemiddelde beladingsgraad was 50% (bij het Noordgebouw) voor het totaal, maar bij de directe ritten lag dat percentage een stuk hoger (68%), tegen slechts 32% bij de rondritten. Op de BouwHub waren er twee trajecten voor het Noordgebouw: het 'treintje' voor de dagpakketten en een waar de hub als opslag fungeerde voor derden en leveranciers zelf het in- en uitgaande transport regelden.

Het grootste deel van de transporten was bestemd voor de dagpakketten, namelijk 82%. Dit traject had een uitgaande beladingsgraad van 84% en werden per dag 4,3 toeleveranciers uitgeleverd door de hub in een of twee ritten afhankelijk van het benodigde volume. Bij het Noordgebouw ging dagproductie boven optimalisatie van het transport, waardoor er soms een tweede rit nodig was. Bij het traject voor derden was de beladingsgraad bij de inkomende transporten 58%, en bij de uitgaande 77%. Zichtbaar is dat zonder vooraf veel aandacht te geven, bij deze stroom ook flinke besparingen zijn.

Uit de analyses blijkt onder meer dat het beter zou zijn de transporten van de installateur ook via het 'treintje' te laten lopen. Bij toekomstige projecten wordt dit zeker meegenomen. Een ander positief effect ontstaat als ritten gecombineerd kunnen worden met andere projecten in de regio.

Bij het Voorzetgebouw/Paviljoen was de inkomende beladingsgraad 66% en de uitgaande 78%. Hier is ook een bundeling zichtbaar. Bij het

Mariskwartier is niet gewerkt met een hub, wel was inzichtelijk dat de beladingsgraad erg hoog was daar er met prefab en elementen gewerkt werd, respectievelijk 87% om 77%. Naast deze twee stromen is van project deel A alle inkomende ritten geregistreerd, analyse liet zien dat de gemiddelde beladingsgraad 69% was, opgesplitst naar directe en rond ritten was het 81% om 38% beladingsgraad. Hierbij dient opgemerkt te worden dat hierin ook de prefeb en elementen stroom opgenomen zijn.

Los-, laad-, en wachttijden

Het meten op de bouwplaats zelf is, zoals eerder aangegeven, lastig. Gegevens over de laad-, los- en wachttijden op de bouwplaats zijn beschikbaar vanuit steekproeven. De gegevens over de BouwHub zijn wel continu gemonitord. Voor het Noordgebouw en het Mariskwartier is de lostijd bij de bouwplaats respectievelijk 27 minuten en 28 minuten. De lostijd op de hub bedraagt 26 minuten voor het Voorzetgebouw/Paviljoen en 11 minuten voor het Noordgebouw. Een verklaring is dat de beladingsgraad bij het Noordgebouw lager was en er minder per keer gelost hoefde te worden.



Figuur 12: Laden en lossen op de bouwplaats, bron Dura Vermeer

De wachttijd op de bouwplaats voor het transport zijn voor het Noordgebouw en Mariskwartier respectievelijk circa 9 minuten en 10 minuten. Bij het Noordgebouw is deze wachttijd nog verder verfijnd, voor ruwbouw stroom was het 12 minuten en bij de afbouw stroom maar 2 minuten. De wachttijd op de hub is slechts 3 minuten voor het Voorzetgebouw/Paviljoen en voor het Noordgebouw 4 min. De conclusie is dat de los-, laad- en wachttijden over de proeftuinen heen niet erg verschillen. Alleen de laadtijd op de hub is wel degelijk erg verschillend, dit komt doordat er bij het Noordgebouw gewerkt wordt met karren als standaard transportmiddel. In de tabel hieronder zijn de los-, laad-, en wachttijden per proeftuin weergegeven.

Het type voertuig blijkt niet van invloed op de los-, laad- of wachttijden. Langere wachttijden waren vaak logisch verklaarbaar, zoals wanneer twee betonmixers tegelijk aankwamen en er een in de weg staat van de ander. Zulke situaties zijn te voorkomen door goede communicatie. Onderzoek naar de invloed van kraanplanning leverde geen opmerkelijke zaken op.

Afstanden en emissies

In het onderzoek is ook de afstand tussen leveranciers en bouwplaats bepaald. De gemiddelde afstand bij het Voorzetgebouw/Paviljoen is 134 kilometer, het Noordgebouw 109 kilometer en bij het Mariskwartier 132 kilometer. Deze getallen zijn behoorlijk boven het sectorgemiddelde van 75 kilometer. Bij het Voorzetgebouw/Paviljoen was een grote leverancier vanuit Duitsland de verklaring van dit effect; bij het Noordgebouw bleek er sprake van veel vaste leveranciers vanuit de regio van het kantoor in de buurt van Hengelo. Bij het Mariskwartier is het opvallende dat door gebruik te maken van deze leveranciers bij deze bouwmethode de gemiddelde afstand een stuk hoger is dan bij traditioneel. Een inschatting van de afstand gebaseerd op welke leveranciers zouden leveren

	Lostijd Bouwplaats	Wachttijd bouwplaats	Laadtijd Hub	Lostijd Hub	Wachttijd Hub
Voorzetgebouw/Paviljoen	-	-	32	26	3
Noordgebouw	27	9	8	11	4
Mariskwartier	28	10	-	-	-

Tabel 3: Los-, laad-, en wachttijden per proeftuin, tijden in minuten

bij een traditionele bouwwijze was 50 kilometer. Daar er dan meer lokaal ingekocht kon worden. Door goede afspraken te maken over alle projecten heen en vaker lokaal in te kopen neemt het aantal afgelegde kilometers flink af en de daarmee de CO₂ uitstoot. Het VERSIT+ model⁷ van TNO kan op basis van de kentekens van de voertuigen, het type wegvak en het moment van rijden (in of buiten de spits) bepalen wat de emissie van elke rit is.

De besparingen in kilometers en CO₂ is per proeftuin in de tabel hieronder weergegeven. Overigens gelden deze getallen bij het Voorzetgebouw/Paviljoen en Noordgebouw voor de gehele afbouwfase en bij het Mariskwartier voor twee trajecten in de ruwbouwfase. Het Mariskwartier heeft gewerkt met casco prefab en HSB elementen, waardoor is aangetoond dat de besparing met prefab en HSB elementen flink kan zijn.

Mogelijk opvallend is dat de procentuele besparingen van de kilometers en de CO₂ uitstoot verschillen, doordat er met verschillende type vrachtwagens gereden is met bijbehorende emissies zijn deze verschillen te verklaren. Het traject van hub naar de bouwplaats is bijvoorbeeld met een kleine en lagere emissies uitgevoerd dan de inkomende stroom naar de hub toe.

Conform afgesproken eisen

Leveren conform de afgesproken eisen staat voorop: het juiste materiaal aanleveren in de juiste hoeveelheid, met het juiste vervoermiddel en op het juiste moment. Regelmatig bleek er niet conform eisen te zijn geleverd, maar werd dit praktisch opgelost door meestal af te stemmen met de coördinator. Hier zijn nog wel verbeteringen te behalen. Uitgebreide analyse op deze gegevens heeft niet plaatsgevonden, ze waren wel erg belangrijk in de gesprekken met de leverancier als voorbeeld casus.

Reductie in ritten

Door een aantal KPI's te combineren wordt inzichtelijk wat de totale reductie in ritten is geweest voor de betreffende proeftuinen.

Voor het Voorzetgebouw/Paviljoen, Noordgebouw en Mariskwartier is een reductie in ritten van

respectievelijk 47%, 66% en 79% behaald. Dat leverde flinke besparingen op. Bij het Voorzetgebouw/Paviljoen en Noordgebouw is dit gerealiseerd door te werken met de BouwHub. Bij het Voorzetgebouw/Paviljoen is 9% van alle ritten via de hub gegaan. Voor het Noordgebouw is dit tussen de 18% en 47%, afhankelijk van de fase van de afbouw. Dit is sowieso hoger dan bij het Voorzetgebouw/Paviljoen. Een verklaring hiervoor is de medewerking van de bouwer/uitvoerder op de bouwplaats zelf, het tijdig betrekken van de leveranciers en afspraken maken over het werkproces. Een andere verklaring hiervoor is dat de afspraken om (verplicht) gebruik te maken van de BouwHub niet nagekomen zijn.

Bij het Noordgebouw is het interessant om een onderscheid te maken in de twee trajecten van de dagpakketten en het derden (één-op-één doorzetten van leveringen via de BouwHub) traject. Er is zowel vooraf als tijdens de bouw sterk ingezet op het traject dagpakketten met als gevolg een reductie in ritten van maar liefst 77%. Bij het derden traject zonder toepassing van samenstellen van dagpakketten was de reductie toch al 19%. Zo laten de cijfers zien dat alleen al de BouwHub flinke besparingen kan opleveren en dat die verder oplopen eventueel in combinatie met de dagpakketten.

Arbeidsproductiviteit

Binnen de KPI 'Arbeidsproductiviteit' is een analyse gemaakt van de tegelzetter en wandenbouwer van Noordgebouw. In beide gevallen is een traditionele werkdag op een regulier project vergeleken met de werkdag op de hub. In het geval van Noordgebouw bleek op een werkdag 'in ideale omstandigheden' voor beide onderaannemers 2,3 tot 3 uur te besparen te zijn, wat extrapoleert naar 32k a 38k euro op jaarbasis.

Hierbij moet worden aangetekend dat de definitie van traditionele versus geoptimaliseerde productiviteit lastig is vast te stellen. Bovendien hangen de mogelijkheden voor verbetering van productiviteit mede af van onderlinge verbanden:

- Ingerepen in arbeid zijn afhankelijk van hoe arbeid is aanbesteed; materiaal en arbeid zijn vaak in één hand.
- Verbeteringen in arbeid vergen ook andere werkwijze en keuzes van materieel zoals liften

	Bespaarde km	% km besparing	Bespaarde CO ₂	% Bespaarde CO ₂
Voorzetgebouw/Paviljoen	12.770	25%	21 ton	40%
Noordgebouw	187.466*	84%*	196 ton*	87%*
Mariskwartier	60.564	49%	43 ton	52%

* alleen de stroom van het treintje met dagpakketten is meegenomen

Tabel 4: Bespaarde kilometers en CO₂ per proeftuin

7 Bron: https://www.tno.nl/media/2451/lowres_tno_versit.pdf

en kranen; dat is organisatorisch niet altijd haalbaar op de bouwplaats.

- Het werk van onderaannemers loopt door elkaar; wil je het werk van een onderaannemer optimaliseren, dan moet dat ook bij andere onderaannemers.
- Veel onderaannemers hebben geen inzicht in de eigen arbeidsproductiviteit en hoge werkdruk verhindert invoering van innovaties in arbeid.
- Uit handen geven van materiaalleveringen via een hub of een andere oplossing zoals tussenopslag vergt extra handelingen en kan contraproductief uitwerken.

Na alle analyses blijkt dat er heel veel data verzameld en geanalyseerd kan worden, maar dat goed nagedacht moet worden over welke data nodig is om wat ermee te bereiken. En dat tijdig al een analyse gedaan moet worden om te zien of wel de juiste data verzameld wordt zodat het meten bijgestuurd kan worden. Oftewel de Plan Do Check Act cycle uit hoofdstuk 1.

2.2.3 Kwalitatieve resultaten (Lessons learned)

Uit de proeftuinen blijkt dat gedragsverandering essentieel is om bouwlogistiek echte stappen te zetten. Dat vraagt om goede communicatie. Het maar 'half' toepassen van bouwlogistieke oplossingen leidt tot niets. Opvallend is dat soms halverwege een bouwproject wordt teruggevallen op een traditionele aanpak, terwijl er goed uitgewerkte plannen waren voorbereid. Dit gebeurde bijvoorbeeld op bouwplaatsen waar genoeg ruimte was voor opslag of bij proeftuinen waar de uitvoerder het belang van bouwlogistiek niet zag. Dat rijst de vraag op of partijen wel de goede afspraken hebben gemaakt en verantwoordelijkheden juist belegd. Een uitvoerder moet die niet kunnen overrulen.



Figuur 13: Bouwlogistiek

Tijdig naenken over bouwlogistiek

Tijdens de tenderfase moeten betrokken partijen al over bouwlogistiek nadenken om het tot een succes te maken. Zo is het nodig de onderaannemers in een vroegtijdig stadium te betrekken bij de uitwerking van de aanpak, waarbij naar zowel materiaal, materieel, als ook personeel wordt gekeken. In de bouwlogistieke voorbereiding is het van belang elk detail al vroeg in het proces door te

nemen met uitwerking naar inkoop en bouwtekeningen. Dit geldt ook voor het evalueren van verschillende opties voor de uitvoering, inclusief de kansen voor prefab en kitting. Een goede bouwlogistiek begint met een analyse van alle belanghebbenden inclusief omwonenden, lokale overheid en andere bouwprojecten met een multi actor-multi criteria analyse voor draagvlak. De lokale overheid denkt doorgaans graag constructief mee over de ondersteuning van slimme en schone bouwlogistiek met bijvoorbeeld verkeersmaatregelen.

Ketensamenwerking is niet vanzelfsprekend. De rol van inkoop is leidend omdat de logistieke kosten nu nog meestal zijn inbegrepen in de inkoopprijs van materiaal en materieel of in de onderaannemersom. De 'extra' bouwlogistiek geeft additionele kosten. Bij alle proeftuinen was er discussie over de verdeling van de lusten en lasten en de risico's die meer afhankelijkheid en complexiteit betekenen. De partijen hebben elk hun eigen doelen en belangen. Ook de beloningsstructuur en contractvorm van de bouw spelen een rol.

Ook het bouwteam, werknemers, onderaannemers, opzichters, opperaars, andere vakmensen en meer dienen ook tijdig bij het proces te worden betrokken. Zij weten hoe het op de bouwplaats werkt en kunnen praktische ideeën aandragen. Het belang van de gekozen maatregelen toelichten leidt ertoe dat zij zich mede verantwoordelijk voelen voor een succesvolle uitvoering. Door ze vroegtijdig te betrekken, wordt ook draagvlak gecreëerd.

Een voorbeeld dat in de proeftuinen voorbij kwam was dat er werd gewerkt met breedplaatvloeren die 10 centimeter te breed waren voor normaal transport en waardoor er exceptioneel transport nodig was met de navenante tarieven. Bij navraag waarom de delen zo breed waren bleek dat er eigenlijk geen reden voor was: het stond zo in de tekeningen. Dat bevestigde opnieuw de noodzaak (bouw)logistieke partijen en personen al vroeg in het traject te betrekken.

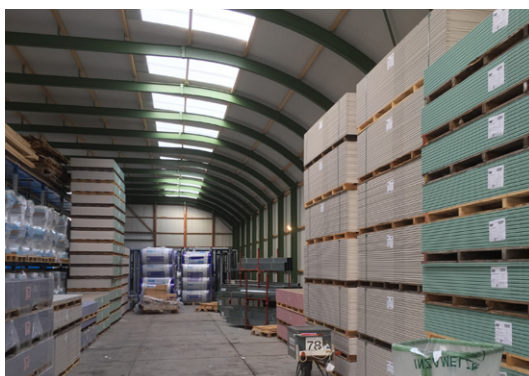
Informatiesystemen en BIM

Een logistieke medewerker op de bouw leidt tot een betere coördinatie, goede doorstroming en meer betrokkenheid van alle partners bij het project. De ondersteuning met informatietechnologie voor de tactische en operationele planning is onvoldoende. Onder meer de koppeling met de bouwkraanplanning, een kritieke capaciteit op de bouwplaats, is te statisch. Daardoor wordt nu te veel slack ingebouwd in de planning, wat inefficiënt is en tot onnodige vertragingen en daarmee faalkosten leidt. Ook zonder 'bouwticket' konden leveranciers probleemloos afleveren er bleek voldoende speelruimte in de planning te zitten. De logistieke medewerker kan nog beter functioneren, met goede informatiesystemen.

Daarnaast is de bouwlogistieke planning erg arbeidsintensief en wijzigingen in planning en uitvoering worden vaak nog handmatig doorgegeven en verwerkt. Ondersteuning via ICT-systemen is daarom noodzakelijk. Een directe link met BIM is wenselijk, in hoofdstuk 4 wordt hier verder op ingegaan.

BouwHubs en runners

De ervaringen met de BouwHubs bij de proeftuinen zijn unaniem positief; je hebt je materiaal dichtbij, je kunt het makkelijker op volgorde zetten, voorwerk doen en in een overkapte BouwHub kun je tijdens slechte weersomstandigheden doorwerken. Transporteurs hebben minder wachttijd, zijn eerder aan de beurt en hoeven niet het drukke centrum van steden in. Tegenover de positieve ervaringen staat wel de onduidelijkheid over verdeling van lusten en lasten. Dit komt in paragraaf 2.3 aan de orde.



Figuur 14: BouwHub van binnen

De ervaringen met runners/opperaars (medewerkers die zorgen dat de materialen op de juiste plek op de bouwplaats terecht komen) zijn positief, maar vergt veel aandacht en voorbereiding. Het concept werkt goed in combinatie met een BouwHub of bij leveranciers die de krachten bundelen. Essentieel is bouw kennis om faalkosten te voorkomen; hoe moet je omgaan met materiaal? Runners ondersteunen een efficiënter gebruik van kranen en liften door buiten spijstijden op de

bouwplaats materiaal en materieel te verplaatsen. Bij inkoop moet je het zien als vakwerk en niet alleen op de laagste prijs inkopen; wie betaalt de extra kosten?

Overige observaties

Het parkeren van personeel is onderdeel van de bouwlogistiek. Verschillende mogelijkheden zijn getest, zoals als een parkeerverbod op de bouwplaats, stimuleren van openbaar vervoer, parkeerplek verderop, de inzet van busjes en carpoolen. Hier is nog ruimte voor nader onderzoek waarbij de vakmensen betrokken zijn; welke oplossingen zien zij zelf?

Bij repeterend werk (meerdere verdiepingen, identieke eisen) zijn bouwlogistieke maatregelen makkelijker toe te passen en effectiever. Met name bij duurder woningen stellen eigenaren veel individuele eisen aan de afwerking en hebben soms zelfs hun eigen onderaannemers die elk weer hun eigen bouwlogistiek organiseren, waardoor maatregelen lastiger zijn toe te passen.



Figuur 15: repeterend werk op het Mariskwartier van Van Wijnen

2.3 ZIJN SUCCESVOLLE BOUWHUBS OOK RENDABEL?

De BouwHub is een locatie aan de rand van de stad waar alle benodigde bouwmaterialen naar toe worden gebracht. Op de hub worden dagproductiepakketten samengesteld die met zuinige wagens naar de bouwlocatie worden vervoerd. 'Runners' zorgen ervoor dat alle pakketten op de juiste plek komen, wat het werken sneller en efficiënter maakt. Een ander groot voordeel is dat er op de vaak krappe bouwplaats veel minder bouwmaterialen en voertuigen zijn en er meer ruimte overblijft voor het eigenlijke werk. Dit komt ook ten goede aan de veiligheid op de bouwplaats. Werknemers parkeren op de hub en reizen dan samen in een busje naar de bouwlocatie. Ze kunnen direct aan de slag aangezien alles op hun werkplek al klaar staat. De busjes nemen op de weg terug afval van de bouwplaats mee naar de hub.

In dit hoofdstuk zijn de lessons learned uit de praktijk van de BouwHub weergegeven. Hoe zijn de hubs effectief en kostenverlagend in te zetten?

De afgelopen jaren is een aantal succesvolle toepassingen gerealiseerd met BouwHubs (zie bijvoorbeeld het TNO eindrapportage TKI-4C in bouwlogistiek).

Lessen uit Utrecht

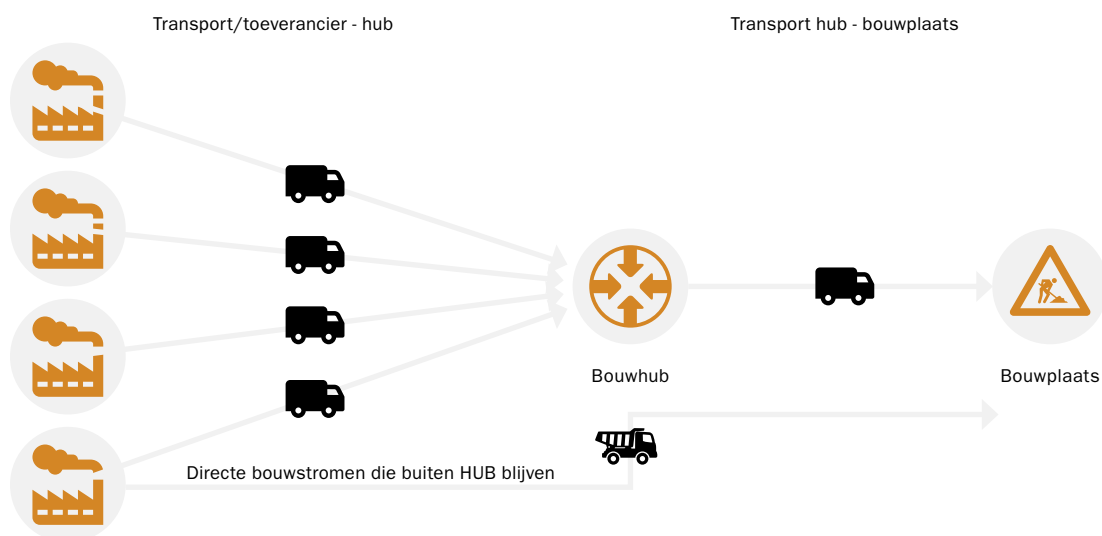
Het nieuwbouwproject de Trip werd door VolkerWessels Bouwmaterieel en bouwbedrijf Boele & van Eesteren met de inzet van een BouwHub aan de rand van Utrecht gerealiseerd. TNO en studenten van de hogescholen in Rotterdam en Utrecht hielden 28 weken het bouwproces nauwlettend in de gaten. Hieruit bleek dat de BouwHub van VolkerWessels Bouwmaterieel veel beter scoort dan 'traditionele'

bouwlogistiek als het gaat om het aantal transporten naar de bouwplaats, de uitstoot van schadelijke gassen, tijdsduur van bouwactiviteiten, besparing van bouwmaterialen en overlast voor de omgeving.

De inzet van de BouwHub resulteert bijna 70% aan vrachtwagenkilometers. Hierdoor is er een vergelijkbaar percentage besparing op transportkosten mogelijk. Ook werknemers maakten gebruik van de BouwHub; ze parkeerden daar en reisden vervolgens samen in een busje naar de bouwlocatie. De busjes namen op de weg afval van de bouwplaats mee terug naar de hub. Winst voor het milieu: door inzet van een BouwHub vermindert de CO₂ uitstoot door transport en personenvervoer met bijna 70%.

BouwHubs zijn goed bereikbare distributiefaciliteiten aan de rand van steden of grote bouwprojecten, waar leveringen van allerlei soorten bulkmateriaal worden ontvangen, opgeslagen en vervolgens goed gepland vervoerd naar bouwplaatsen. De materialen worden in de BouwHub gecontroleerd om er zeker van te zijn dat ze conform specificatie en zonder schade zijn. Via de hubs zijn materialen tegelijkertijd voor meerdere bouwlocaties in de stad aan te leveren. BouwHubs kunnen ook retourstromen verwerken. Ze bieden een uitkomst bij vaak moeilijk bereikbare bouwprojecten in binnenstedelijk gebied, waar de ruimte op de bouwplaats beperkt is en de overlast voor de omgeving groot.

Niet alleen in Nederland, maar ook in andere landen zijn er voorbeelden van succesvolle toepassingen van BouwHubs vanuit onder meer het Europese SUCCESS-project, het CIVIC-project



Figuur 16: Logistieke keten met BouwHub.

en ervaringen met twaalf grootschalige BouwHubs en vervoer over water in Londen. Deze ervaringen zijn ook verwerkt in dit hoofdstuk.

De BouwHubs bieden waardevolle logistieke diensten, operationele voordelen in het bouwproces en meer duurzaamheid (zie tabel 6).

Aan de hand van informatie uit de inkoopcontracten, logistieke kengetallen en aannames over het bouw- en bouwlogistieke proces zijn de te verwachten kosten en baten van de exploitatie van een BouwHub (inclusief alle daarbij behorende maatregelen) vergeleken met een kostenanalyse van een traditioneel uitgevoerde bouwketen. Deze aannames en logistieke kengetallen zijn gedistilleerd uit de vele (student)onderzoeken die in dit project zijn gedaan en eerdere bouwlogistieke projecten. Met name de onderzoeken naar de invloed van het werken met de BouwHubs op de arbeidsproductiviteit op een bouwplaats hebben daarbij waardevolle inzichten opgeleverd.

De 'business case' achter de BouwHub

Hieronder staat de kostenberekening van het gebruik van een BouwHub. Het leveringsproces

van een dergelijke oplossing bestaat uit het transport van het laadperron van de leverancier naar de bouwplaats via een BouwHub of rechtstreeks, de afhandeling van materialen in magazijnen en hubs en de daadwerkelijke opslag. Dit logistieke proces is onderverdeeld in vijf subprocessen; (1) direct transport naar bouwplaats, (2) transport naar BouwHub, (3) operaties in de BouwHub, (4) transport vanuit de BouwHub naar de bouwplaats en (5) het interne logistieke proces op de bouwplaats. Deze subprocessen zijn uitgesplitst in hun overeenkomstige activiteiten. Hieruit kunnen gebruikte middelen en kostendrijvers worden geïdentificeerd en beheerd. Activity Based Costing is een aanpak die zich hiervoor leent. De kosten van het gebruik van een bouwlogistieke oplossing zijn te formuleren als figuur 17⁸:

Nieuwe dienstverlening

- Materialen die onder gecontroleerde omstandigheden worden bewaard
- Zichtbaarheid van voorraden voor afroep
- Eén contactpunt voor materialen
- Betere controle en zichtbaarheid van de goederenstroom
- Snelle reactie op dringende verzoeken
- Mogelijkheid om extra bewerking buiten de bouwplaats uit te voeren; pre fab, voormontage en kitting
- Minder schade en verspilling door minder handling
- Minder transportbewegingen naar de bouwplaats

Operationele voordelen

- Lagere transportkosten door minder vrachtbewegingen van bulkkladingen met BouwHub's aan de rand van de stad
- Mogelijkheden voor inzet aanvoer via de binnenvaart
- Beter gebruik van kranen en intern transportmaterieel op de bouwplaats
- Sneller afhandelen van vrachtwagens: minder wachttijden
- Beschikbaarheid van materialen betekent minder tijd en ruimte op de bouwplaats
- Minder schade
- Minder verlies van voorraden door teveel bestellen
- Gebruik vrachtwagens voor ook retourstromen
- Minder verpakkingskosten

Meer duurzaamheid

- Minder kilometers vrachtverkeer
- Minder afval en verspilling van materialen
- Minder voertuigen betekent minder bouwverkeer: minder congestie en meer veiligheid
- Minder voertuigemissies, geluid en vervuiling
- Minder omgevingshinder
- Mogelijke inzet van vervoer over water bij aanvoer en levering aan bouwplaats

Tabel 5: Voordelen van de inzet van een BouwHub

$$C_L = C_{DT} + C_{TC} + C_{CLC} + C_{FC} \quad (1)$$

where;

$$C_{DT} = \text{Cost of direct transports} = C_{\text{Loading}} + C_{\text{Admin}} + C_{\text{Transport}} + C_{\text{Piloting}} \quad (2)$$

$$C_{TC} = \text{Cost of transport to CLC} = C_{\text{Loading}} + C_{\text{Transport}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} C_{CLC} = \text{Cost of CLC operations} \\ = C_{\text{Warehousing}} + C_{\text{Receiving}} + C_{\text{Inspection}} + C_{\text{Registration}} + C_{\text{Storing}} + C_{\text{Relocation}} \\ + C_{\text{Planning}} + C_{\text{Picking}} + C_{\text{Sequencing}} \quad (4) \end{aligned}$$

$$C_{FC} = \text{Cost of transport from CLC} = C_{\text{Loading}} + C_{\text{Announcing}} + C_{\text{Transport}} \quad (5)$$

Figuur 17: Voordelen van de inzet van een BouwHub

Naast de kosten van het logistieke proces van het gebruik van een BouwHub zijn ook de baten van belang. Deze zijn in kaart te brengen door voor de vijf verschillende subprocessen de delta te bepalen tussen het traditioneel uitvoeren van bouwlogistiek (alles direct leveren en verwerken op de bouwplaats) en het gebruik van een BouwHub. Deze delta's zijn per subproces bepaald en leveren de "baten" van het werken met een BouwHub.

Voor een betrouwbaar rekenmodel voor de bouwlogistiek is inzicht in de operationele activiteiten nodig, maar ook in de productiviteit van de bouwprocessen zelf. Om een valide rekenmodel voor de BouwHub te maken, is het noodzakelijk om betrouwbare informatie te verkrijgen van de partners in de bouwketen. De hierboven gedefinieerde kostenvergelijkingen in combinatie met de gedetailleerde uitsplitsing kunnen worden gebruikt om meer inzicht te krijgen in de kosten en opbrengsten van de BouwHub. Het is verder te gebruiken als een hulpmiddel om de processen van de BouwHub te verbeteren, de kosten te analyseren en om te zien of het tarief per activiteit moeten worden bijgewerkt.

Als uitgangspunt voor de kostenanalyse van een BouwHub is de afbouwfase genomen. Hierbij verzorgt de hub de logistieke keten voor één of meer bouwprojecten. Er is een maandelijks kostenberekening gemaakt van alle vaste en variabele kosten in de keten van het transportproces vanaf leverancier naar BouwHub, het interne logistieke proces op de BouwHub, het transportproces van BouwHub naar bouwplaats en het interne logistieke proces op de bouwplaats. Figuur 18 geeft een overzicht van een voorbeeld kosten-batenanalyse, zoals uitgewerkt voor de hub van VolkerWessels Bouwmaterieel in Utrecht. De schaal is vanwege de vertrouwelijkheid van de informatie weggelaten.

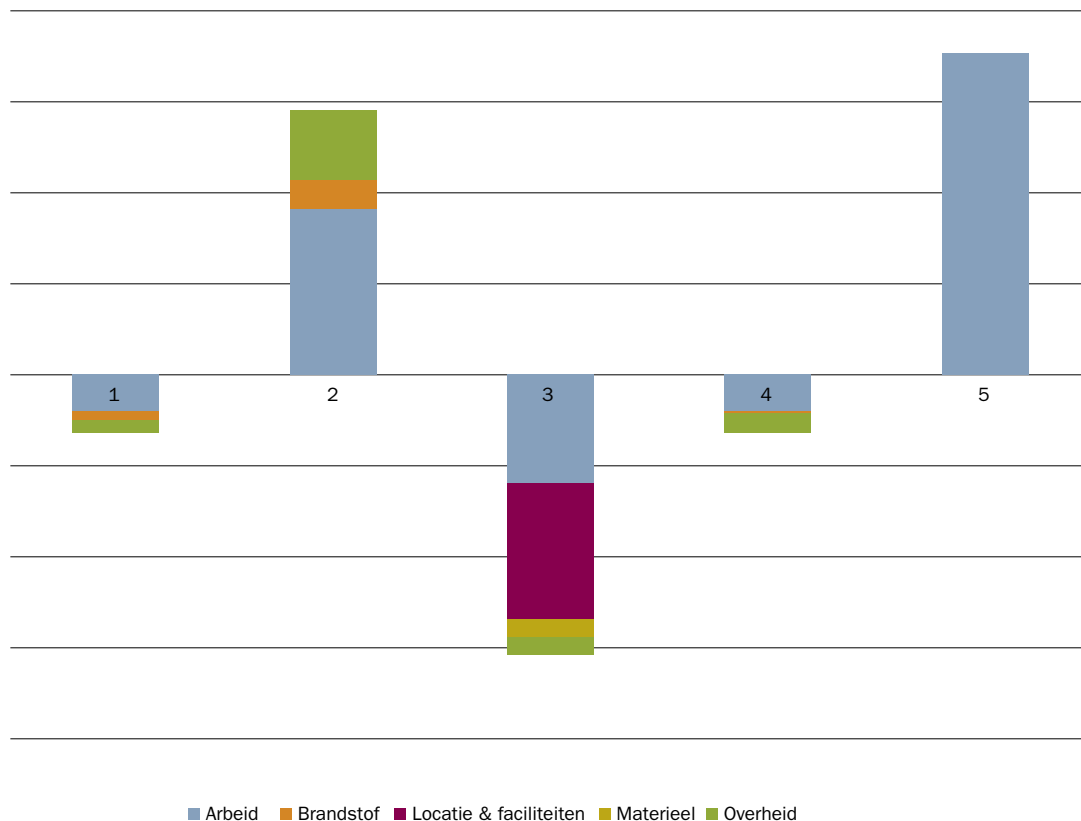
Dit kosten-batenoverzicht is gebaseerd op een scenario dat de BouwHub vijf middelgrote bouwprojecten ondersteunt. In dit rekenvoorbeeld is te zien dat de extra kosten van opslag en overslag op de BouwHub en het extra transport tussen BouwHub en bouwplaats worden gecompenseerd door de besparingen die voortkomen uit een

sneller en efficiënter transportproces tussen toeleverancier en BouwHub en een sneller en productiever bouwproces en logistiek proces op de bouwplaats. Het omslagpunt is steeds afhankelijk van de situatie: grootte van het bouwproject, beschikbare ruimte op en bereikbaarheid van de bouwplaats. De grootste besparing ligt overigens vaak in het versnellen van de totale doorlooptijd van de afbouwfase, dat wil zeggen eerder opleveren dan gepland of in ieder geval geen vertraging oplopen. Deze potentiële besparing is hier nog buiten beschouwing gelaten.

Inzicht in ketenkosten

Bouwbedrijven zien de BouwHub vaak als extra kostenpost in het bouwproces omdat er een schakel in de keten bijkomt. Dat zou natuurlijk tot extra kosten leiden die ergens anders in de keten moeten worden terugverdiend. De vraag is dan ook bij welke schaal (omvang van bouwstromen over bouwprojecten) een BouwHub tot een kostenbesparing in het gehele bouwlogistieke proces leidt. Daarbij speelt een aantal uitgangspunten en aannames een rol. Ten eerste gaat het niet uitsluitend om het werken met een BouwHub, maar is het juist de combinatie van verschillende bouwlogistieke maatregelen die leiden tot een efficiënter en effectiever logistiek proces. Dat zijn bijvoorbeeld een bouwticket systeem, werkpakketten samenstellen op de BouwHub die zorgvuldig zijn afgestemd op de dagelijkse productie op de bouwplaats, de inzet van runners op de bouwplaats voor het opperen en gecombineerd inkopen over projecten heen. Ten tweede is het belangrijk dat de mogelijke besparingen in het bouwproces, door het verbeterde logistieke proces, worden meegenomen in de integrale kostenberekening.

Transparantie is belangrijk omdat de BouwHub zal leiden tot een andere verdeling van de logistieke kosten. Daarbij is van belang wie extra kosten maakt voor de exploitatie van de hub en wie van de voordelen profiteert. In de huidige praktijk heeft elke partij in een bouwproject een deel van zijn budget toegewezen aan de logistieke activiteiten, zoals transportkosten van de leveranciers naar de bouwplaats, verplaatsing van materialen op de bouwplaats, managementtijd voor logistieke taken. Bij een BouwHub maken deze kosten deel uit van

Kosten-baten overzicht Bouwhub

Figuur 18: Rekenvoorbeeld kosten-batenanalyse BouwHub

een gemeenschappelijk budget voor de BouwHub. Betrokken partijen moeten daarom vóór het begin van een project hierover afspraken maken om discussies te voorkomen wie de logistieke kosten tijdens het project moet dragen.

Samen plannen

Bij het werken met BouwHubs maken wantrouwen en achterdocht plaats voor samenwerking en transparantie in de keten. Als partijen de kaarten tegen hun borst houden dan gaat samenwerking niet lukken. In plaats daarvan delen partijen juist informatie om daar allemaal beter van te worden. Samenwerking is essentieel omdat de inrichting van een BouwHub een gemeenschappelijk planningsproces vereist, waarin de bouwbedrijven zich committeren aan de bouwlogistieke taken die ze hebben afgesproken. Deze taken bepalen de noodzakelijk capaciteiten, en daarmee de kosten, in de BouwHub: mensen, materieel en ruimte. De gemeenschappelijke kosten kunnen dalen als het proces op hub goed is georganiseerd. Tegelijkertijd hebben de bouwbedrijven het voordeel dat ze zich nu kunnen concentreren op hun kernactiviteiten, hun productiviteit op de bouwplaats verbeteren en daarmee op de lange termijn hun concurrentievermogen. Vooraf moeten de deelnemende bedrijven ook afspraken maken over de verantwoordelijkheid voor de materialen en verzekeringskwesties.

Informatie delen

De inzet van BouwHubs betekent werken met nieuwe informatiestromen. Er komt informatie beschikbaar over de materiaalstromen tussen de leverancier, de BouwHub en de bouwplaats (materiaalprognose om de BouwHub activiteiten te plannen), de leveringsplanning (vooruitblik van een week), de leveringen die onderweg zijn en de urgentie hiervan. Er is informatie nodig over de voorraadniveaus in de keten, met nauwkeurige stuklijsten voor de dagelijkse, gecombineerde leveringen. Daarnaast is informatie nodig over de kraanplanning, de vlekkenplannen (waar moeten de runners leveren), de inzet van de vrachtwagens vanuit de BouwHub en de bezetting van opstelplaatsen.

Er zijn nieuwe ICT-systemen nodig om al die informatiestromen te beheren. Op dit moment ontbreekt het nog aan goede ondersteunende informatiesystemen in de bouw. Innovaties op dit gebied zijn absoluut noodzakelijk voor een goede ketenregie en succesvolle bedrijfsvoering van de BouwHub en de integrale bouwlogistieke keten. Daarover gaan de hoofdstukken 4 en 5.

Schaalgrootte voor lage kosten

Er is schaalgrootte nodig voor een rendabele exploitatie van de BouwHub. Daarvoor is betrokkenheid en ondersteuning nodig van enkele grote

bouwprojecten. De voornaamste meerwaarde van de BouwHub ligt in de afbouwfase met vele leveranciers en veel kleine tijdskritische zendingen. De bouw mag natuurlijk niet stilvallen als er een onderdeel ontbreekt van badkamer, keuken of elektra.

Er zijn verschillende modellen denkbaar voor het opereren van BouwHubs: de bouwbedrijven richt zelf een hub in voor een of meer projecten in een regio, ze werken samen bij de inrichting van een regionale hub, de bouwgroothandel verleent logistieke diensten aan de hub en de BouwHub uitbesteden aan professionele logistieke dienstverleners.

Overwegingen bij het uitbesteden van de BouwHub aan derden zijn:

- Concentratie op kernactiviteit: Wanneer een bedrijf de logistiek door een deskundige derde laat doen, kan het zich beter concentreren op waar het goed in is. De logistiek dienstverlener of groothandel kan nieuwe logistieke concepten introduceren of de dienstverlening verbeteren die de afzetmarkt vergroten en voor nieuwe klanten zorgen.
- Minder zorgen en risico's: de logistiek dienstverlener zorgt voor het inhuren van personeel. Wel moet de opdrachtgever erop toezien dat de dienstverlener zijn afspraken nakomt.
- Financieel voordeel: uitbesteden maakt investeren in transportmiddelen en logistieke faciliteiten overbodig. Verder hoeft het bedrijf minder rekening te houden met overcapaciteit omdat de dienstverlener vaak voor meer bedrijven werkt. Een piek is makkelijker op te vangen.
- Zicht op logistieke kosten: wanneer het bedrijf de logistiek zelf organiseert, zijn de kosten ervan vaak verborgen. Bij uitbesteding betaalt het alleen voor de benodigde logistieke activiteiten en zijn de kosten inzichtelijk.

In de waardeketen van de bouwsector moet de positie van elke speler duidelijk vooraf zijn gedefinieerd: hoofdaannemer en bouwbedrijven moeten zich concentreren op hun kernactiviteiten, namelijk de bouwprocessen. Dat lijkt vanzelfsprekend gezien het tekort aan geschoolde werknemers in de bouw. Logistieke bedrijven of groothandels kunnen geschikte partners zijn om de bouwbedrijven te helpen hun logistiek opnieuw in te richten en efficiënter en groener te maken. Samenwerking met producenten van bouwmaterialen ligt hier voor de hand.

De juiste locatie

De locatie van de BouwHub dient goed bereikbaar te zijn en in de nabijheid van de bouwplaats(en) te liggen zodat de congestie minimaal is. Een belangrijk voordeel is het transport van de leverancier naar de hub: vollere vrachtwagens,

minder wachttijden. In de toekomst wordt de bereikbaarheid over water belangrijk, zowel voor de aanvoer als het transport naar de bouwplaats.

De rol van inkoop

Bij de inkoopactiviteiten worden afspraken gemaakt met onderaannemers, groothandel, logistiek dienstverleners en leveranciers. Door materialen en informatiestromen te consolideren, kan de BouwHub essentiële gegevens aan de inkoopafdeling leveren om de inkoop te optimaliseren. Door consolidatie van volumes van verschillende projecten is een betere tactische materiaalvoorspelling mogelijk en heeft het bedrijf een betere onderhandelingspositie. Ook voor de leveranciers zijn er voordelen als zij inzicht hebben in de te verwachten volumes en de afroepen beter over de tijd zijn te spreiden.

Informatie over verschillende bouwprojecten heen ondersteunt inkopers bij de ontwikkeling van strategische allianties met leveranciers. Er zijn voordelen te behalen door afstemming van de bouwprocessen in de keten, tactische en operationele planning en besturing, informatie-uitwisseling en besluitvorming in een 'total cost of ownership' en later assetmanagement. Ketensamenwerking stopt niet bij enkel de logistieke kostenvoordelen.

Een toekomstvast verdienmodel

Om duurzaam te zijn moeten de BouwHubs voldoende materiaalstromen beheren en zicht hebben op nieuwe projecten op de langere termijn. Net als bij elk nieuw bedrijf is er een aanlooptijd nodig voordat het break-even-punt is bereikt. Schaalgrootte is essentieel om op de lange termijn duurzaam te zijn. Het huidige verdienmodel gaat veranderen. Van het begroten van een enkel project voor een enkele aannemer gaat het straks om naar uiteenlopende projecten waarbij meer bouwbedrijven zijn betrokken.

Rol van de overheid

De overheid, als opdrachtgever of vergunningverlener, kan een regulerende, stimulerende en faciliterende rol spelen bij het stimuleren van die nieuwe oplossingen en het waarborgen van hun duurzaamheid. De BouwHubs moeten onderdeel zijn van de regionale en lokale planning door rekening te houden met de toekomstige stedelijke ontwikkeling en het toewijzen van bedrijventerreinen voor die activiteiten. Voor elk project opnieuw op zoek naar een nieuwe locatie is dan verleden tijd. Londen heeft bij het stimuleren van slimme en schone stadslogistiek een actieve rol; bij bouwprojecten zijn logistieke plannen vereist, anders krijgt de bouwer geen vergunning.

Inzicht in operationele prestaties

Er zijn afspraken nodig over het bijhouden van gegevens over de operationele logistieke prestaties, zodat een analyse van het integrale logistieke

City-Barging: vervoer over water in Amsterdam

Om de bouwlogistiek nu en in de toekomst duurzaam, slim en schoon te organiseren, heeft bouwbedrijf de Rutte Groep het concept 'City-Barging' bedacht. Het concept bestaat uit verschillende fases.

In de eerste fase gaat het vervoer van bouw materiaal naar de binnenstad over water, met een 100 procent elektrisch vrachtschip. Dat is volgens de Rutte Groep tien maal efficiënter dan met vrachtwagens.

De tweede fase is het verzamelen en opslaan van de bouwmaterialen in een 'hub', een knooppunt waarvandaan de materialen verder worden vervoerd. Daar staat ook een productie-eenheid voor het maken van duurzaam beton, een ander innovatief project van de Rutte Groep, waarbij oud beton cement wordt hergebruikt.

Fase drie is het verdere vervoer van het materiaal naar de bouwlocatie, over het water in een 100 procent elektrische compacte vrachtboot.

Een elektrisch aangedreven kraan zorgt in de vierde fase voor het overzetten van het materiaal van de boot naar een locatie vlakbij de bouwactiviteit. De laatste fase is het vervoer door compacte 'last mile' voertuigen voor het finale stukje transport. Het voertuig lijkt op een vrachtwagen, maar is speciaal hiervoor ontwikkeld en 100 procent elektrisch.

Het concept 'City-Barging' is ontwikkeld voor de prijsvraag 'Slimme en schone bouwlogistiek', uitgeschreven door Amsterdam Economic Board.



proces mogelijk is. Daaruit blijkt de kosten beheersbaar zijn en alle partijen zich aan de afspraken houden.

Inzicht in de gehanteerde prijsopbouw maakt het mogelijk te analyseren welke kostenbesparing mogelijk is op inkoopcontracten en bij welke partij in de bouwlogistieke keten investeringen en baten liggen. Dit inzicht maakt het voor de exploitant van een BouwHub eenvoudiger de partners in de keten duidelijk te maken wat de toegevoegde waarde van de hub is.

Sociale innovatie

De introductie van BouwHubs vereist nieuwe vaardigheden op het gebied van bouwlogistiek en supply chain management. Partijen in de bouwketen moeten samen veel meer coördineren. Dit betekent dat andere organisatorische relaties ontstaan, waarbij communicatie en transparantie centraal staan. Voor alle betrokken partijen betekent dit openstaan voor samenwerking.

Conclusie

Ketenoptimalisatie begint bij inzicht in de prestaties van de gehele keten en met name de kosten. Op basis van een reëel en open beeld van kosten en baten over de verschillende schakels zijn afspraken te maken over het toepassen van bouwlogistieke oplossingen en het verbeteren van de ketensamenwerking. Dit betekent veel data verzamelen en informatie met elkaar delen, wat al begint bij het ontwerp van het bouwproject. In de

tenderfase moeten partijen nadenken over slimme bouwlogistieke oplossingen en welke ketenpartijen daarbij nodig zijn. Dat levert de basis voor een optimaal ingericht bouwlogistiek proces.

De overheid kan een rol spelen als aanjager. Om de toegepaste bouwlogistieke oplossingen ook kosteneffectief te maken is allereerst schaalgrootte nodig. Daarnaast is de rol van inkoop cruciaal om de investeringen in deze oplossingen en de baten die hieruit voortvloeien op een eerlijke wijze over alle betrokken partners te delen. Uiteindelijk moet dit groeien naar een nieuw en toekomstvast verdienmodel voor een BouwHub die verschillende bouwprojecten voor verschillende opdrachtgevers bedient.

De benodigde ondersteuning op ICT-gebied is een voorwaarde om inzicht te krijgen in prestaties en kosten. Welke ICT-middelen en innovaties hiervoor nodig zijn komt in hoofdstuk 4 aan de orde.

3. REFERENTIEBIBLIOTHEEK MET KENGETALLEN ALS KEUZEINSTRUMENT

Gebruik van de referentiebibliotheek in de TKI-periode 2014-2016 heeft geleid tot wensen vanuit de praktijk voor een beter doorzoekbare database. Ook vanuit wetenschappelijk oogpunt was behoefte om meer bepalende logistieke kentallen te kunnen toekennen aan proeftuinen om die beter te kunnen vergelijken met resultaten van data-analyses en KPI's.

Doel is de correlatie te kunnen vaststellen tussen enerzijds projectgegevens, logistieke kentallen en maatregelen, en anderzijds de geanalyseerde data en KPI's van proeftuinen. Vervolgens is een antwoord nodig op de volgende vragen:

Welke invloed hebben kenmerken van projecten en logistieke maatregelen op KPI's?

Welke maatregelen in projecten zijn nodig om bepaalde logistieke prestaties te behalen?

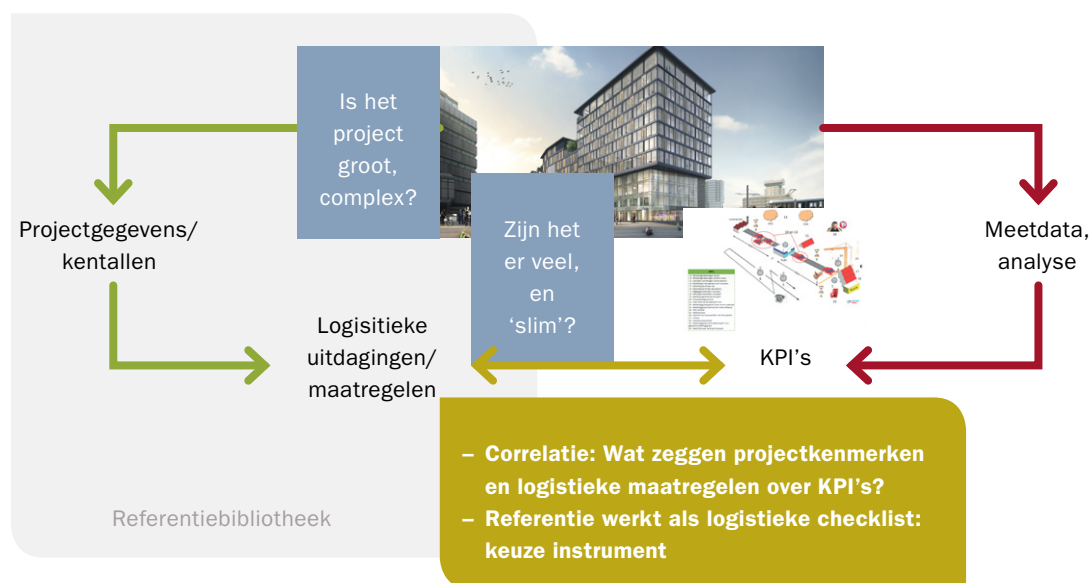
Welke (goede) voorbeeldprojecten zijn beschikbaar?

Om hier gefundeerde uitspraken over de te doen zijn de gegevens nodig van veel projecten. Dit project heeft een eerste start gemaakt met een aantal projecten resulterend in een eerste set data en projectkentallen

De KPI's en data-analyses zijn hiervoor behandeld. Het onderbouwde vergelijk daarvan met de referentiebibliotheek is lastig te realiseren en komt in later stadium als er meer projecten zijn geanalyseerd. De referentiebibliotheek is nu nog gericht op het systematisch in kaart brengen van projectkenmerken, logistieke kentallen en maatregelen van proeftuinen. De volgende vijf vraagcategorieën zijn daarbij gehanteerd waarbinnen indicatoren zijn bevraagd;

1. Projectgegevens: 13 indicatoren zijn bevraagd, zoals bouwsom, contractvorm en omvang en hoogte van het bouwwerk
2. Logistieke kentallen (Ruwbouw & Afbouw): 2 x 5 indicatoren voor ruw- en afbouwfase, zoals verwachte aantal leveringen en verwachte belandingsgraad,
3. Logistieke uitdagingen: 19 indicatoren, zoals bereikbaarheid van de bouwplaats, drukte in de omgeving, grootte van de bouwplaats, en beschikbare lift- en kraan capaciteit
4. Logistieke organisatie: 4 indicatoren, zoals het niveau van industrialisatie en gebruik van ICT en BIM,
5. Logistieke maatregelen: 15 indicatoren, zoals gebruik van een hub, meenemen van logistiek tijdens inkoop, en logistieke afstemming met andere projecten in de buurt.

Proeftuinen



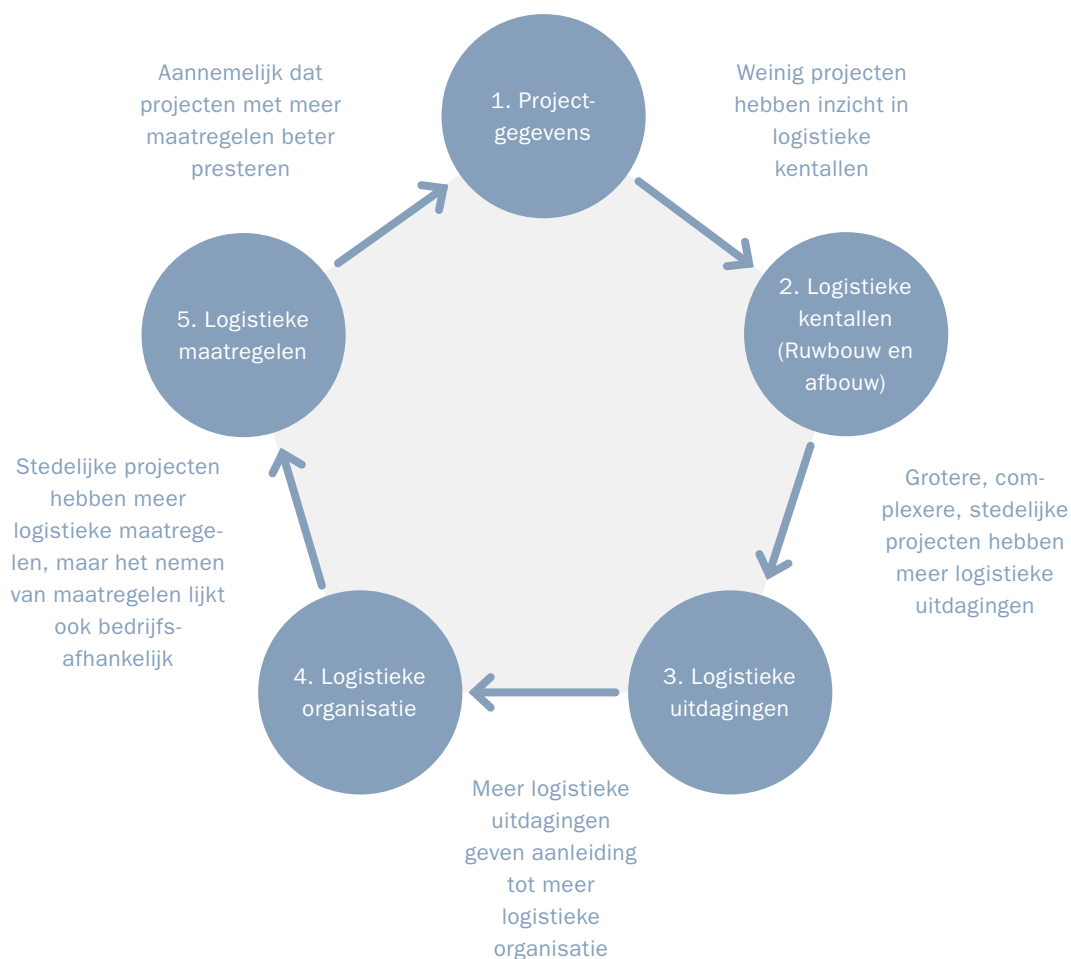
Figuur 19: Correlatie tussen kenmerken & maatregelen & KPI's

Vanuit de proeftuinen hebben vier proeftuinen de vragenlijst ingevuld: Noordgebouw, Remise, Betatoren, Kasteeltorens. Vanuit deze eerste beantwoording kwam het volgende beeld naar voren:

1. De projecten varieerden in grootte, type, looptijd en organisatie. Opvallend was dat de projecten in de voorbereiding relatief weinig inzicht hebben in de logistieke kentallen. Het gaat onder meer om aantallen te verwachten transporten, volume en gewicht van aanvoer, beladingsgraad en afstanden van transporten. De aanname is dat als er beter inzicht is in te verwachten transporten de logistiek in de projecten beter is aan te sturen en onder controle te houden.
2. De logistieke uitdagingen per project variëren nogal. De aanname is dat logistiek eenvoudige projecten beter presteren en minder en lichtere logistieke maatregelen vergen, en visa versa.
3. Projecten in (binnen)stedelijk gebied (complexere omgeving) vergen meer en vergaande logistieke maatregelen. Voor projecten in minder complexe omgevingen zijn niet per se minder maatregelen nodig.

Het heeft ook te maken met de logistieke voorkeuren van het bedrijf en de projectleiding. Het is aannemelijk maar niet bewezen dat projecten die logistiek zwaardere maatregelen vergen logistiek beter scoren.

Bouwers en andere betrokkenen kunnen dit raamwerk gebruiken als een checklist om een logistieke inschatting van hun projecten te maken: Hebben we te maken met een logistiek moeilijk of makkelijk project? Wat zijn de logistieke vervoers/kentallen? Welke omgevingsfactoren spelen een rol? Welke logistieke organisatie en maatregelen kunnen we daartegenover zetten? De referentie komt beschikbaar op de website Logistiek in de Bouw.



Figuur 20: Vijf vraagcategorieën

4. INNOVATIES BOUWLOGISTIEKE ICT

Dit hoofdstuk gaat vanuit een visie op een Control Tower voor bouwlogistiek in op de benodigde functionaliteit, de huidige stand van zaken en de verschillende technologische ontwikkelingen die bijdragen aan de realisatie van zo'n Control Tower.

4.1 VISIE OP CONTROL TOWER BOUWLOGISTIEK

In de eindrapportage van het TKI project '4C in Bouwlogistiek' is een visie gegeven op een bouwlogistieke Control Tower en de benodigde slimme ICT. Het huidige project heeft hierop voortgebouwd. In de bouwsector ontbreekt het op dit moment aan goede ondersteunende ICT voor informatie-uitwisseling over het logistieke proces gekoppeld aan het de tactische en operationele planning van het bouwproces. In dit project is in twee proeftuin bouwprojecten geëxperimenteerd met een aantal ICT-tools. Dat heeft geleid tot belangrijke gebruikservaringen en een beter begrip van de behoefte aan ICT ondersteuning. De tools bieden nu alleen nog niet volledig de gewenste functionaliteit van de ketenpartijen.

Ondanks de behoefte aan actuele, gedeelde plannen is de huidige werkwijze nog traditioneel. Vooraf maakt het bedrijf eenmalig een gedetailleerde planning, print deze op A0 en wordt aan de muur van de bouwkeet gehangen. Afwijkingen in de planning worden hierop bijgehouden. Er is alles behalve sprake van een continue dynamische digitale planning gekoppeld met de partners bij een bouwproject. Ook BIM biedt hier niet de gewenste

oplossing. Na een uitvoerige inventarisatie binnen de bouwsector (betrokken marktpartijen uit het projectconsortium en daarbuiten) is de conclusie dat er op dit moment geen voorbeelden bekend zijn van het gebruik van dynamische digitale plannings-systemen met een directe koppeling tussen BIM en bouwplanning (4D BIM). Voor de bouwplanning worden vaak weer andere tools gebruikt, die niet met BIM zijn gekoppeld.

In het huidige project is de bestaande visie op 4C in bouwlogistiek uitgewerkt voor de beoogde Control Tower bouwlogistiek en zijn de functionele eisen voor zo'n tower opgesteld. Een overzicht van deze eisen:

1. **transportplanning** van de logistieke aan- en afvoerstromen (horizontaal transport)
2. **kraanplanning** (verticaal transport) en dynamische synchronisatie van de verticale en horizontale transporten
3. planning van **levertijdsvensters** op losplaatsen, inclusief uitgifte van **bouwtickets** voor de leveringen op bouwplaats(en) en BouwHub(s)
4. **voorraadmanagement** voor het bijhouden van de voorraden op de hub en op de bouwplaats
5. planning van **consolidatie van transporten** van verschillende leveranciers tot samengestelde logistieke zendingen (werkpakketten)
6. planning van **voorkeursrouting bouwverkeer** (de meest geschikte routes voor bouwverkeer)
7. **Real-time monitoring van leveringen en transporten** door vervoerders en leveranciers op

Ketenpartij	Gebruik 4C Bouwtower
Ketenregisseur / ketenpartner	• Optimaliseren van transportstromen over meer bouwprojecten en toeleveranciers. • Plannen en volgen van logistieke bewegingen. • Plannen en afstemmen van ketenvoorraden. • Plannen en afstemmen van leveringen op bouwplaats en BouwHubs. • Afstemmen van transportplanning met bouwplanning en kraanplanning.
Logistiek Dienstverleners / transporteurs	• Plannen en volgen van logistieke bewegingen. • Plannen en afstemmen van leveringen op bouwplaats en BouwHubs.
Hoofduitvoerder / (onder)aannemers	• Plannen en volgen van logistieke bewegingen. • Afstemmen van transportplanning met bouwplanning en kraanplanning.
Gemeente / Wegbeheerder	• Handhaving en monitoring op KPI's. • Verkeersmanagement.

Tabel 6: Ketenpartijen

de bouwplaats en onderweg, waarbij rekening wordt gehouden met:

- actuele drukte op de weg met gebruikmaking van real-time Floating Car Data.
- actuele verkeersmaatregelen die van invloed zijn op de bereikbaarheid van de bouwplaats.

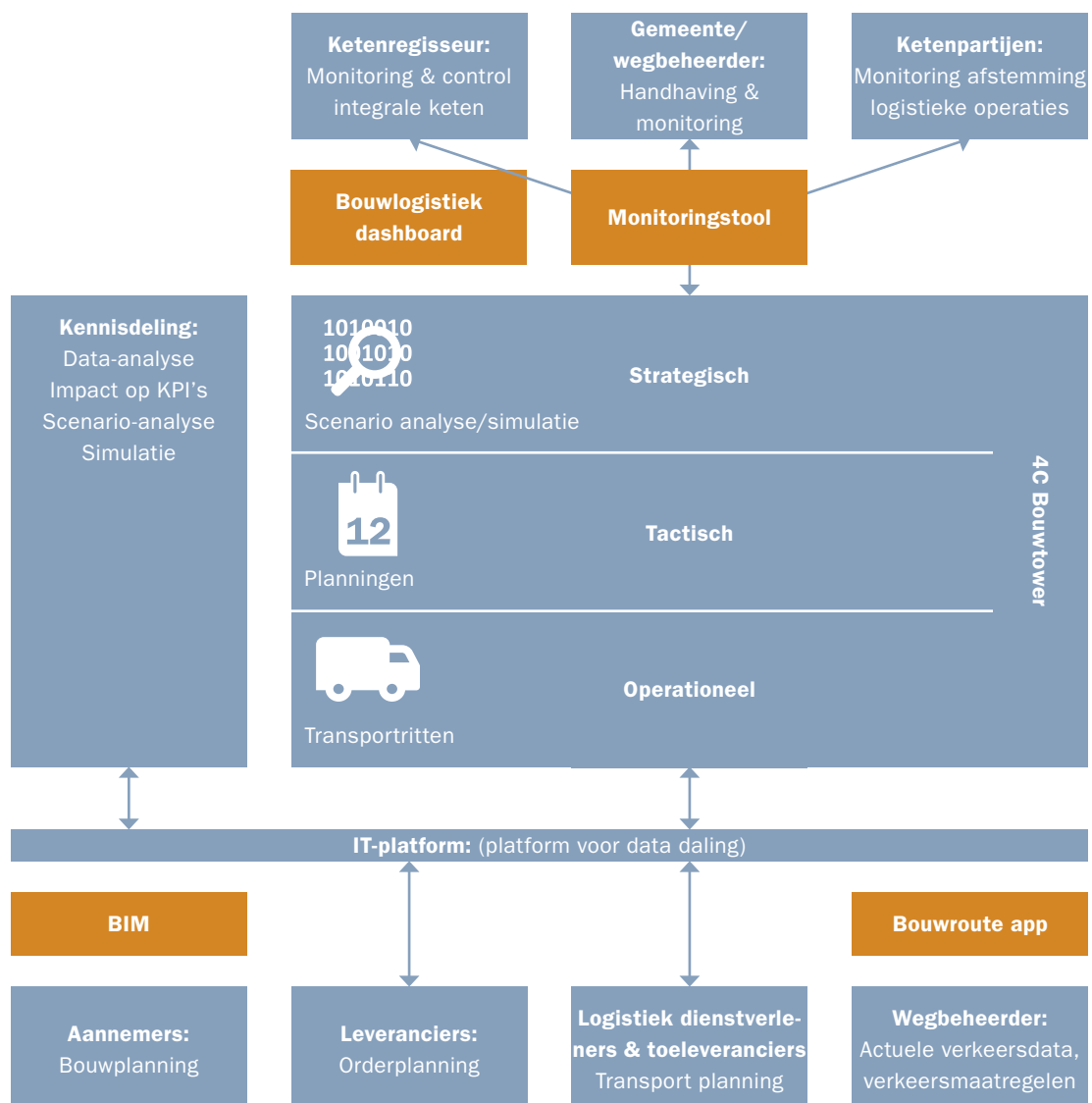
8. Periodieke monitoring (per dag of week) van de **prestaties van bouwlogistiek** op vooraf geselecteerde KPI's, zoals: transportritten, kilometers, CO₂ uitstoot, beladingsgraad en meer.

Deze visie is tot stand gekomen na uitvoerig overleg met stakeholders in de bouwlogistieke praktijk op alle niveaus: gemeentelijk beleid, weg- en waterbeheer, aannemers en logistiek dienstverleners, vervoerders en leveranciers/producenten. In de visie vormt de beoogde Control Tower bouwlogistiek een instrument voor tactische en operationele planning, operationele sturing en monitoring en toezicht op het bouwlogistieke proces van een of meer bouwprojecten in een

regio. Afhankelijk van de behoefte van de gebruiker worden functionaliteiten op verschillend niveau ingevuld. Tabel 7 laat voorbeelden van mogelijke gebruikers en toepassingen zien op operationeel, tactisch en strategisch niveau.

1. ketenregisseur of ketenpartner op operationeel niveau
2. logistiek dienstverlener / transporteur op operationeel niveau
3. hoofduitvoerder / aannemer op tactisch niveau
4. gemeentelijke beleidsinstantie op strategisch niveau

In deze visie worden bestaande ICT-systemen van verschillende ketenpartijen gekoppeld en wordt de informatie uit deze systemen tussen de partners gedeeld. Zij gebruiken het als databron voor KPI-berekeningen en overige modellen die tot meer inzicht in de logistieke ketens leiden (zie schematische weergave figuur 21).



Figuur 21: Schematische weergave Control Tower Bouwlogistiek.

In figuur 21 is de visie op een Control Tower voor Bouwlogistiek als een totaaloplossing geschetst. De logistieke informatie uit bestaande planningstools, in gebruik bij alle betrokken ketenpartners (aannemers, leveranciers, vervoerders, wegbeheerders) is direct digitaal beschikbaar voor uitwisseling tussen de partijen. Data-analyse op basis van slimme rekentools combineert en verrijkt de data tot nieuwe informatie en inzichten in het logistieke proces, zoals:

- voorspellingen van aankomsttijden van transporten (ETA) waarbij rekening is gehouden met actuele verkeersdrukten en belemmeringen op de route;
- simulatie van 'what-if' scenario's om inzicht te krijgen in de gevolgen van bepaalde maatregelen of de toepassing van slimme bouwlogistieke ketenoplossingen;
- synchronisatie van planningen van gerelateerde logistieke processen (kraanplanning met transportplanning);
- monitoringstools voor het bepalen van de prestaties van de huidige logistieke operaties.

Deze informatie is op operationeel niveau bruikbaar voor actuele en korte termijn inzichten en voorspellingen. Op tactisch niveau worden planningen van verschillende ketenschakels gesynchroniseerd over middellange termijn (zes weken tot een half jaar). Op strategisch niveau zijn de kengetallen te gebruiken om simulaties van verschillende scenario's uit te voeren voor impact analyses. Deze kengetallen zijn tot stand gekomen op basis van data-analyse van gemeten data uit de praktijk (monitoring).

De verrijkte informatie wordt vervolgens gevisualiseerd via op maat gesneden dashboards voor de verschillende gebruikers van de Control Tower.

Binnen de looptijd van het dit project is het niet mogelijk gebleken vanuit deze visie een eerste demonstrator van een Control Tower Bouwlogistiek te ontwikkelen. Redenen hiervoor waren:

- het ontwikkelen van een op maat gesneden softwaretool kost veel geld; het is niet gelukt financiers te vinden;
- de beschikbare ICT-systemen in de bouw zijn vrijwel allemaal gericht op het ontwerpproces en visualisatie daarvan (BIM), niet op logistiek;
- het dagelijks gebruik van ICT-systemen op de werkvloer schiet nu nog tekort. De planning van het bouwproces wordt vooraf in een pakket gemaakt (bijvoorbeeld ASTA), maar zodra de bouw start wordt een Excel-schema uitgedraaid op A0 en aan de muur gehangen, waarop de bijstellingen worden aangebracht;
- de visie is te hoog gegrepen en nog 'te ver van mijn bed' in de bouwwereld; stapsgewijs opschalen is nodig.

Met verschillende partners uit het huidige project is wel ervaring opgedaan met deeloplossingen en

zijn daaruit 'lessons learned' te trekken voor de ontwikkeling van een Control Tower Bouwlogistiek. Deze ervaringen worden in volgende paragrafen nader toegelicht.

4.2 BOUWERK INFORMATIE MODEL (BIM)

BIM is een containerbegrip geworden in de bouw. Zelfs de afkorting wordt al op uiteenlopende manieren uitgelegd:

Bouw	Informatie	Model
Bouwwerk		Modellerings
Building (bouwen)		Management

BIM staat oorspronkelijk voor Building Information Model waarbij 'Building' een werkwoord is ('het bouwen'). Het is een digitaal computermodeel van een gebouw. Een BIM bevat objecten (bouwelementen) met eigenschappen. Een eigenschap kan bijvoorbeeld een 'type' zijn. Andere eigenschappen zijn 'naam', 'gewicht', 'leveranciers' enzovoorts. Zo kan er een object gemaakt worden van het type 'wand' met naam 'tussen keuken en woonkamer', een gewicht van '50kg/m²' en leverancier 'Calduran'. Ook geometrie is een eigenschap van een object. Er zijn zelfs verschillende geometrische eigenschappen toe te voegen voor zowel 1D (icoontjes), 2D (plattegronden) als 3D. Omdat een computer de eigenschappen kan onderscheiden, kun je tijdens het modelleren van de objecten veel intelligentie programmeren. Deze programmering van gedrag van objecten gebeurt in verschillende softwarepakketten op verschillende manieren. Er is software die zich specifiek richt op architecten, op constructeurs en op installatieadviseurs. Elk softwarepakket heeft eigen geprogrammeerde intelligentie en daarbij behorende, zelf gedefinieerde, objecten. Op die manier bedient elk softwarepakket een bepaalde markt.

Omdat de virtuele BIM objecten in elk softwarepakket op een andere manier zijn vastgelegd is het niet mogelijk om ze zonder meer tussen verschillende pakketten uit te wisselen. Ook het koppelen van rekenmodellen voor bijvoorbeeld berekening van energiestatistiek, CO₂-uitstoot en logistieke stromen moet per softwarepakket apart gebeuren. Om de uitwisseling van informatie tussen softwarepakketten te vereenvoudigen is er een afsprakenstelsel gemaakt voor de definitie van dit soort bouwkundige objecten. Deze set van afspraken heet IFC (Industry Foundation Classes). Ook logistieke eigenschappen zijn toe te voegen aan BIM-objecten, zodat de koppeling met logistieke rekenmodellen en planningstools mogelijk wordt. Naast logistieke kenmerken is het toevoegen van de bouwplanning aan BIM-objecten essentieel: wanneer wordt het BIM-object (bouwelement) in het bouwwerk aangebracht? Dan spreekt men over 4D BIM (4e dimensie = tijd).

De planning van het bouwproces kenmerkt zich door een iteratief proces, waarin de bouwplanning steeds gedetailleerder wordt. BIM wordt in de bouwontwerpfase vooral gebruikt als methode om deze data op uniforme wijze vast te leggen. Het bouwproces kent veel afhankelijkheden, waardoor er een sterke behoefte is om aanpassingen van plannings door de hele bouwketen met elkaar te delen. BIM voorziet in deze behoefte met ondersteunende software, tools en modellen. Denk daarbij aan authoring tools om BIM data te genereren (ArchiCAD, Tekla), coördinatie tooling om data vanuit verschillende disciplines samen te brengen (Navisworks, Solibri, Tekla BIMSight), communicatie tools om met en over BIM te communiceren (Trimble Connect, Aconex), simulatietools om met BIM data snel inzicht te krijgen in het gedrag van een bouwwerk (SCIA, Ecodomus). Voor dit project zijn met name de integratietools interessant die verbindingen maken tussen BIM-data en andere systemen (Synchro, VICO, ASTA). Voor een uitgebreid overzicht van beschikbare ondersteunende software tools.⁹

Tools als Vico, Asta powerproject en Synchro bieden de mogelijkheid koppelingen te leggen tussen BIM-data en gangbare programma's als Microsoft Project en Excel. Op dit moment is eigenlijk alleen Synchro in staat om de koppeling tussen BIM en de logistieke planning als openBIM formaat te delen met anderen. Dit gebeurt in IFC en is essentieel om de gekoppelde data weer te gebruiken in managementsystemen zoals een logistiek dashboard of Control Tower. De mogelijkheid om IFC-data te delen met daarin planningdata wordt nog nauwelijks gebruikt. Dit vereist namelijk niet alleen een uitsplitsing naar taken, zoals benodigd voor de bouwplanning, maar ook een koppeling tussen bouwelementen en de daarvoor benodigde inkoop van bouwmaterialen. Die ontbreekt veelal.

In project 'Kavel 3N4 (Pulse)' in Amsterdam-Noord wordt Synchro door bouwbedrijf De Nijs al ingezet voor 4D-BIM modellen om vanuit bouwelementen de bouwplanning te genereren, te monitoren en te actualiseren. Twee studenten van de Hogeschool van Amsterdam hebben bij De Nijs de kraanplanning op de bouwplaats van dit project gekoppeld aan een BIM-model¹⁰. Ze hebben een detailanalyse gemaakt van het kraanproces en op basis van tijdsregistraties, tijdsmetingen en kengetallen een minutenplanning gemaakt voor de kraanactiviteiten, gebruik makend van de BIM-modellen. Vervolgens is het concept van koppeling tussen transportplanning en bouwplanning gevalideerd door dit toe te passen op de aanvoer van beton-

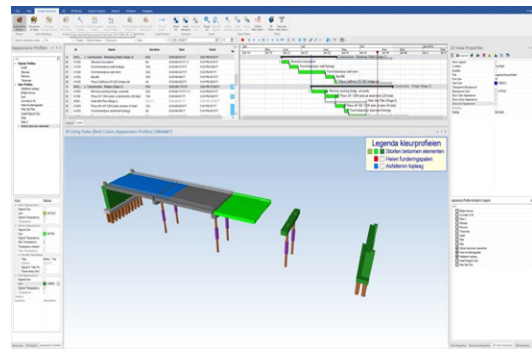
nen vloeronderdelen door leverancier Betonson. Met De Nijs is tenslotte in een aantal werksessies de integratie tussen transportplanning en kraanplanning gevalideerd.

De conclusie is dat door een koppeling te maken tussen bouwelementen uit BIM, de inkoopbehoefte aan bouwmaterialen (als een Bill of Construction Materials conform ERP pakketten) en gebruik van BIM-integratiesoftware zoals Synchro, integratie tussen bouw-, transport- en kraanplanning mogelijk is. Dit biedt voordelen voor ketensynchronisatie en betrouwbare planning en uitvoering.

VolkerWessels Bouwmaterieel heeft de koppeling van BIM met bouwplanning gerealiseerd. Daarin is voor alle bouwmaterieel een objectenbibliotheek in BIM gecreëerd. Daarin zijn voor alle bouwelementen alle logistieke kenmerken toegevoegd en unieke coderingen aangebracht (artikelnummering). Daardoor is het mogelijk bij nieuwe bouwwerken met BIM nu ook de bouwplaats op de bouwlocatie te modelleren met aansluiting op het proces bij VolkerWessels Bouwmaterieel. Deze bouwobjecten zijn te koppelen aan de bouwplanning via BIM.

4.3 4D PLANNEN MET SYNCHRO

Planningen maken en koppelen aan BIM kan met behulp van verschillende softwarepakketten. Visuele planningen met behulp van BIM worden vaak 4D BIM genoemd. Mogelijke softwarepakketten zijn onder andere: Asta, Powerproject BIM, Vico Office, Navisworks en Synchro 4D. Nog weinig aannemers gebruiken dit soort software voor alle projecten.



Figuur 22: Voorbeeld screenshot 4D planning in Synchro4D¹¹

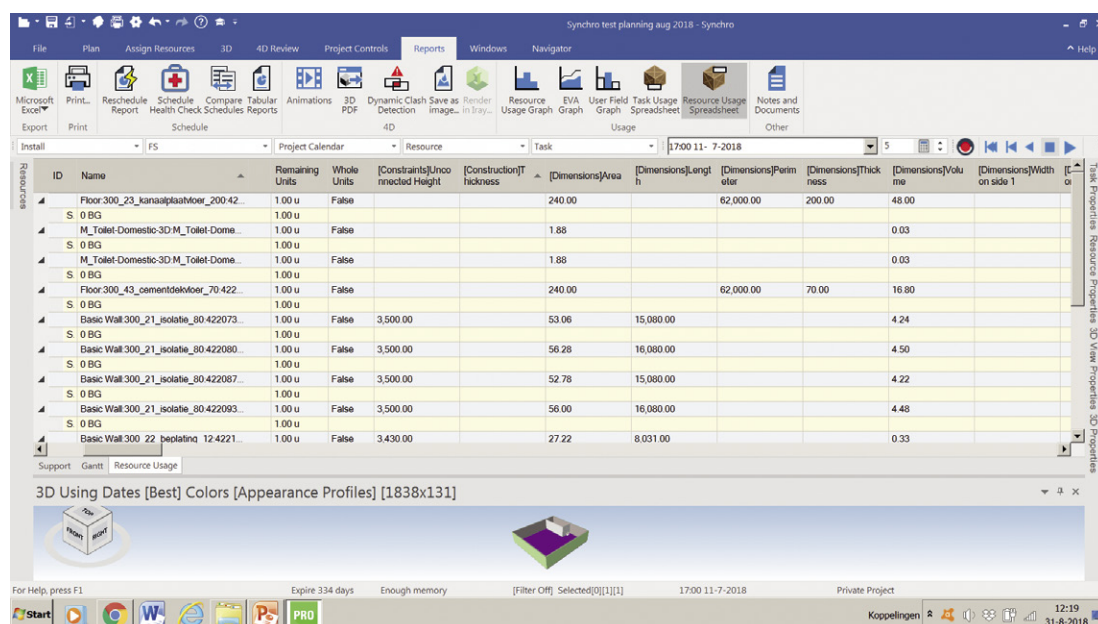
Het combineren van de planning met BIM heeft uiteenlopende voordelen, namelijk het visueel inzichtelijk maken van de planning voor alle partijen, vergelijken van scenario's, toewijzen van rollen en materieel waardoor individuele aansturing mogelijk is, produceren van bestellijsten en

9 Bron: *Bim Landschap*, Leon van Berlo

10 Bron: R. Millenaar, V. Basant, *Procesoptimalisatie met behulp van 4D BIM*, Amsterdam, 2018

11 Bron: <https://www.linkedin.com/pulse/nieuwe-update-synchro-2018-stephan-klotz/> geraadpleegd op 04-07-2018

12 Bron: <https://www.synchro4d.nl/> geraadpleegd 09-06-2018



Figuur 23: Voorbeeld uitlezen afmetingen en volumes in Synchro 4D.

visuele werkinstructies. Synchro 4D schrijft hierover op de website: “Tijdgerelateerde clashcontroles’ garanderen de uitvoerbaarheid, beschikbaarheid of toegankelijkheid.”¹² Een ander voordeel is dat door ruimtelijk te plannen inclusief de tijdelijke constructies en onderdelen er meer inzicht is in de bouwplaats voor steigerwerk, opslag of transport. Hiermee wordt ook de verbondenheid en begrip van de betrokkenen vergroot.¹³

Voor het bepalen van het volume op een vrachtwagen zijn gegevens nodig over het verpakkingsvolume en handelsvolume: wat is de verpakkingseenheid van het product en is het stapelbaar? Hiermee is een logistiek bouwvolume te bepalen per element of pallet. Om in een vroeg stadium het totale logistieke bouwvolume te bepalen zou er een schatting moeten zijn van het volume van alle elementen en hieraan gekoppeld het aantal benodigde vrachten. De onderzochte programma’s lijken dit nog niet automatisch te kunnen genereren.

In zowel prestatie- als productiemodellen zijn materiaaleigenschappen aanwezig: conform de BIM-basis ILS¹⁴ zijn objecten in een BIM voorzien van de eigenschap ‘ifcMaterial’. Door een koppeling te maken tussen het volume van het object, het kenmerk materiaal en de soortelijke massa daarvan is te bepalen wat het gewicht van objecten is. Maar deze informatie wordt nu nog niet standaard toegevoegd aan objecten en de vraag is ook of dit voor alle objecten nodig is. Eigenlijk doet het gewicht er alleen toe voor de inzet van de vrachtwagens en van de kraan. Het komt er op neer dat deze informatie alleen nodig is voor zware

ruwbouw elementen. Dragende ruwbouw elementen zijn te vinden via de eigenschap ‘load bearing: yes’ in combinatie met ‘is external: no’ (gebaseerd op de BIM basis ILS). De koppeling van data om het gewicht te bepalen kan met bijvoorbeeld AutoDesk Revit, maar het kan ook met behulp van Solibri. In Synchro4D zijn onder het tabblad ‘Project Control’ ook zelf ‘User Fields’ aan te maken waarmee de ene eigenschap kan rekenen met een andere. Ook in Synchro4D is het hiermee mogelijk om gewichten aan volumes te koppelen.

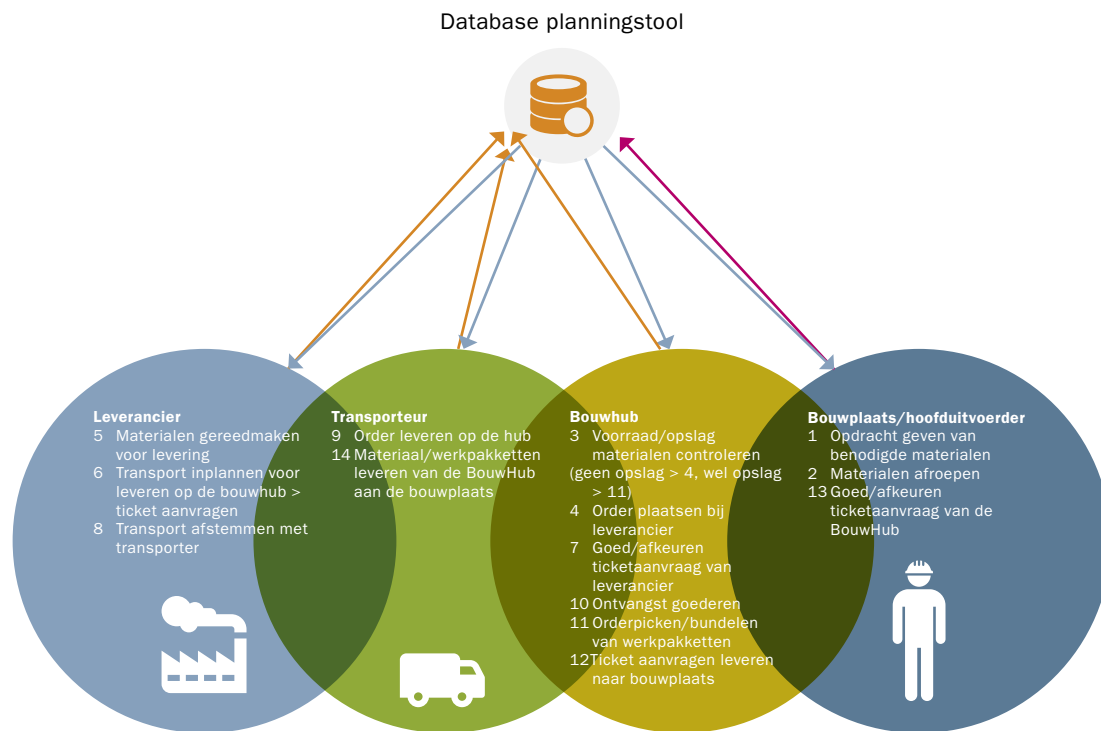
Uit de koppeling van planning en BIM is voor een leverancier natuurlijk belangrijk te weten wat het tijdstip van levering en wat de precieze eindlocatie is. Bij projectoverstijgend plannen is deze informatie nog relevanter. Met behulp van Synchro4D is per project per leverancier een lijst te maken met de gewenste objecten en levermomenten.

4.4 BOUWLOGISTIEK DASHBOARD (OPERATIONEEL)

De belangrijkste bronnen van informatie binnen het bouwproces zijn bouwplanning, voorraadgegevens en transportplanning. De beschikbare informatie hieruit wordt echter niet of nauwelijks gedeeld tussen de betrokken partijen, terwijl dit essentieel is voor een goede afstemming binnen de keten. Een bouwlogistieke Control Tower vereist een goed inzicht in informatiestromen rond het bouwproject, maar ook real-time informatie over de voortgang van de operationele processen gekoppeld aan het bouwproces. Elk proces heeft informatie nodig om het werk te kunnen uitvoeren en levert ook gegevens voor weer andere activiteiten.

¹³ Bron: <https://www.elecosoft.com/wp-content/uploads/2016/11/The-Value-of-Integrated-BIM-Tools-white-paper.pdf> geraadpleegd 09-07-2018

¹⁴ Bron: <https://www.bimloket.nl/BIMbasisILS> geraadpleegd op 06-07-2018



Figuur 24: Informatiestromen in een bouwlogistieke keten.

Nu is de informatie van de operationele processen slechts beschikbaar op de bouwplaats. Wanneer deze beschikbaar is in de Control Tower is daarmee de integrale keten in onderlinge afstemming aan te sturen.

Hierboven (figuur 24) een voorbeeld van de informatie-stroom tussen verschillende partijen in de bouwlogistieke keten en wie welke taak verricht.

De hoofduitvoerder op de bouwplaats staat aan het begin van de keten en leidt het pull-gestuurde logistieke proces. De levering van bouwmaterialen gebeurt op aanvraag van de hoofduitvoerder op de bouwplaats. De nummering van activiteiten is de volgorde waarin ze worden uitgevoerd. De pijlen geven de informatiestroom weer tussen de ketenpartijen via een Control Tower. Het doel van deze illustratie is om het verloop van de informatiestromen tussen verschillende partijen simpel weer te geven. Het geeft inzicht in elkaars taken en de onderlinge relatie in de integrale keten, met als voorbeeld het gebruik van een BouwHub.

Aan de basis voor deze informatieketen staan de informatiesystemen van de ketenpartners. Om de processen te kunnen afstemmen met de bouwlogistieke Control Tower is het essentieel om deze informatie uniform te delen. Voor ketenregie is binnen dit 4C project een ontwerp gemaakt voor een bouwlogistiek dashboard. Doel daarvan is inzicht krijgen in de logistieke stromen en synchronisatie van de planning en control over de integrale bouwlogistieke keten op operationeel niveau. Dat gaat van bouwproces tot de inzet van de torenkraan en de aan- en afvoer van bouwmate-

rialen. De essentie van het bouwlogistiek dashboard is de koppeling van verschillende informatiebronnen:

- BIM data
- data bouwplanning
- data transportplanning
- waar mogelijk: data productieplanning van producenten en data voorraadbeheer van leveranciers van bouwmaterialen.

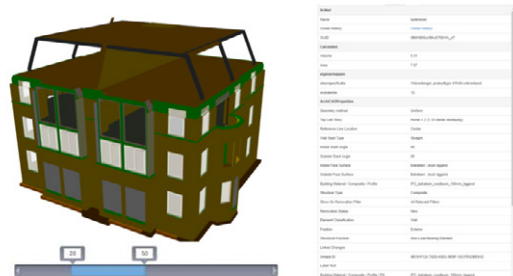
Door een koppeling te realiseren tussen deze informatiebronnen is een dashboard te creëren gebaseerd op het BIM-model van het bouwwerk. Een model van dit bouwlogistiek dashboard is te zien in figuur 25. Daarin kan een bouwobject worden geselecteerd met alle kenmerken die daaraan zijn toegevoegd.

Met een slider in een tijdsbalk kunnen de bouwobjecten in beeld komen op basis van de bouwplanning informatie. Met slimme filters is een selectie te maken en een overzicht te tonen van de objecten die in die periode moeten worden geleverd of gemonteerd. Door koppeling met gegevens van vervoerders komen ook details over de levering in beeld (figuur 26).



Figuur 25: BIM dataset van een project

Met dezelfde data zijn op een kaart alle geografisch gerelateerde gegevens van alle leveringen voor een bepaalde periode weer te geven, eventueel met waarschuwingen voor specifieke aandachtspunten (figuur 27).



Figuur 26: BIM dataset (in IFC) met filters voor tijdperiode, query voor objecten die geleverd moeten worden tijdens een bepaalde periode (week) en levering details van een bepaald object/product



Figuur 27: Landkaart overzicht van leveringen en transporten

Om dit mogelijk te maken zijn er duidelijke afspraken nodig over de manier waarop partijen logistiek gerelateerde data creëren, opslaan en delen. Met BIM en openBIM is er al veel mogelijk dankzij IFC. Software tools als Synchro hebben aangetoond dat het koppelen van een bouwplanning aan IFC-data mogelijk is, inclusief het genereren van een nieuwe IFC-dataset met informatie over taken, resources of wat ook.

Het detailniveau in de BIM-modellen is divers en afhankelijk van het project, de betrokken partijen en de doelstellingen. Basiselementen zijn bouwobjecten of bouwelementen; denk aan het plaatsen van een wand met bepaalde dimensies op een bepaalde verdieping. Een datastandaard als IFC legt vast hoe die data in een dataset wordt opgeslagen en wat bedoeld wordt met bepaalde objecten. In de transportplanning gaat het om de specifieke bouwmaterialen die nodig zijn voor een wand (bouwelement), bijvoorbeeld gipsplaten met bepaalde dimensies en samenstelling.

De daaruit voortvloeiende logistieke planning bestaat uit transportorders voor levering door leverancier x van een y-aantal gipsplaten op tijdstip z.

De koppeling tussen bouwelementen en leveranciergebonden bouwmaterialen is vaak niet vastgelegd, waardoor BIM, bouwplanning en transportplanning los van elkaar bestaan en moeilijk te koppelen zijn. Om deze koppeling wel te kunnen maken is een relatie tussen bouwobjecten, bouwelementen en leveranciers van specifieke bouwmaterialen nodig.

Gezien de ontwikkelingen in BIM, de veranderingen in IFC4 en de groeiende belangstelling om koppelingen te maken tussen planners van bouwbedrijven en externe partners zijn de volgende conclusies te trekken:

- Het is aan te bevelen IFC standaards te gebruiken voor het voeden van informatie aan een 'logistiek dashboard'.
- Het is aan te bevelen om IFC4 te gebruiken bij het delen van IFC data met planningsinformatie.
- De manier waarop IFC planningsinformatie vastlegt kan een manier zijn om het maken van planningen in de bouwsector systematisch te verbeteren.

4.5 SIMULATIE OP BASIS VAN LOGISTIEKE PARAMETERS UIT BIM (STRATEGISCH)

In de ontwerp en engineering fase zijn logistieke parameters in BIM te modelleren en simulaties uit te voeren om logistieke maatregelen te toetsen. Het gaat met name om maatregelen op de bouwplaats met gevolgen voor de aanvoer. Hierna een toelichting op twee modelleringen: het passen van dagelijkse materiaalvolumes in een tussenopslag (zeecontainer) en verkorting van looplijnen en wachttijden door vaklieden op een bouwplaats en in het gebouw. De volgende paragraaf beschrijft deze simulatie bij proeftuin project Bètatoren.

4.5.1 Passing van dagelijkse materiaalvolumes in een tussenopslag

BIM is gebruikt om exacte hoeveelheden en volumes van materiaal per ruimte/vloer te bepalen om uit te rekenen of het volume zou passen op de vloer en voorafgaand in een tussenopslag onder aan de lift. De data in Tabel 7 komt deels uit BIM en deels uit traditionele documenten. De analyse van de data laat zien dat informatie over de afmetingen van de sanitaire voorzieningen vaak ontbreekt.

Apartment			Length	Width	Depth	Volume		
Toilet	Toilet	Toilet	0,37	0,53	0,4	110%	0,086	m ³
		Toilet flush mounting	1,2	0,6	0,2	110%	0,158	m ³
		Control panel	0,2	0,1	0,005	110%	0,000	m ³
		Toilet seat	0,37	0,53	0,05	110%	0,011	m ³
		Toilet brush holder	0,1	0,1	0,25	110%	0,003	m ³
		Toilet roll holder	0,15	0,1	0,12	110%	0,002	m ³
		Total					0,260	m ³
	Sink	Toilet sink	0,36	0,26	0,095	110%	0,010	m ³
		Plug bottle trap	0,18	0,26	0,05	110%	0,003	m ³
		Sink faucet	0,155	0,111	0,036	110%	0,001	m ³
		Total					0,014	m ³
	Total						0,274	m ³
Badkamer	Sink	Sink	0,9	0,48	0,165	110%	0,078	m ³
		Sink angle valve	0,072	0,08	0,054	110%	0,000	m ³
		Plug bottle trap	0,18	0,26	0,05	110%	0,003	m ³
		Sink faucet	0,155	0,111	0,036	110%	0,001	m ³
		Sink shelf	0,6	0,165	0,01	110%	0,001	m ³
		Mirror	0,6	0,8	0,006	110%	0,003	m ³
		Total					0,086	m ³
	Shower	Shower faucet	0,298	0,162	0,1	110%	0,005	m ³
		Shower rod	0,15	0,5	0,1	110%	0,008	m ³
		Shower enclosure	1,95	0,895	0,006	110%	0,012	m ³
		Total					0,025	m ³
	Bathtub	Bathtub	1,8	0,8	0,5	110%	0,792	m ³
		Bathtub faucet	0,298	0,162	0,1	110%	0,005	m ³
		Bathtub rod	0,15	0,4	0,1	110%	0,007	m ³
		Bathtub enclosure	1,5	0,8	0,006	110%	0,008	m ³
		Total					0,812	m ³
	Miscellaneous	Radiator	0,5	0,9	0,15	110%	0,074	m ³
		Total					0,074	m ³
	Total						0,997	m ³
Total Without Bathtub							0,459	m ³
Total With Bathtub							1,271	m ³

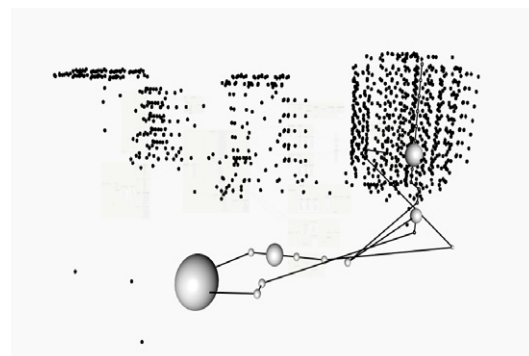
Tabel 7: Materiaalvolumes (sanitaire voorzieningen) van een appartement (afstudeerder Lisa Oosterwijk TUDelft 2017)

Vervolgens zijn volumes gepland per hoeveelheid werk per dag of enkele dagen op een vloer. De vraag was of die volumes in een tussenopslag (zeecontainer) waren te plaatsen. De tussenopslag zou op de bouwplaats onderaan de bouwlift worden geplaatst. De container zou op beschikbare vrije momenten worden gevuld met materialen die vervolgens klaarstonden voor 'inkranen' of naar de betreffende vloer brengen. Deze analyse is onder andere gedaan met behulp van 3D-views (zie Figuur 28).

In deze proeftuin bleek het mogelijk alle volumes materialen op de vloeren te plaatsen op geschikte plekken zonder in de weg te staan. In BIM bleken alle materialen in dagvolumes in de tussenopslag bij de bouwlift te passen.

4.5.2 Verkorting van looplijnen en wachttijden door vaklieden

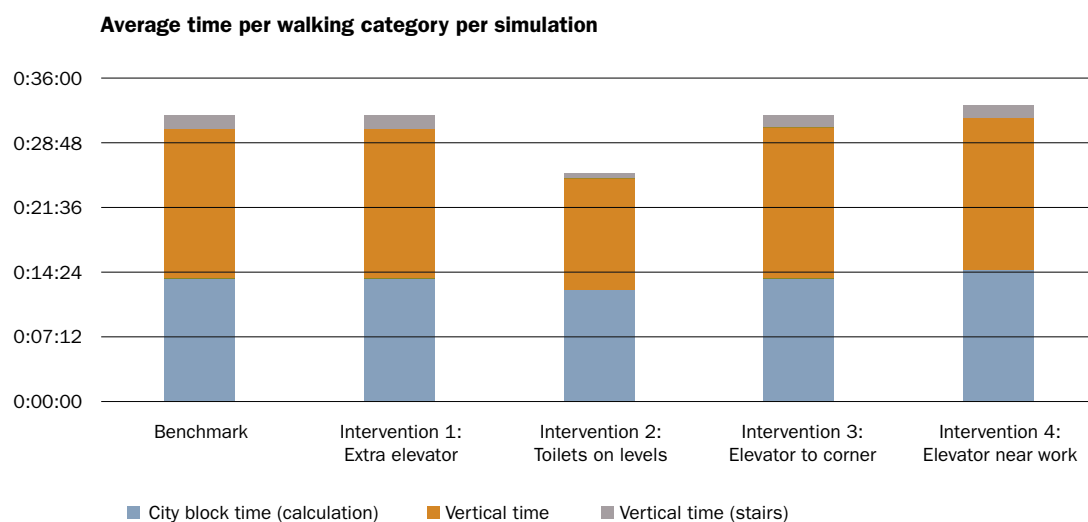
BIM is gebruikt om looplijnen, looptijden en wachttijden te modelleren en logistieke maatregelen op de bouwplaats te simuleren deze tijden te reduceren. De maatregelen betroffen een extra bouwlift, verplaatsen van toiletten naar de werkplek op de vloer, verplaatsen van bouwliften.



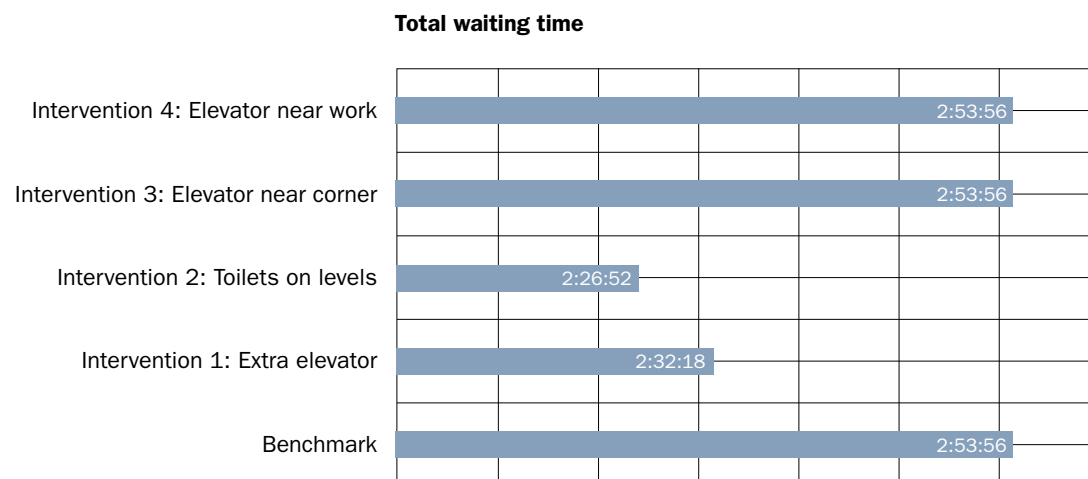
Figuur 28: Looplijnen en wachttijden in een BIM van een bouwplaats en gebouw (afstudeerder Jan Tjerk Dijkstra TUDelft 2018)

Op basis van de modellering van looplijnen en verblijfruimtes (inclusief werkplek, lift, lunch, toilet) bleek het mogelijk een typische werkdag om te rekenen en op te splitsen in gebruikte tijd voor werken, wachten en lopen.

Het doel van de simulaties in BIM was om wachten en lopen te minimaliseren. Zowel bij wachten als lopen bleek het grootste effect waarneembaar als de toiletten op de vloer nabij de werkplek van de vaklieden zouden zijn geplaatst.



Figuur 29: Resultaat tijdbesparing op lopen bij verschillende simulaties in BIM (afstudeerder Jan Tjerk Dijkstra TUDelft 2018)



Figuur 30: Resultaat tijdbesparing op wachten bij verschillende simulaties in BIM (afstudeerder Jan Tjerk Dijkstra TUDelft 2018)

Het bleek mogelijk om wachten, lopen en werken te modelleren in BIM en met simulaties te beïnvloeden. Door verschillende simulaties bleek het mogelijk om de maximale tijdsbesparing te vinden.

4.6 LOGISTIEK PLANNINGS- EN BESTURINGSMODEL OP BASIS VAN BIM

De partners in de bouwlogistiek nemen beslissingen op drie niveaus: strategisch, tactisch en operationeel (zie uitgebreide beschrijving in hoofdstuk 1). Hieronder een korte toelichting van ieder niveau op basis van BIM.

Strategisch

De reikwijdte van strategische beslissingen is een periode van vele jaren. Het gaat bijvoorbeeld om Investeren in een BouwHub, samenwerking met leveranciers en investeringen in ICT.

Tactische beslissingen

Het bereik van tactische beslissingen is middel-lange termijn, meestal op projectniveau. Het doel is een goed ontwerp en goede planning van de logistiek voor de uitvoering van een of meer

projecten in een wijk. Dit betekent via samenwerking een strakke planning van de bouwwerkzaamheden: efficiënt, op tijd, duurzaam, met de juiste bouwmethoden, goede logistiek op de bouwplaats, zo nodig inzet van andere modaliteiten en BouwHubs.

Operationele beslissingen tijdens de uitvoering

De reikwijdte van operationele beslissingen bedraagt hooguit enkele weken en is gericht op de dagelijkse coördinatie van verschillende materiaalstromen, kraanplanning, operaties in de BouwHub, levertijden en het gebruik van opstelplaatsen.

Om toepassing van BIM voor bouwlogistieke doeleinden te bevorderen, dient eerst duidelijk te zijn wat BIM kan betekenen voor optimalisatie van bouwlogistiek. Daartoe is in kaart gebracht welke organisaties welke activiteiten uitvoeren, welke planningsbeslissingen hiermee zijn gemoeid en aan welke informatie deze partijen behoefte hebben. Vervolgens is in de huidige praktijk onderzocht hoe BIM wordt gebruikt om bouwlogistiek te verbeteren, welke factoren deze toepassing mogelijk in de weg staan en welke toekomstige

ontwikkelingen wenselijk zijn. Op basis van de verkregen inzichten is bepaald welke mogelijke scenario's (combinaties van BIM toepassingen) potentieel hebben om bouwlogistiek te verbeteren.

4.6.1 Logistieke actoren, beslissingen en behoeften

De volgende tabel geeft inzicht in een aantal logistieke beslissingen en (informatie)behoeften van een hoofdaannemer tijdens de uitvoeringsfase. Een gedetailleerd overzicht van alle actoren en projectfasen is te vinden in de paper 'Logistics in Construction Project: Phases, Actors, Tasks and Information Needs'¹⁵. Daarin zijn ook de tactische en strategische logistieke beslissingen opgenomen die voorafgaand aan de uitvoeringsfase zijn gemaakt. Aan de hand van de verkregen inzichten zijn interviews gehouden om bouwlogistiek, en dan met name in relatie tot BIM, in de praktijk te onderzoeken.

4.6.2 Toepassing van BIM en bouwlogistiek in de praktijk

Masterstudenten van de Universiteit Twente hebben twaalf cases onderzocht op BIM-gebruik in het algemeen en de relatie tussen BIM en bouwlogistiek in het bijzonder. BIM bleek vooral gebruikt voor visualisatie (inzichtelijkheid in ontwerp en communicatie richting opdrachtgever), uitwisseling van gegevens met andere partijen en clash-detectie en raakvlakmanagement. Toch worden de huidige toepassingen van BIM nog maar zeer beperkt gebruikt als ondersteuning van de bouwlogistiek. En hoewel er grote interesse is in een aantal geavanceerde bouwlogistieke toepassingen, zoals koppeling met verkeersmodellen of gebruik van RFID-tags om het logistieke proces

inzichtelijk te maken in het bouwmodel, zijn deze in de praktijk nog nauwelijks te vinden. De oorzaak is vooral te zoeken in een doorgaans gebrekkig bouwmodel dat onvoldoende specifieke informatie over objecten bevat of niet door alle partijen of in alle projectfasen wordt gebruikt. Daarnaast blijkt het in de praktijk lastig te zijn om de benodigde verandering in de manier van werken door te voeren. Een volledig overzicht van meest en minst benutte BIM-toepassingen, evenals barrières voor de toepassing van BIM in de logistiek, zijn te vinden in de rapportage 'Cross-case analyse casestudies BIM & logistiek'¹⁶.

Op basis van de twaalf casestudies BIM & logistiek zijn drie conclusies te trekken:

- Basistoepassingen van BIM worden nog het meest benut.
- Bij de toepassing van BIM ligt de nadruk op clash detectie en raakvlakmanagement.
- Het managen van de bouwlogistiek kent sterk uiteenlopende prioriteiten en staat vaak nog los van BIM.

Logistieke beslissingen	Omschrijving	(Informatie)Behoeften
– Monitoren van voortgang – Updaten van plannings – Aanpassing orders op basis van huidige vraag – Planning en coördinatie van horizontaal en verticaal transport op de bouwplaats – Planning en coördinatie van leveringen, laad- en losactiviteiten – Beheer van afvalstromen – Beheer van informatiestromen	In de uitvoeringsfase omvatten de logistieke beslissingen van de hoofdaannemer de implementatie van het logistieke plan en het beheren en monitoren van het logistieke proces. De hoofdaannemer is doorgaans eveneens belast met de documentatie en het beheren/onderhouden van het informatiesysteem	– Planning van beslissingen – Korte-termijn planning voor project beslissingen vereist transparantie betreffende beschikbaarheid van materialen op de bouwplaats en in de keten, evenals korte reactietijden in de bouwketen. De planner heeft toegang nodig tot volledige informatie over beschikbaarheid van materialen voor de projectbeslissingen.

Tabel 8: Logistieke beslissingen en (informatie)behoeften voor een hoofdaannemer tijdens de uitvoeringsfase

¹⁵ Bron: Logistiek in de Bouw website

¹⁶ Bron: Logistiek in de Bouw website

De belangrijkste opgave voor partijen is dan ook de uitbreiding van basistoepassingen van BIM naar bouwlogistieke toepassingen te bewerkstelligen. Om deze stappen te zetten zijn uit de cases twee dominante scenario's onderscheiden. Deze scenario's, '4D planning' en de 'uitwisseling van gegevens met projectpartners', zijn verder uitgewerkt en getoetst via een expertpanel.

4.6.3 Ontwikkeling en toetsing van bouwlogistieke scenario's

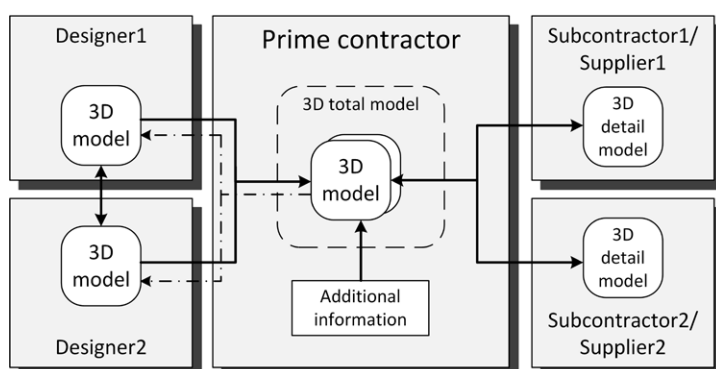
Binnen de ontwikkelde scenario's kijken we niet alleen naar de potentiële toepassing van BIM, maar juist ook naar de manier waarop deze toepassingen in de praktijk uitwerken: welke partijen zijn betrokken, welke informatiebehoeften zijn er en welke andere voorwaarden zijn vereist om het scenario in de praktijk te brengen. Figuur 31 en 32 geven hiervan een schematisch overzicht.

Op basis van het voorgaande onderzoek zijn vervolgens de belangrijkste logistieke behoeften in kaart gebracht, zodat kan worden getoetst in welke

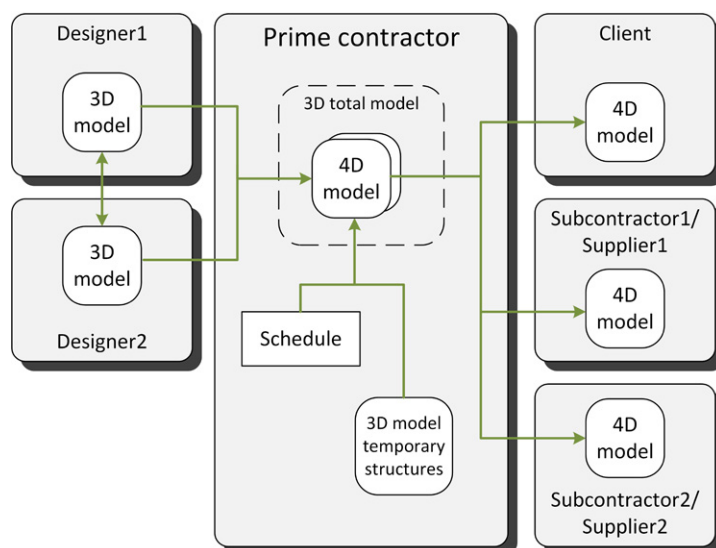
mate de scenario's deze behoeften kunnen voorzien. Enkele voorbeelden:

- De afstemming van het ontwerp tussen verschillende disciplines, resulterend in minder ontwerpfouten en minder verstoringen in de uitvoering en het logistieke proces.
- Visualisatie van het bouwproces vanuit verschillende perspectieven en tijdens verschillende momenten in de uitvoering om meer inzicht te verkrijgen in het uitvoeringsproces.

Vervolgens is een expertpanel samengesteld dat representatief is voor de logistieke kennis en ervaring vanuit de praktijk. Met dit panel is getoetst in hoeverre de ontwikkelde bouwlogistieke BIM scenario's voldoen aan de belangrijkste bouwlogistieke behoeften. In Tabel x is een selectie van getoetste scenario's opgenomen. De tabel bevat nagenoeg alleen scores van 4 (eens) en scores van 5 (helemaal mee eens). Dit toont aan dat de experts overtuigd zijn van het nut van de geschetste scenario's. Een volledige uitwerking van de ontwikkelde bouwlogistieke scenario's, logistieke behoeften en toetsingen is opgenomen



Figuur 31: Scenario 'Uitwisseling van gegevens met projectpartners'.



Figuur 32: Scenario '4D planning (met een link naar GIS)'.

Oplossingen	Vervult het scenario de logistieke behoefte?										
Behoefte: Ontwerpafstemming tussen verschillende disciplines, resulterend in minder ontwerpfouten en minder verstoringen in de uitvoering en het logistieke proces. Oplossing: BIM scenario 1 1) Maak een 3D model voor iedere discipline 2) Integreer de 3D modellen van alle disciplines 3) Check de 3D modellen voor clashes, raakvlakken en mogelijk andere fouten	<table border="1"> <caption>Scenario 1 Ratings</caption> <thead> <tr> <th>Participant</th> <th>Rating</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Client</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Prime contractor</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Designer</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Knowledge Institute</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Participant	Rating	Client	1	Prime contractor	4	Designer	1	Knowledge Institute	4
Participant	Rating										
Client	1										
Prime contractor	4										
Designer	1										
Knowledge Institute	4										
Behoefte: Visualisatie van het bouwproces vanuit alle mogelijke perspectieven en op verschillende momenten tijdens de uitvoering om meer inzicht te verkrijgen in (omstandigheden van) het uitvoeringsproces. Oplossing: BIM scenario 2 1) Navigeren in een 4D model 2) Gebruik van diverse (opgeslagen) weergaven in het bouwmodel en aan objecten gekoppelde informatie	<table border="1"> <caption>Scenario 2 Ratings</caption> <thead> <tr> <th>Participant</th> <th>Rating</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Client</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Prime contractor</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Designer</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Participant	Rating	Client	1	Prime contractor	3	Designer	1		
Participant	Rating										
Client	1										
Prime contractor	3										
Designer	1										

Tabel 9: Toetsing van BIM scenario's voor bouwlogistiek (waarde 1 = volledig oneens, 2 = oneens, 3 = neutraal, 4 = eens, 5 = helemaal eens).

in de rapportage 'Design and testing BIM scenarios'¹⁷.

Uit de toetsing is gebleken dat de ontwikkelde scenario's veel potentie hebben om de belangrijke logistieke behoeften te vervullen. De conclusie is dan ook dat de uitvoering geven aan de ontwikkelde scenario's een grote bijdrage kan leveren aan optimalisatie van het bouwlogistieke proces.

4.7 LOGISTIEKE SUPPLY CHAIN PORTALS

Er is onmiskenbaar behoefte aan betere ondersteuning van de informatievoorziening met behulp van ICT-systemen, vooral voor het voeren van een integrale regie over de bouwketen. De afgelopen periode is door verschillende bedrijven met wisselend succes geëxperimenteerd met verschillende systemen. De huidige ICT-systemen zijn vooralsnog niet in staat te voldoen aan de eisen en wensen vanuit het informatieproces van de ketenregie in de bouw.

Een analyse van de systemen, uitgevoerd op basis van een kwalitatieve enquête over verschillende gebruikers in de bouwketen, laat de volgende stand van zaken zien:

- De meest toegepaste ICT bestaat uit geautoma-

tiseerde 'bouwticket' systemen met additionele functionaliteiten voor kraanplanning, CO₂-berekeningen en meer.

- De systemen slagen er nog steeds niet in op een gebruiksvriendelijke manier de wensen vanuit ketenregie voor alle partijen te vervullen.
- De voornaamste zwakte is het niet kunnen realiseren van een geautomatiseerde data-invoer vanuit bestaande planningssystemen; dat moet nog steeds vooral handmatig.

Vanuit dit gebrek aan goede ondersteunende ICT-systemen proberen aannemers Control Towers (Supply Chain Portals) uit de logistieke wereld toe te passen. Deze beschikken vaak over alle gewenste functionaliteiten voor integrale logistieke ketenregie, maar zijn nog niet toegespitst op de specifieke kenmerken van de bouwsector. Enkele voorbeelden:

VolkerWessels BouwMaterieel heeft de afgelopen jaren geëxperimenteerd met verschillende ICT-systemen voor ketenregie over het integrale bouwlogistieke proces van leveranciers tot en met de bouwplaats. Daaruit bleek een gebrek aan functionaliteit voor geautomatiseerde invoer van planningsdata en ook de logistieke functie van voorraadbeheer met name op locatie van de BouwHub. Inmiddels is een traject in gang gezet

17 Bron: Logistiek in de Bouw website

om het logistieke ERP-systeem Boltrics van Microsoft Dynamics (<https://www.boltrics.nl/>) geschikt te maken voor de bouwlogistieke keten. Daarbij worden de eisen en wensen geformuleerd vanuit de ervaringen die zijn opgedaan met het werken met een BouwHub.

4.8. BOUWROUTE APP (VIALIS)

Vialis ontwikkelt verkeersmanagementsystemen voor wegbeheerders en overheden. Recent heeft Vialis een applicatie ontwikkeld (BouwRoute) die specifiek is gericht op verkeersmanagement over bouwstromen. Door informatie van alle betrokken schakels in de hele keten van bouwlogistiek met elkaar te verbinden kunnen:

- wegbeheerders hun logistiek vervoersbeleid beter afstemmen op de bouwgerelateerde verkeersstromen;
- bouwbedrijven hun logistieke activiteiten voorspelbaarder maken;
- transporteurs een optimale routekeuze maken zonder vertragingen.

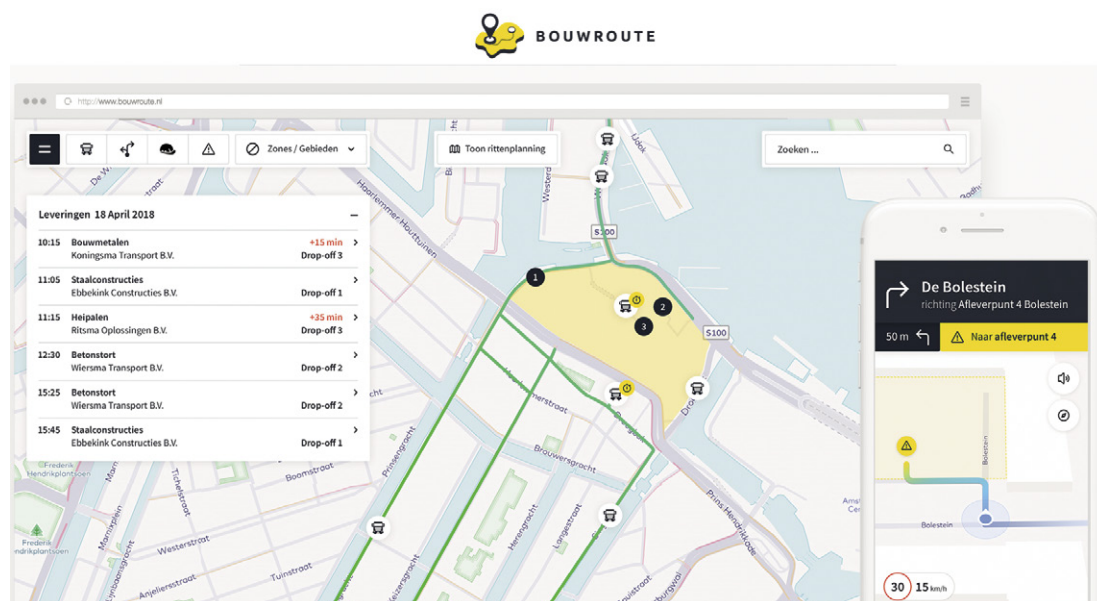
BouwRoute biedt route-informatie en reisadvies op maat voor chauffeurs van bouwmaterialen. Daarnaast biedt het een dashboard voor vervoerders, aannemers en wegbeheerders, waarbij inzichtelijk is welke voertuigen onderweg zijn en wat de geplande en verwachte aankomsttijd is. BouwRoute is te gebruiken als sturingsinstrument voor de wegbeheerder om bepaalde routes af te sluiten voor bouwverkeer of juist prioriteit te verlenen aan bepaald bouwverkeer. BouwRoute voorziet transporteurs realtime van de optimale route, waarbij rekening is gehouden met de lokale regelgeving en de actuele verkeerssituatie (figuur 33).

Deze ontwikkelingen vormen een tussenstap richting de beoogde Control Tower voor bouwlogistiek. Genoemde systemen bieden voor een deel de benodigde functionaliteit voor integrale ketenregie over bouwstromen, maar zijn nog niet toegespitst op de specifieke kenmerken van de bouw en het logistieke proces in deze sector. Naast deze ontwikkelingen, die zich afspelen op het grensvlak van de Control Tower met de verschillende partijen in de logistieke keten, is er behoefte aan actueel inzicht in de prestaties van de lopende bouwprojecten op maatschappelijk (duurzaamheid) gebied. Hiervoor geeft de monitoringstool een aanzet.

4.9. MONITORINGSTOOL

Continu meten en monitoren van de prestaties in een bouwlogistieke keten is voor veel partijen in de bouwsector nieuw. Wel is het essentieel voor een effectieve en efficiënte uitvoering van het logistieke proces van operationeel tot en met strategisch niveau. Daarnaast geeft het inzicht in de eigen prestaties en de mogelijkheden tot verbetering. Monitoring van de prestaties op het gebied van duurzaamheid is niet alleen voor de ketenpartijen relevant, maar ook voor de omgeving van een bouwproject en betrokken publieke instanties zoals een gemeente, wegbeheerder of waterbeheerder.

In het project is veel kennis opgedaan over de mogelijkheden en beperkingen van het meten aan het bouwlogistieke proces en hoe deze meetgegevens zijn te vertalen naar KPI's op het juiste aggregatieniveau. Deze meetgegevens zijn essentieel om te kunnen vaststellen of beoogde verbeteringen in bouwlogistieke oplossingen ook het gewenste resultaat opleveren. Daarnaast geeft



Figuur 33: Bouwroute App Vialis (bouwroute.nl)

data-analyse van de verzamelde meetgegevens inzicht in oorzaken als de verwachtingen niet zijn waargemaakt en bieden aanknopingspunten voor verbetering.

Bij het monitoren van het bouwlogistieke proces is het van belang vooraf vast te stellen welke meetmethode haalbaar is in de praktijk en ook de meest betrouwbare gegevens oplevert. Daarbij zijn binnen het project drie verschillende meetmethodes onderscheiden en toegepast (in aflopende voorkeur):

1. Automatisch gegenereerde data vanuit een bestaand ICT-systeem.
Als er een ICT-systeem operationeel is dat de benodigde meetgegevens continu vastlegt, zijn deze periodiek te exporteren en als bron te gebruiken voor de data-analyse en vertaling naar KPI's. Deze meetmethode verdient de voorkeur omdat het complete en betrouwbare informatie geeft. Het vergt alleen een eenmalige investering om de systemen geschikt te maken voor het exporteren van de gewenste data.
2. Meettaken toedelen aan personeel.
Als er geen systemen operationeel zijn die de gewenste data kunnen opleveren, is het nodig om specifieke meettaken aan personeel toe te delen. Dit is alleen arbeidsintensief en vormt een extra belasting in het werkproces van bouwpersoneel. De vraag is of dit in de praktijk haalbaar is en leidt tot betrouwbare meetgegevens.
3. Steekproefsgewijs meetgegevens verzamelen over een beperkte periode door het inzetten van bijvoorbeeld studenten.

Dit is, hoewel niet ideaal, in de praktijk de methode die het meest kansrijk is. Het levert veel gegevens op met een behoorlijk mate van betrouwbaarheid aangezien de studenten de gewenste gegevens goed kunnen meten. Het nadeel is dat de methode vaak slechts voor een beperkte periode inzetbaar is.

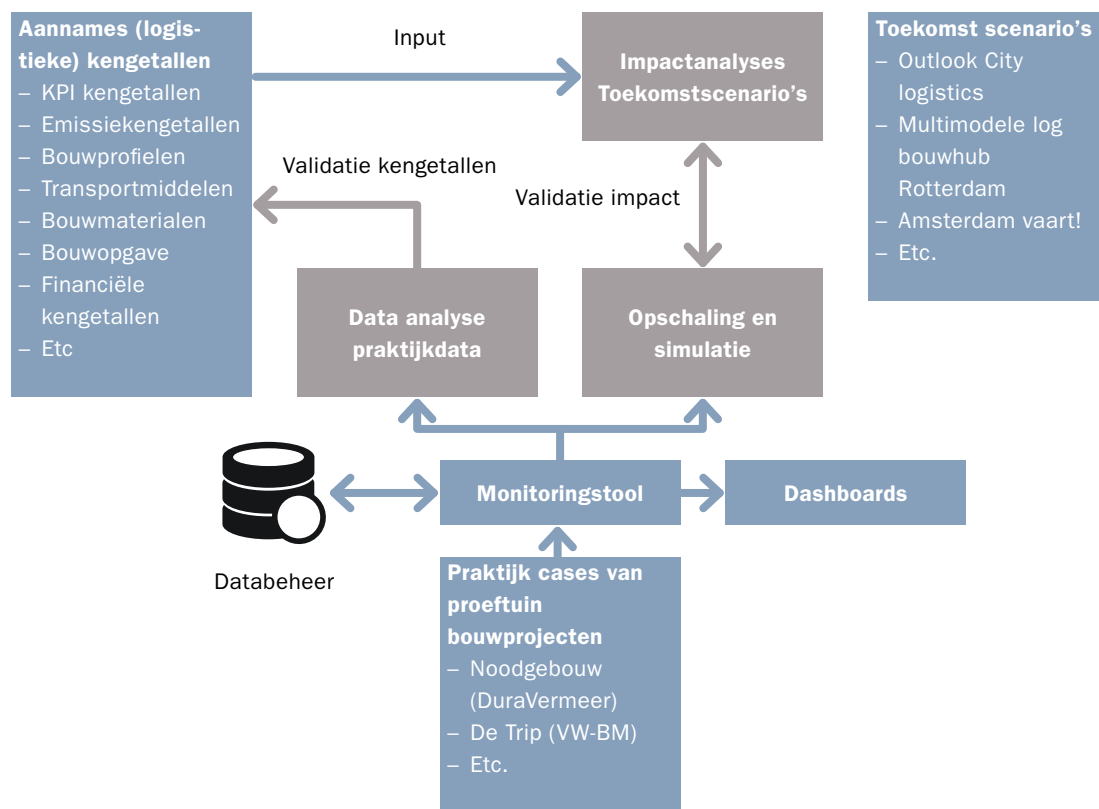
Om gelijkwaardige data van logistieke processen te kunnen meten zijn definities en voorschriften opgesteld. Deze zijn vervolgens omgezet in registratietools met behulp van Google Forms. Op deze wijze kunnen bouwpersoneel en studenten op eenduidige uniforme wijze meetgegevens vastleggen en verzamelen.

De vertaling van de meetgegevens naar KPI's is afhankelijk van de kwaliteit en volledigheid van de dataset die als input beschikbaar is. De data-analyse methodes worden daarop afgestemd. De resultaten worden gepresenteerd in een dashboard op het gewenste aggregatieniveau van de gebruiker. Zo kan een ketenregisseur van een bouwlogistiek proces geïnteresseerd zijn in heel andere KPI's dan beleidsambtenaren in een gemeente.

Naast de primaire functie van een actueel overzicht van de huidige presentaties in een logistieke keten, heeft het monitoren van KPI's nog een tweede doel, namelijk het verifiëren en valideren van logistieke kengetallen. Deze getallen zijn nodig voor berekeningen van verwachte prestaties van bouwlogistieke maatregelen voorafgaand aan de uitvoering van een bouwproject of van de prestaties over een langere periode voor een stadsregio (op een hoog geaggregeerd



Figuur 34: Monitoringstool Amsterdam Vaart (work in progress - artist impression).



Figuur 35: Toekomstvisie op generieke monitoringstool.

niveau). Beschikbaarheid van logistieke kengetallen is essentieel voor goede scenario analyses en simulatiestudies van toekomstige plannen.

De opgedane ervaringen uit de monitoring van de verschillende proeftuinen zijn vertaald naar een ontwerp voor een generieke monitoringstool. Deze vertaalt op een slimme en betrouwbare wijze de gemeten data naar KPI's op verschillende niveaus, rekening houdend met de betrouwbaarheid en volledigheid van de inputdata. Deze is in figuur 35 weergegeven.

4.10 TRACKERS EN SENSOREN TOEPASSEN IN BOUWLOGISTIEKE KETENS

'Slimme' tracking systemen voor het volgen van zendingen in logistieke ketens wordt steeds breder toegepast. De technologie is beschikbaar en ook steeds beter betaalbaar. Inzet van deze trackers levert waardevolle data op over het logistieke proces op een geautomatiseerde, niet-arbeidsintensieve manier. Dit vergt uiteraard aanpassingen in het logistieke proces, maar kan leiden tot een beter, actueler en meer betrouwbaar inzicht in de logistieke keten. De bouwsector maakt alleen nog niet op grote schaal gebruik van deze tracking systemen en ervaringen daarmee zijn dan ook schaars. Binnen dit project zijn verschillende pilots uitgevoerd met trackers voor het volgen van bouwlogistieke stromen. Een korte toelichting.

4.10.1 Inventarisatie trackers en sensoren in de bouw

In de ideale situatie is alle data van het bouwlogistieke proces voor alle partijen beschikbaar te hebben. Inzicht en transparantie van begin tot einde van het proces is nodig om faalkosten te minimaliseren en verdere verbeteringen in de bouwlogistiek te onderbouwen. Hiervoor zijn ICT-hulpmiddelen nodig, zoals bijvoorbeeld sensoren en slimme tags. Op deze manier is realtime data te verzamelen op een niet-arbeidsintensieve manier.

Voor de inzet van sensoren zijn verschillende componenten nodig:

- Labels – materiaal, materieel of personen moeten geregistreerd kunnen worden
- Lezers – deze lezen de labels uit
- Database – de database ontvangt de data vanuit de lezers
- Interface – een interface zorgt voor informatie-overdracht op een heldere manier

Gebruikers nemen op basis van de informatie geïnformeerde beslissingen om zo faalkosten te minimaliseren.

Een uitdaging op technologisch vlak is de standaardisatie van systemen in de hele bouwlogistieke keten voor verschillende materiaalstromen, leveranciers, verpakkingswijzen, transportmiddelen, laad- en losmethoden, verschillende bouwbedrijven, logistiek dienstverleners, groothandels en leveranciers. Positief is de ontwikkeling van ketenstandaards voor de bouw en installatie door onder meer ETIM Nederland. De systemen op de bouwplaats moeten robuust zijn, ongevoelig voor menselijk falen, sensoren en scanners moeten tegen een stootje kunnen en het systeem moet kunnen omgaan met staalconstructies en hoogbouwomgevingen.

Het gaat niet alleen om hardware (de sensoren, labels en lezers) en software (databases en interfaces). Ook de 'human factor' is van belang om de meerwaarde van ICT-hulpmiddelen in de bouw tot hun recht te laten komen. Training van personeel is belangrijk.

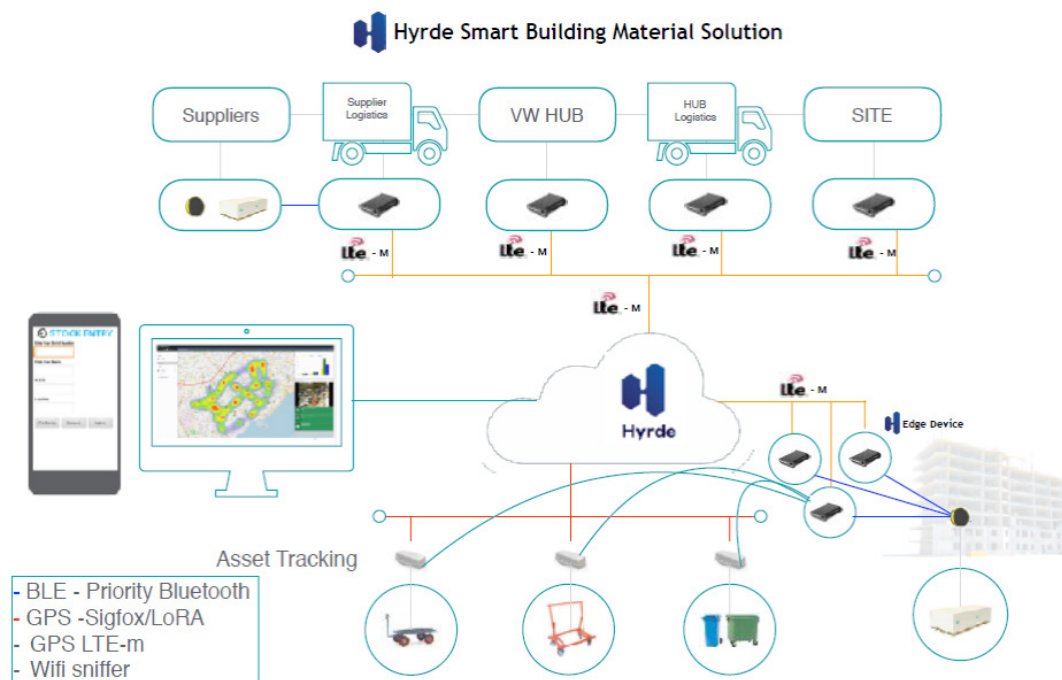
4.10.2 Onderzoek IT-studenten HU

IT-studenten van de Hogeschool Utrecht hebben

onderzoek gedaan naar het gebruik van trackers en sensoren in de bouw bij de proeftuin van Het Noordgebouw. Zij hebben gewerkt aan een Proof of Concept voor het volgen van karren of inhuizers in een van de proeftuinen. Hierbij hebben ze gebruik gemaakt van bluetooth apparaten (beacons) die signalen uitzenden en gateways die deze registreren. Dergelijke draadloze technologieën als Bluetooth en RFID zijn zeer geschikt voor dataverkeer over korte afstanden. Er zijn verschillende systemen op de markt verkrijgbaar die direct inzetbaar zijn.

Lessons learned

- Het concept van toepassen van trackers en sensoren in bouwlogistiek staat nog in de kinderschoenen maar laat wel de potentie van gebruik daarvan in een bouwcontext zien.
- Hardware dient robuust te zijn en tegen een stootje te kunnen.
- Bij het ontwikkelen van een meetsysteem met sensoren moet goed nagedacht worden over de stroomtoevoer. Zonder stroom registreren de gateways geen gegevens.



Figuur 36: Schematische weergave van de Hyrde oplossing.

4.10.3 Pilot Noordgebouw

Bij één van de proeftuinen in dit onderzoek is een pilot uitgevoerd met de toepassing van trackers en sensoren in de bouwlogistieke keten. Doel van deze praktijkproef was ervaring opdoen met tracking en tracing van bouwmaterialen en het testen van de verschillende technologieën in een bouwlogistieke omgeving. Na een korte marktverkenning van potentiële aanbieders is met twee verschillende oplossingen een proef gehouden bij het Noordgebouw van DuraVermeer: Hyrde en ICONS.

Hyrde

Hyrde is een dochteronderneming van VolkerWessels die Internet-of-Things oplossingen faciliteert en realiseert. ICONS is een systeem voortgekomen uit een Fins onderzoek naar de toepassing van trackers en sensoren in bouwlogistiek.

Daarbij zijn drie verschillende type stromen in het logistieke proces gevolgd:

1. Verschillende **bouwmaterialen** in het afbouwproces.
2. De **karren** die worden ingezet tussen de BouwHub van VolkerWessels Bouwmaterieel en de bouwplaats.
3. De runners die worden ingezet op de bouwplaats voor het uitlopen van de bouwmaterialen naar de juiste locatie op de bouwplaats.

De pilot was gericht op de logistieke stromen tussen de BouwHub en de bouwplaats. Het volgen van logistieke stromen vanaf de aanlevering van bouwmaterialen vanaf de leveranciers of producenten aan de hub is tijdens de pilot buiten beschou-

wing gelaten, maar zeker mogelijk gezien de eerste ervaringen in de proef.

Tijdens de pilot is de afbouw van de verdiepingen 9, 10 en 11 van het hotel gemonitord. Daarbij zijn verschillende soorten technologieën ingezet, waaronder bluetooth, GPS, LoRA en Sigfox, GPS LTE-m, Wifi sniffer.

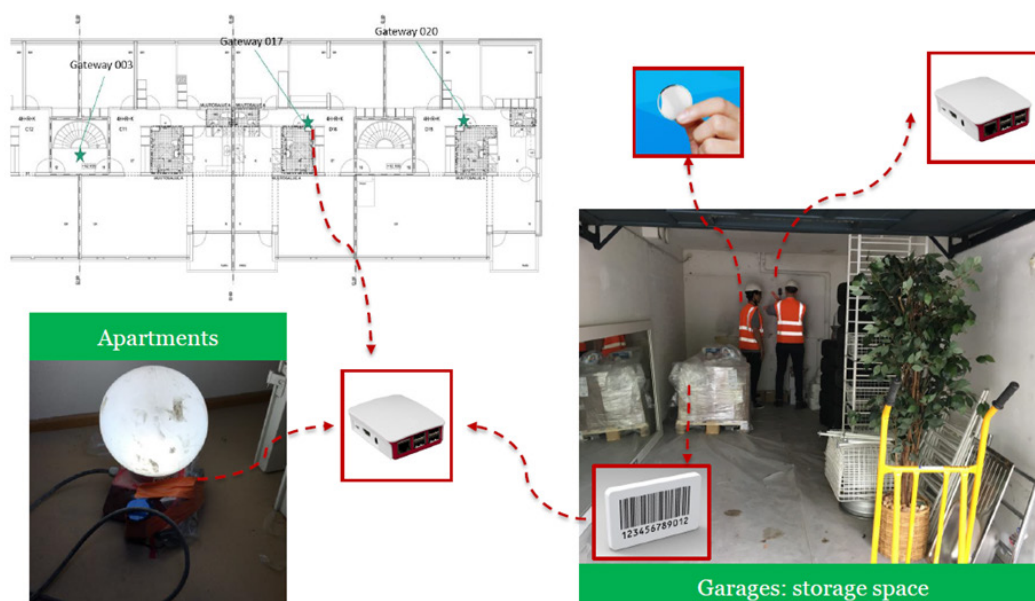
Tijdens de proef op de BouwHub en de bouwplaats is steeds de balans gezocht tussen een zo nauwkeurig mogelijke plaatsbepaling en een zo efficiënt mogelijke toepassing van beschikbare technologische oplossingen.

De eerste ervaringen laten zien dat er realtime inzicht is in de locatie van de karren tussen BouwHub en bouwplaats tot op een specifieke verdieping en zelfs clusters van hotelkamers op die verdieping.

Een specifiek aandachtspunt in een dynamische praktijkomgeving met veel bouwpersoneel van verschillende onderaannemers is de stroomvoorziening. Alle partijen gebruiken voortdurend elektriciteit, waarbij een ononderbroken stroomvoorziening niet gegarandeerd is.

ICONS systeem uit Finland

Via TU Delft en Hogeschool Utrecht is toegang verkregen tot de opzet en datacloud van het Finse ICONS systeem van Aalto University in Helsinki in samenwerking met internationale partners. Het systeem is bij verschillende projecten in Finland en in China getest.



Figuur 37: Beacons/stickers op materiaal en aan personeel meegeven worden door gateways op de bouwplaats/gebouw gedetecteerd (ICONS Aalto University)

In het ICONS systeem lijkt in grote trekken op Hyrde, met beacons en gateways, maar is op onderdelen iets anders ingevuld:

- oplossing voor stroomvoorziening is gevonden in powerbanks
- er wordt gebruik gemaakt van standaard systemen die op de markt verkrijgbaar zijn
- het systeem is redelijk compact en relatief eenvoudig te installeren
- voor detectie wordt alleen gebruik gemaakt van BLE (Bluetooth Low Energy)
- data van de gateways gaat via 4G naar de cloud
- in de cloud wordt vooral tamelijk basic data gezocht voor effecten op arbeidsproductiviteit, in plaats van realtime tracking van materiaal

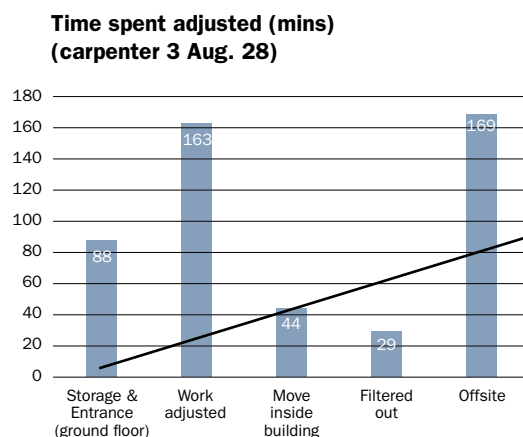
De 'lab testen' van het ICONS systeem bij VolkerWessels Bouwmaterieel zijn succesvol verlopen inclusief datatransfer van de gateways naar de cloud. Zodra het systeem 'up and running' is zal het parallel naast het Hyrde systeem worden getest op het Noordgebouw. Data wordt dan uitgelezen vanuit de ICONS cloud en beoordeeld worden op bruikbaarheid voor nadere analyses zoals voor productiviteit.

4.11. CONCLUSIE

De bouw is met een inhaalslag bezig op het gebied van logistiek. Goede ondersteunende ICT is daarbij onontbeerlijk. Ketenregie over alle vervoersstromen gekoppeld aan het bouwproces, over de hele bouwlogistieke keten van producent tot op de bouwplaats, staat of valt met ICT. Daarin speelt de beoogde 4C Control Tower een cruciale rol in

planning en besturing op strategisch, tactisch en operationeel niveau. In dit project is daarom een visie ontwikkeld hoe ICT is vorm te geven, welke functionaliteiten noodzakelijk zijn en hoe er een koppeling mogelijk is met het belangrijkste ICT-instrument in de bouw: BIM. Er nog een flinke ontwikkelingsslag nodig om BIM geschikt te maken voor bouwlogistieke planning en besturing. Met name op het gebied van een dynamische koppeling met de bouwplanning en de vertaling van generieke bouwelementen naar specifieke bouwmaterialen.

De nieuwste software van IFC (Industry Foundation Classes), IFC4, vormt hier een goede basis. Verschillende tools zijn getest in de proeftuinen en zijn stappen gezet richting de functionaliteiten van de beoogde bouwlogistieke Control Tower. Betrouwbare dataregistratie op een robuuste en geautomatiseerde wijze in het integrale bouwlogistieke proces is cruciaal voor deze Control Tower en blijkt tot op heden de achilleshiel voor goede ketenregie. Nieuwe technologieën gebaseerd op Internet of Things (IoT) kunnen passende oplossingen bieden. In het project zijn ervaringen opgebouwd met het toepassen van deze technologieën in de weerbarstige praktijk van de bouwlogistieke keten.



Figuur 38: Beacons die personeel bij zich hebben (pocket beacons) geven aan hoe lang personeel op de bouwplaats is en waar, en hoe lang van de bouwplaats af zodat tijdsdata gelezen en geanalyseerd kan worden voor productiviteitsanalyses (ICONS Aalto University)

5 CONCLUSIES EN TOEKOMSTPERSPECTIEF

Alle reden om nu met bouwlogistiek te beginnen

Een succesvolle bouw valt of staat met goede logistiek. En dat is veel meer dan alleen maar de inrichting van de bouwplaats. We bouwen in Nederland steeds vaker 'op een postzegel', in bewoond gebied met hoge eisen vanuit de omgeving. De beheerder van de buitenruimte beperkt de toegang tot de bouwplaats met allerlei verkeersmaatregelen. De digitale revolutie biedt bouwers nieuwe kansen hun logistiek zó in te richten dat ze hun werk goedkoper, sneller, veiliger, schoner en met minder omgevingshinder kunnen doen. Er is nauwelijks nog reden om niet vandaag al met bouwlogistiek te beginnen.

Bouwlogistiek biedt zowel maatschappelijke voordelen als meer efficiency binnen de bouwketen. Voor een duurzame bouwlogistiek zijn verschillende maatregelen denkbaar, zoals de inzet van een BouwHub, bundeling, bouwcontainers, verkeersmaatregelen en vervoer over water. Eerdere onderzoeksresultaten van de Trip (paragraaf 2.3) spreken aan: bijna 70 procent minder vervoersbewegingen naar de bouwplaats, bijna 70 procent lagere uitstoot van CO₂ en bij sommige proeftuinen tot meer dan 40 procent productiviteitsverbetering voor specifieke processen op de bouwplaats. In lijn hiermee laten de resultaten van dit project zien dat bij de drie proeftuinen een reductie in ordegraote van 50%, 65% en 80% in ritten mogelijk is. In hoofdstuk 2 zijn de resultaten in meer detail toegelicht. En alleen al in de stroom de dagpakketten via de BouwHub bij het Noordgebouw blijkt er zelfs een besparing van 84% mogelijk te zijn. Op arbeidsproductiviteit zijn besparingen van 21-25% aangetoond.

Bouwlogistiek vergt doorzettingsvermogen

In de proeftuinen valt op dat bij de feitelijke uitvoering de goede bouwlogistieke voornemens soms weer zijn vergeten en de uitvoerders terugvallen op de traditionele aanpak. De uitvoerders, als eindverantwoordelijk voor het bouwproces, zijn uiteindelijk de baas. Als redenen voeren zij aan dat de logistieke maatregelen te duur zijn, het veel tijd en moeite kost om prestaties te meten en de informatie over de goederenstromen van bouwbedrijven en onderaannemers ontbreekt. Daar zit een kern van waarheid in, omdat de bouwlogistieke processen, planning en ICT niet altijd beschikbaar zijn. De komende jaren liggen er kansen, nationaal en internationaal, voor ICT-bedrijven in de bouw om dit goed te organiseren.

Duurzaam aanbesteden; Opdrachtgevers en gemeenten zijn aan zet

Om bouwlogistiek structureel te verankeren is méér nodig. Het onderwerp dient structureel op de agenda te staan in aanbestedingsprocedures en in voorschriften rond bereikbaarheid, leefbaarheid en veiligheid. Aanbestedingsprocedures laten ruimte om logistieke kwaliteit zwaarder te laten wegen dan de prijs, maar daar moet veel nadrukkelijker gebruik van gemaakt worden. Binnen het hoofdwegennet is door Rijkswaterstaat al het nodige op dit terrein bereikt. Die ervaring kan door publieke opdrachtgevers en de grotere gemeenten (als opdrachtgever én vergunningverlener) snel in de stedelijke praktijk worden gebracht. Zo werkt de gemeente Amsterdam, in navolging van Londen, aan een handboek bouwlogistiek.

Metten is weten

Een belangrijke voorwaarde voor bouwlogistiek is inzicht in de logistieke prestaties. Met meetgegevens is evaluatie van de verschillende logistieke concepten vooraf, maar vooral ook achteraf, mogelijk: wat leverden de bouwlogistiek maatregelen bij een project op? Behalve prestatiemeting (plan-do-check-act), zijn rekenmodellen nodig en informatietechnologie om de logistieke beheersing te ondersteunen. Als een uitvoerder positieve ervaring heeft, wil hij die weer herhalen. Het delen van kennis is zowel intern als extern een aandachtspunt. Bouwbedrijven die daadwerkelijk willen profiteren van een betere bouwlogistiek moeten investeren in kennis en leren van ervaringen. Een goede ontwikkeling is dat bouwbedrijven logistiek managers aanstellen die zich als 'duvelstoejagers' hiermee bezighouden. Bouwend Nederland biedt met de cursus 'Bouwlogistiek in een dag' inspirerende voorbeelden en een platform voor kennisuitwisseling.

De basis voor een goede bouwlogistiek bij bouwprojecten moet al in een vroeg stadium, bij het ontwerp en bij de aanbesteding, worden gelegd. Hier ligt een sleutelrol voor inkoop door de bouwbedrijven. Er is een verschuiving nodig van inkopen op prijs per project naar inkopen op basis van toegevoegde waarde in de keten en strategische samenwerking. Onderdelen van die toegevoegde waarde zijn de integrale ketenkosten en de prestaties op het gebied van duurzaamheid. Logistieke afstemming gaat daarbij niet alleen over hoe de levering fysiek gebeurt, maar ook over het uitwisselen van plannings- en voorraad informatie, het afstemmen van de ICT-systemen en de overlegstructuren. Een gemeenschappelijke 'taal' kan dat faciliteren.

Ondanks succesvolle experimenten is duurzame bouwlogistiek nog niet structureel verankerd in de binnenstedelijke bouwpraktijk. De grotere bouwers zijn zich bewust van een nodige cultuurverandering gericht op meerjarige samenwerking binnen de gehele bouwketen. Investerings- en opbrengsten moeten daarbinnen evenwichtig in de keten worden verdeeld; de rekenmodellen daarvoor moeten nog worden ontwikkeld. Ondersteunende ICT bevat straks alle informatie over het bouwproces is, inclusief transportplanning en beheer van materialen.

Bouwlogistiek is het orchestreren en synchroniseren van stromen. Ontwikkelingen in digitalisering ondersteunen daarbij.

Samenwerking in Control Towers (CT) is nodig voor transparante samenwerking in de keten. In de Control Tower komen systemen, technologieën en innovatieve manieren van werken samen. Samenwerking kan op verschillende manieren: intern, operationeel, verticaal en horizontaal in de keten en zelfs cross-chain. Daarin kunnen functioneren betekent dat multidisciplinair kunnen denken. Tactische planning, operationele planning en uitvoering vragen om verschillende competenties.

Een eerste goede stap is duurzame bouwlogistiek voor één project met betrokken onderaannemers en leveranciers organiseren. Nog beter is die bouwlogistiek ook over andere projecten van de bouwbedrijven in een bepaald gebied af te stemmen in nauw overleg met toeleveranciers, groothandel, logistiek dienstverleners en niet in de laatste plaats de vakmensen van de onderaannemers. Er is een reëel risico dat er niet voldoende mensen, materiaal en materieel zijn om te voldoen aan de bouwbehoefte. Dat is te voorkomen door het koppelen van BIM van verschillende projecten met de Sales and Operations Planning van toeleveranciers. De bouwsector zal een gemeenschappelijke 'planningstaal' moeten ontwikkelen voor deze afstemming. Daarnaast is een branche-breed model voor logistieke beheersing nodig, wat in dit onderzoek is uitgewerkt. Dit model bepaalt tevens de informatie die nodig is voor de bouwlogistieke planning, de inzet van 4C Control Towers en daarmee de ondersteunende informatietechnologie (gekoppeld aan BIM) en de data-uitwisseling in de bouwketen en met overheden. De nu beschikbare ICT is fragmentarisch, niet compleet en vormt onvoldoende ondersteuning voor de bouwlogistiek. Hier liggen kansen voor de ICT-bedrijven in de sector om nieuwe functionaliteiten te ontwikkelen.

Human factor: de planner en de vakkracht

Achter elke productieve vakkracht staat een sterke planner. De bouwlogistiek planner moet ICT-kennis hebben, oplossingsgericht zijn, kunnen meedenken en in staat zijn om werkwijzen te veranderen in samenwerking met de werkvloer. Een voldoende opleidingsniveau en analytisch vermogen zijn voorwaarden voor de nieuwe generatie planners. Technologische kennis is bovendien een vereiste om met apps en statistische tools om te kunnen gaan. Daarnaast moet de vakspecialist zich ook kunnen focussen op zijn specialiteit, zeker ook met oog op het tekort van vakmensen. Sociale innovatie is nodig. Niet alleen op strategisch niveau bij het management van de bedrijven in de bouwketen, maar ook bij de uitvoerders en planners. De traditionele cultuur en businessmodellen in de bouw botsen met de eisen die innovatieve bouwlogistiek stelt. Alle medewerkers moeten worden betrokken bij de plannen die er zijn, om draagvlak in het hele project- én bouwteam te creëren.

Kleine bouwbedrijven stimuleren

De grote bouwers en toeleveranciers vinden hun weg wel. De bouwlogistiek rond de vele verbouwingen door kleinere bouwbedrijven en ZZP'ers vraagt echter een andere aanpak. De vraag is of de traditionele praktijk van bouwbedrijven die in grote getale met hun bestelbus in de stad staan, is vol te houden. Zij moeten ervan overtuigd raken dat slimme bouwlogistiek voor hen profijtelijk is. Zo kunnen gemeenten dit stimuleren door speciale ruimte beschikbaar te stellen, zoals op pontons op het water, om containers met materialen en gereedschappen in de avond vóór de klus gereed te zetten. Het idee is niet nieuw, maar krijgt extra dynamiek als kleinere bouwbedrijven dit samen oppakken met ondersteuning door logistieke dienstverleners of groothandels met strategisch gelegen voorraadlocaties.

Circulair bouwen en afbreken

Slim gebruik van materialen bevordert circulair bouwen (en afbreken). Mogelijk hergebruik van materialen over lokale bouwprojecten heen moet onderdeel zijn van de bouwlogistieke planning. De vrijgekomen materialen moeten lokaal en snel elders gebruikt kunnen worden. Anders loont het opwaarderen van afvalstromen de moeite niet. Projecten als Cirkelstad en Madaster kunnen de ontwikkeling van 'closed loop supply chains' ondersteunen. Om precies te kunnen weten welke materialen waar beschikbaar zijn en later beschikbaar komen is een materialen paspoort nodig. De sector zet nu de eerste stappen hierin. Een koppeling met BIM is ook hierin gewenst. TNO heeft een model ontwikkeld om per regio aanbod

van bouw- en sloopafval en vraag naar bouwmaterialen beter bij elkaar te brengen¹⁸.

Bouwlogistiek als aanjager voor vernieuwing

Duurzame bouwlogistiek is een aanjager voor vernieuwing in de bouw. Dat is ook nodig want we moeten snel structurele maatregelen ontwikkelen voor de leefbaarheid en bereikbaarheid rond de bouwprojecten in grote steden. Het moet sneller, met minder hinder en met minder mensen op de

bouwplaats. De invloed van bouwlogistiek op de productiviteit van vakmensen, en het betrekken van die vakmensen bij logistieke kansen, bleek bij de proeftuinen onbekend terrein. Er zijn veel meer experimenten nodig. Alle partijen in de bouwsector zullen hier gezamenlijk in moeten optrekken. Het is evident dat dit een prominente plek verdient in de Bouwagenda van de Taskforce Bouw: hoe bouwen we meer volume met minder mensen op de bouwplaats?

Europese ervaringen

De Nederlandse praktijk is weerbarstig, ondanks mooie voorbeelden van een geslaagde bouwlogistiek. In andere Europese landen zijn ook initiatieven genomen voor een betere binnenstedelijke bouwlogistiek waar dezelfde ervaringen zijn opgedaan.

CIVIC

Het doel van het Europese CIVIC-project was om efficiënt, duurzaam transport naar, van en rond stedelijke bouwlocaties te faciliteren en te ondersteunen. Dat minimaliseert omgevingshinder en verbetert de productiviteit. Het CIVIC-project concludeerde dat de invloed van bouwen in de stad op de mobiliteit en leefbaarheid slechts in beperkte mate onderdeel is van de stadsplanning in de bestudeerde steden (Amsterdam, Wenen, Brussel, Stockholm en Göteborg). Alleen grootschalige infrastructuurprojecten en heel nieuwe stadswijken worden daarin meegenomen. Maar de meeste bouwprojecten zijn juist kleinschalige stadsontwikkelingsprojecten met een combinatie van verschillende publieke en private partijen. Er is behoefte aan afstemming van bouwprojecten met onder meer verkeersmanagement om knelpunten in de stedelijke infrastructuur te kunnen opvangen. CIVIC heeft gewerkt aan een gecoördineerde planning tussen publieke partners en de particuliere bouwbedrijven en projectontwikkelaars voor samenhangende maatregelen voor mobiliteit, leefbaarheid en verkeersveiligheid in de stad.

Voor meer informatie: <https://www.civic-project.eu/en>

SUCCESS

Het Europese project SUCCESS - Sustainable Urban Consolidation Centres for construction had als doel duurzame en efficiënte oplossingen te zoeken voor bouwlogistiek gericht op BouwHubs. Met elf partners uit Spanje, Frankrijk, Italië en Luxemburg werden de verschillende oplossingen doorgerekend en getest. Het SUCCESS project leverde een stappenplan op voor de invoering van bouwlogistiek. Het stappenplan identificeert de context, trends, belangrijkste faciliterende factoren zowel intern als extern die het succes van de invoering van bouwlogistiek kunnen en ondersteunen, ook in het licht van de barrières die betrokken partijen ervaren.

Tijdens de door SUCCESS georganiseerde evenementen bleek dat bouwbedrijven vinden dat overheden innovatie moeten bevorderen, vooral door specifieke bepalingen in aanbestedingen op te nemen zoals het opstellen van een bouwlogistiekplan.

De introductie van BouwHubs zal niet alleen van invloed zijn op logistieke operaties, maar ook op inkoopprocessen en gerelateerde contracten met onderaannemers en leveranciers. Dit vereist grote veranderingen in de kostentoewijzingen en betekent dat elke partij zich beter kan concentreren op de kernactiviteit. De logistieke activiteiten worden gedeeld.

Innovatie kost tijd en is afhankelijk van de omstandigheden en behoeften van de stad. Het SUCCESS project heeft deeloplossingen opgeleverd, zoals inkoopsoftware, ticketsysteem en BIM voor bouwlogistiek. Sommige projecten werken ook aan ICT-oplossingen waarmee het transport naar en van de bouwplaats is te verbeteren door een betere communicatie tussen de verschillende partijen (leveranciers, bouwbedrijven, afvalinzamelaars).

Voor meer informatie: <http://www.success-urbanlogistics.eu/>

Londen

Londen is toonaangevend als het gaat om de publieke rol bij bouwlogistiek. Het bestuur vraagt om bouwlogistieke plannen conform een vastgesteld format. Het vereiste Construction Logistics Plan (CLP) is een belangrijk instrument voor planners, ontwikkelaars en bouwbedrijven. Het CLP richt zich specifiek op toeleveringsketens voor de bouw en hoe hun negatieve invloed op de mobiliteit in de stad kan worden verminderd. Een CLP verschilt van een Construction Management Plan (CMP) of Construction and Environmental Management Plan (CEMP) doordat CLP's eerder in het planningsproces zijn ontwikkeld en specifiek op bouwlogistiek zijn gericht. De informatie en geplande maatregelen in het CLP kunnen ook worden opgenomen in de CMP of CEMP.

Een CLP biedt per project een kader voor bouwlogistiek. Hierin moeten voor alle fasen van de bouw worden opgenomen: de hoeveelheid bouwverkeer, de routes die de bouwvoertuigen gaan gebruiken, de gevolgen voor het verkeer, de invloed op de omgeving en de te nemen verkeersmaatregelen. De lokale autoriteiten moeten dit plan vooraf goedkeuren. Geplande maatregelen moeten SMART zijn. Ze worden op hoofdlijnen overeengekomen tijdens het proces van vergunningverlening en later in detail uitgewerkt voordat de bouwactiviteiten starten.

Londen heeft ook ruimte ervaring met opstelplaatsen voor bouwlogistiek. De functie hiervan is om de stroom van vrachtwagens op en buiten de bouwplaats te synchroniseren. Ze moeten soms even wachten tot er ruimte is bij de bouwplaats en verminderen zo de congestie in het lokale wegennet. In de praktijk blijkt het lastig goede opstelplaatsen op korte termijn te vinden. Daarvoor heeft Londen beleid ontwikkeld.

Voor meer informatie: <https://constructionlogistics.org.uk/>

BIJLAGEN

Betatoren

BETATOREN

Proeftuinnaam BetaToren

Proeftuin beschrijving

Opdrachtgever Vesteda Amsterdam
 Architect Kolpa Architecten Rotterdam
 Bouwer Waal Bouw Vlaardingen
 Aantal woningen 134
 Oppervlakte BVO 16.000 m²
 Begane grond commerciële ruimten
 Huurwoningen daarboven

Bouwlogistieke oplossingen

Aanleiding voor logistieke veranderingen:
 – Kostprijsreductie
 – Verkeersdrukke in omgeving

Doelstelling logistieke oplossingen:

- Verhoging bouwsnelheid en arbeidsproductiviteit = KPI

Logistieke oplossingen, oorspronkelijk:

- Materiaal tussenopslag in container/hub onder aan lift op de bouwplaats
- Zwaar materiaal in kranen i.p.v met lift

Proeftuin in het kort:

Looptijd 2016-2018
 Partners Waal Bouw + TU Delft
 Type bouw Woning-hoogbouw
 Plaats Leiden



IMPACT BOUWLOGISTIEKE OPLOSSINGEN

- Oplossingen zijn herzien in uitvoering:
- Materiaal is in ruwbouw in tussenopslag neergelegd op strategische/centrale plekken op de vloer om loopafstanden te beperken; dat scheelde extra handling t.o.v. een container onderaan
- Inzet twinlift i.p.v. kraan; steiger bleek niet groot genoeg voor pallets in kranen, dus lift met extra/dubbele capaciteit ingezet om materiaal snel naar boven te krijgen
- Met name focus gekozen op materiaal: tegels en sanitair
- Oorspronkelijk meetplan:
- Meetdata bevoorrading: Tegelwerk woningen en Sanitair montage
- Meetdata arbeidsproductiviteit: Tegelwerk woningen en Sanitair montage
- Doel: relatie aantonen tussen accuratesse bevoorrading en effect op productiviteit = KPI
- Er is niet kwantitatief gemeten, wel kwalitatieve vaststellingen gedaan, iom bouwteam
- De resultaten geven inzicht in het traditionele proces t.o.v. het nieuwe toegepaste proces
- Er is een algemeen gedragen beeld dat de nieuwe situatie beter/productiever werkt
- Bij volgende projecten worden kraan en steiger kritischer beoordeeld op kunnen inkranen
- Tussenopslag beneden wederom overwogen om inkomende materialen te bufferen/'parkeren'
- Balans zoeken tussen opslag beneden in container in relatie tot tussenopslag op de vloer, ivm beschikbare werkplek/beweegruimte op de vloer als daar ook materiaal ligt, evt. verplaatsen

LESSONS LEARNED

- Meten/data vergaren en daarvan leren moet vast onderdeel worden van project/bouwer
- Hub kan ook in vorm van tussenopslag op bouwplaats en op vloer: een serie van hubs
- Materieel zoals kraan, lift, steiger dienen veel kritischer en in samenhang bekeken te worden
- Onderaannemers moeten anders ingekocht worden: onderscheiden materiaal, logistiek, werk
- Eerst logistiek doorspreken/optimaliseren met onderaannemers en daarna pas inkopen!

De Bever

DE BEVER

Proeftuinnaam: De Bever**Proeftuin beschrijving**

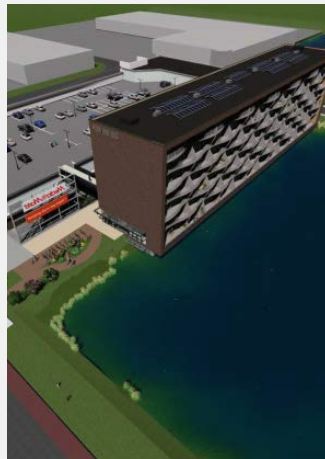
Het nieuwbouwproject De Bever wordt door Scholtens Bouw gerealiseerd. In totaal worden er 78 appartementen gerealiseerd onderverdeeld in 18 vrije sector en 60 sociale huur appartementen. Het gebouw staat gedeeltelijk in het water en de gevels bestaan uit metselwerk. Het project heeft enige vertraging (circa één maand) opgelopen. Het doel van dit onderzoek is het inzichtelijk maken van het bouwlogistieke proces, de bouwlogistieke incidenten de arbeidsproductiviteit van een afbouwmedewerker (GIBO lijmer).

Bouwlogistieke oplossingen

– Geen: opperaars (traditioneel)

Proeftuin in het kort:

Looptijd: Februari 2018 t/m juli 2018.
Meetperiode: 03-04-2018 t/m 20-04-2018.
Partners: Scholtens Bouw (aannemer). Segesta Groep (ontwikkelaar en belegger).
Type bouw: Woongebouw.
Plaats: Heerhugowaard.

**IMPACT BOUWLOGISTIEKE OPLOSSINGEN**

- Er wordt geen rekening gehouden met de organisatie van bouwlogistieke processen op de bouwplaats. De GIBO blokken worden voor de onderaannemer per week geleverd door de leverancier. Deze voorvoorrading betreft voldoende materiaal voor 1 verdieping en deze verdieping bestaat uit 8 tot 12 woningen. De blokken worden met een kraan op de steigers bij de verdiepingen geopperd en worden vervolgens door personeel van onderaannemer in de woningen geplaatst. Echter, naast de GIBO blokken worden er ook stenen geopperd voor de metselaar. Hierdoor ontstonden er problemen in het opperen omdat er geen ruimte was op de steigers.
- De GIBO lijmer krijgt per vierkante meter productie betaald. Dit betekent dat door de vertraging zijn werkzaamheden zijn uitgesteld. Per uitgestelde dag betekent dit een verlies van circa € 500,-. Dit heeft tot een gevolg dat de vakman zijn productie wil inhalen en dit heeft een vermindering in de kwaliteit tot gevolg en dit leidt vervolgens weer tot herstelwerkzaamheden en dus vertragingen.
- Het is geobserveerd dat problemen ontstaan door het gebrek aan IT voorzieningen. Zo ontstaan er fouten door het gebrek aan actuele tekeningen en ontstaan er problemen door miscommunicatie t.b.v. het stationeren van bouwmaterialen.
- Het is gemeten dat de GIBO lijmer 502 m2 productie maakt (dagproductie = gemiddeld 36 m2) en de behangklaar-maker 1.720 m2 (dag productie = gemiddeld 123 m2). Het is geobserveerd dat door competenties van de eerste vakman, de productie van de GIBO lijmer nagenoeg 0 m2 was in 3 dagen. Bij de nieuwe GIBO lijmer bedroeg de dagproductie gemiddeld 50 m2.
- Tijdens de afbouwfase zijn er 65 ritten betreffende het in-en uitgaande transport gemeten. Deze ritten veroorzaken 7.737 kilometers en 3,9ton CO₂ uitstoot.
- Gemeten KPI's: CO₂, aantal kilometers, arbeidsproductiviteit (dagproductie), lostijd, wachttijd, beladingsgraad.

“BOUWMANAGERS ZORGEN VOOR RUST”

LESSONS LEARNED

- Focus op de organisatie rondom de materiaalstromen met daarbij de informatie voorziening.
- Zorg voor een beloningssysteem en werkafspraken waarbij fouten niet (direct) leiden tot een verlies bij onderaannemers. Dit heeft tot gevolg dat onderaannemers niet meer gaan produceren dan dat zij zelf aankunnen.
- Zorg voor goede communicatie voorzieningen en zorg voor een IT systeem met actuele documenten. Logistiek wordt in de praktijk georganiseerd door de uitvoerder op de bouwplaats. Focus op oplossingen die de uitvoerder kunnen ontlasten in het coördineren van werk.
- De resultaten laten zien dat Scholtens Bouw door implementatie van een bouwlogistiek manager en coördinatie bouwlogistiek via een ICT-systeem de arbeidsproductiviteit van een afbouwmedewerker kan verhogen. Vervolgacties zijn het inzichtelijk maken van de faalkosten en meerdere ploegen meten.

Kasteeltorens

KASTEELTORENS

Proeftuinnaam: Kasteeltorens

Proeftuin beschrijving

Het project 'De Kasteeltorens' ligt in Oegstgeest in de wijk Poelgeest. De wijk Poelgeest is een rustige nieuwbouwwijk waar de afgelopen jaren veel is gebouwd. Volgens de gemeente zal dit project het laatste grote project zijn in deze wijk. De bouwplaats is erg moeilijk te bereiken doordat er maar weinig aanrijroutes zijn vanaf de snelweg en de bouwplaats maar één ontsluitingsweg heeft.

Bouwlogistieke oplossingen

- Geen: opperen / runners (traditioneel)

Proeftuin in het kort:

Looptijd	September 2017 t/m januari 2018.
Partners	Scholtens Bouw.
Type bouw	Appartementen.
Plaats	Oegstgeest.



IMPACT BOUWLOGISTIEKE OPLOSSINGEN

- Voor de meting van de KPI arbeidsproductiviteit is er gekozen om daarvoor de metselwerkzaamheden te gaan monitoren. Metingen zouden worden uitgevoerd op dagproducties.
- De nadruk zou komen te liggen op de incidenten analyse in relatie tot het optimaliseren van het interne logistieke proces t.b.v. arbeidsproductiviteit. De incidenten analyse zou worden uitgewerkt o.b.v. de methode van A. de Vries (Hogeschool Rotterdam).
- De oplossing runners is toegepast op het project maar tijdens de metingen is opgevallen dat deze vooral bezig zijn met opruimen en dat er nog geen duidelijke taakomschrijving is om de runners te kunnen aansturen.
- Uit de feedback gesprekken met de student komt naar voren dat veel vertragingen ontstaan door incidenten bij voorafgaande disciplines.

“INCIDENTEN VEROORZAKEN INCIDENTEN. ZORG VOOR EEN BOUWLOGISTIEKE FLOW”

LESSONS LEARNED

- Runners zijn voornamelijk bezig met andere werkzaamheden dan het opperen van de stenen.
- Incidenten zijn de meest voorkomende factor waaruit incidenten voortkomen.
- Leermoment is voornamelijk dat tussentijds data geïnventariseerd dient te worden door de begeleider.

Mariskwartier

MARISKWARTIER

Proeftuinnaam: Mariskwartier

Proeftuin beschrijving

In het Mariskwartier, aan de rand van de binnenstad van Vlaardingen, wordt een groot aantal net na de oorlog gebouwde woningen gesloopt om plaats te maken voor 141 nieuwe woningen, waaronder een 45 meter hoge woontoren, appartementen en grondgebonden woningen.

Bouwlogistieke oplossingen

- Prefab casco en gevelelementen (geprefabriceerd bouwsysteem)
- Opstelplaats/hub met voorraad en kozijnen monteren
- Opstelplaats langs snelweg

- Bevoorrading afbouw tijdens de ruwbouw (zoals inhijzenafvalbakken met buizen en tegels, kozijn en glasbokken)
- Voorraad vlekkenplan voor onderaannemers

Proeftuin in het kort:

Looptijd	Medio 2017 medio 2019
Partners	Woningstichting Samenwerking, Van Wijnen Stolkwijk B.V. en architecten- bureau Groosman
Type bouw	Sloop en nieuwbouw
Plaats	Vlaardingen



IMPACT BOUWLOGISTIEKE OPLOSSINGEN

- Alle inkomende transportritten op de bouwplaats zijn gemeten. Hiervan is ook een pakbon aanwezig. Doel: in kaart brengen wie, wanneer op de bouwplaats komt om het aantal ritten te reduceren.
- Geen klachten over bereikbaarheid door omgeving door JIT leveringen, minimale/incidentele opstoppen in transportleveringen
- Resultaten:
Aantal vrachten bouwdeel A traditioneel: 1.245 vrachten (inschatting)
Aantal vrachten bouwdeel A prefab casco en HSB gevelelementen: 298 vrachten (werkelijkheid)

Reductie in ritten: 79%. Reductie in kilometers: 60.564 (49%). Reductie in CO₂: 43 ton (52%).

Enorme reductie in het aantal vrachten voor dit binnenstedelijke project, waardoor de leefbaarheid en veiligheid in de stad gewaarborgd blijft.

- Ambitie aantal ritten vooraf bepaald, resultaten zijn positiever dan vooraf gecalculeerd (89% van ambitie), doordat de gemiddelde beladingsgraad hoger is. De ambitie bepalen was mogelijk doordat in BIM de elementen ieder afzonderlijk gecodeerd waren.
- De gemeten waarden worden in de volgende projecten en calculaties meegenomen, de uitvoerder was erg enthousiast over deze aanpak.

“MODULARIE BOUW ZORGT VOOR BEHEERSBARE LOGISTIEK”

LESSONS LEARNED

- Vooraf een “film” maken van hoe de logistiek eruit gaat zien bij het bouwwerk, is heel zinvol zo worden te verwachten problemen al inzichtelijk gemaakt.
- In de praktijk wordt er soms ander materieel gestuurd dan gereserveerd, waardoor het niet op de bouwplaats meer past zoals vooraf bedacht is.
- Bij het ontwerp al nadenken over de effecten op transport kunnen onnodige kosten voorkomen.

Noordgebouw

NOORDGEBOUW

Proeftuinnaam: Noordgebouw**Proeftuin beschrijving**

Hotel: 162 kamers, restaurant, bar en zwembad;

Kantoren met vergaderfaciliteiten:

8.000 m²;

Woningen: 16 appartementen;

Retail: 3.100 m² aan winkels.

Totale vloeroppervlakte: 22.700 m².

Ingang Noordertunnel, die doorgang verschaft naar de perrons van Station Utrecht Centraal.

Gelegen naast het Centraal Station en dicht bij het centrum van de stad heeft het project te maken met veel omliggende bouwprojecten, veel bouwverkeer en een zeer beperkte ruimte. Door het gebied lopen veel verkeersstromen van openbaar vervoer, voetgangers, fietsers, nood-en hulpdiensten en toeleveranciers.

Parallele bouw ruwbouw (hoogbouw) en afbouw (onderliggende niveaus)

Bouwlogistieke oplossingen

- Communicatie via bouwlogistiek coördinator op de bouwplaats
- Bouwhub(consolidatiecentrum

randstedelijk)

- Werkpakketten op transportkarren (in werkvolgorde gevuld) en als dagleveringen in afbouwfase
- Inhuizers/ runners op bouwplaats
- Werkpakketten tot aan werkplek
- Leveren buiten bouwtijd
- Bouwlift en oppersteigers
- Afvallogistiek
- Emballage (oarolcontainers)
- Planningssysteem horizontaal/ verticaal transport : Ilpsin praktijk alleen als registratietool

Proeftuin in het kort:

Looptijd: december 2016

oktober 2018

Partners: Ontwikkeling-combinatie Noordgebouw Utrecht vof (Dura Vermeer Vastgoed & VORM Ontwikkeling) ;

Ontwerp: MONK architecten;

Realisatie: Dura Vermeer Bouw Hengelo

Type bouw:

skelet retail: staalcon structie met staalplaat-betonvloeren; skelet hotel: in het werk gestort beton; gevel: prefab gevel-elementen met plaatstalenbekleding, beglazing: hoofdzaak-lijk van binnenuit aangebracht

Plaats:

Utrecht

**IMPACT BOUWLOGISTIEKE OPLOSSINGEN****Doel:**

Reductie faalkosten

Voorspelbaar en beheersbaar proces

Verhoging arbeidsproductiviteit

Reductie overlast omgeving: minimaliseer CO₂-uitstoot, fijnstof en geluid

KPI's: Lostijd, wachttijd, beladingsgraad (per type voertuig), aantal transportbewegingen, gereden kilometers, arbeidsproductiviteit

Uitgangspunt: dagproductie heeft prioriteit boven beladingsgraad

Metingen: door studenten (handmatig, op locatie, periodes van meting); registratie door HUB

Resultaat:

Positief effect van coördinatie inkomende transporten door bouwlogistiek coördinator reductie wachttijd (indicatie: halvering vhaantal minuten wachttijd op bouwplaats, va 23 naar 9 min)

Combinatiebouwlogistiekemaatregelen werkt versterkend: HUB-dagproductie-werkpakketten-inhuizen –levering buiten bouwtijd

(Randvoorwaarde: dagproductie en geen opslag op bouwplaats)

– Reductie in ritten: 77% bij de combinatie, gehele

Noordgebouw 66%

– Toename arbeidsproductiviteit -gips en tegels: 20-25%

– Opslagvoordeel HUB bij ruimtegebrek op bouwplaats

– Verbeterpotentieel: meer leveringen via HUB ipv direct van leverancier naar BP; nu circa 18% -47 % via HUB

Vervolgacties/ nader onderzoek:

– Voortzetten bestaande meting en KPI bepaling ter verdere onderbouwing van de kentallen

– Nieuwe kengetallen bepalen: logistieke kosten vsbrutovloeroppervlak, logistieke kosten vs. aanneemsom, logistieke kosten per onderaannemer meten

– Gebruik van HUB in afbouw voor installatiemateriaal (evtm met daglevering in venstertijd) (zie ook verbeterpotentieel)

– Ketensamenwerking in relatie tot nieuwe cultuur in de bouw

“DAGPRODUCTIES PREVALEREN BOVEN BELADINGSGRAAD”

LESSONS LEARNED

– Meerwaarde HUB

– Bufferfunctie: bij ruimtegebrek en vertraging in bouwproces

– Flexibiliteit: veel voorraad op korte afstand van bouwplaats

– Emballage: door leveranciers opgehaald bij de HUB (ipvbouwplaats)

– Manco's: voortijdig gesignaleerd bij levering aan HUB

– Inleereffectenbij meten: aanwezigheid op bouwplaats helpt

– Data en KPI's versterken met event logs

– De dynamische context in de bouw kenmerkt zich door bouwplanningen, die altijd onder druk staan: voorspelbaar en beheersbaar proces op basis van dagproductie heeft veelal prioriteit boven beladingsgraad transport

– Combinatiebouwlogistiekemaatregelen werkt versterkend: ketensamenwerking van belang.

Pontsteiger

PONTSTEIGER

Proeftuinnaam: Pontsteiger

Proeftuin beschrijving

Het nieuwbouwproject 'Pontsteiger' is een project in de Houthavens van Amsterdam. Het project is zo vormgegeven dat het de kenmerken heeft van een poort. Het gebouw bestaat uit 366 appartementen, waarvan 66 exclusieve koopwoningen en een ondergrondse parkeergarage. Het doel van deze proeftuin is om aan te tonen dat de toepassing van een afbouw combi-container (ACC) kan leiden tot een verhoging van de arbeidsproductiviteit, vermindering van wachttijden op de bouwplaats, afgelegde kilometers en het reduceren van de CO₂-uitstoot. De ACC's bij de Pontsteiger zijn alleen

gebruikt bij de afwerking van de badkamers. De reductie kan meer zijn indien de ACC's voor alle afbouw werkzaamheden zouden worden toegepast.

Bouwlogistieke oplossingen

- Afbouw Combi Container.
- Gebruik van runners.
- Bouwticketsysteem (Timeblockr).

Proeftuin in het kort:

Looptijd	2017 –2018.
Partners:	Dura Vermeer & M.J. De Nijs.
Type bouw:	Woongebouw.
Plaats:	Amsterdam.



IMPACT BOUWLOGISTIEKE OPLOSSINGEN

- Uit het onderzoek kan worden geconcludeerd dat de runners de tot hun beschikking gestelde transportmiddelen meer gebruiken, maar dat de productiviteit hoger is dan de op traditionele wijze uitgevoerde materiaalstromen.
- Er kan niet met zekerheid worden gezegd of de inzet van de combi-container materiaal afbouw bijdraagt aan het verhogen van de arbeidsproductiviteit. Hiervoor zijn meer metingen noodzakelijk.
- Er valt te concluderen dat de combi-container materiaal afbouw gemiddeld langer (1 uur en 6 minuten) op de bouwplaats aanwezig is dan bij de aanvoer op traditionele wijze (50 minuten). Echter, er moet wel in acht worden genomen dat het lossen van de combi-container materiaal afbouw uit meer bewerkingen bestaat dan het lossen op traditionele wijze.
- Uit de opnames blijkt dat 50% van de leveringen op het project Pontsteiger zijn aangekondigd in Timeblockr. Hieruit blijkt dat Timeblockrgeen positief effect heeft op de voorspelbaarheid van de lostijd, uit de boxplot komt naar voren dat de leveringen die vooraf zijn aangekondigd de meeste spreiding hebben in tijden dat goederen worden gelost.
- Het blijkt dat 41% van de leveringen arriveert binnen een uur rondom de afgesproken levertijd. De tijden die buiten het uur vallen variëren van zeven uur eerder tot vijf uur later. Hieruit valt te concluderen dat het afsprakensysteem binnen de Supply Chain op Pontsteiger niet is geïntegreerd, hierdoor is het onmogelijk om de tool te gebruiken om het logistiek te organiseren. Ook toont de keuze van de opslaglocatie in relatie tot de aankondiging via Timeblockrgeen positief effect.
- Het gebruik van ACC heeft 30% in kilometers en 27% in CO₂ uitstoot gereduceerd (metingen op 7 verdiepingen).
- Het gebruik van de combi-container zorgt voor minder congestie door minder transport bewegingen en minder opslag op de bouwplaats. Ook leidt het tot minder transport bewegingen op de bouwplaats omdat materiaal minder vaak hoeft te worden verplaatst.
- Gemeten KPI's: lostijd, wachttijd op bouwplaats, aantal kilometers, wachttijd tijdens transport, CO₂ uitstoot, arbeidsproductiviteit (dagproductie), beladingsgraad.

“DE AFBOW COMBI CONTAINER: DE OPLOSSING VOOR DE AFBOW”

LESSONS LEARNED

- Focus op de organisatie rondom de materiaalstromen met daarbij de informatie voorziening. Het enkel focussen op de productieplanning en de informatie van goederen is onvoldoende. Incidenten en de daarop volgende afstemming en coördinatie is de meest voorkomende oorzaak waaruit een ander incident ontstaat.
- Het gebruik van Timeblockr heeft niet zijn vruchten afgeworpen als het gaat om de precisie van de bevoorrading.
- Wanneer runners worden ingezet voor de bevoorrading van materialen is het een noodzaak om méér materieel ter beschikking te hebben dan normaliter. Dit is vergelijkbaar met incidenten op De Bever, hier werd opperwerk en vervolgens ook het werk van runners belemmert door een gebrek aan materieel (steigers).

Remise & Sandenbergh

REMISE EN SANDENBERGH

Proeftuinnaam: Remise en Sandenbergh

Proeftuin beschrijving

De proeftuin Bouwstream betreft de woningbouwprojecten De Remise en Sandenbergh die middels de bouwlogistieke hub in Cruquius worden bevoorrad. De bouwlogistieke hub wordt/is ingericht door BMN en zij transporteren via een combitruck de producten van de hub naar de bouwprojecten. In Remise Haarlem worden vier verschillende typen woningen gebouwd. Het plan voorziet in 146 eengezinswoningen. Het nieuwbouwproject 'Sandenbergh' is een woonbuurt gelegen in het centrum van Petten. In totaal worden er 20 eengezinswoningen gebouwd.

Bouwlogistieke oplossingen

- Buitenstedelijk consolidatie centrum (HUB).
- Werkpakketten.
- Bouwlogistieke coördinator.
- Gebruik van runners/inhuizen van materialen.
- Planningsysteem (KYP).
- Every Day Smile (treintje).

Proeftuin in het kort:

Looptijd: September 2017
juli 2018.
Partners: Dura Vermeer & BMN.
Type bouw: Woningbouw.
Plaats: Haarlem.



BOUWLOGISTIEKE HUB: MEER PRODUCTIE EN DATA REGISTRATIE MOGELIJK.

- Er zijn weinig data bekend over het functioneren van de bouwlogistieke hub. De transporteren naar de bouwlogistieke hub en tussen de bouwlogistieke hub en bouwplaats worden beperkt gemonitord. Er was geen leverancierslijst op de bouwlogistieke hub aanwezig en er werd afgeweken van de KYP planning tijdens het onderzoek Sandenbergh. Om de doorlooptijd van bouwmaterialen te kunnen monitoren dienen materialen bijvoorbeeld te worden voorzien van leverdata. Dit wordt nog niet gedaan, waardoor er geen inzicht is in hoe lang bepaalde materialen op de bouwplaats staan. Hierdoor is de JIT functie van de bouwlogistieke hub lastig te onderbouwen. Uit de metingen van de arbeidsproductiviteit op de bouwlogistieke hub blijkt dat meerdere projecten gedraaid zouden kunnen worden.
- De Remise: onvoldoende aandacht voor bevoorrading van materialen.
- Het is waargenomen dat er onvoldoende is nagedacht over de inrichting van de bouwplaats i.r.t. het stationeren van materialen. In het voortraject is er bedacht dat de combitruck zou lossen vóór de woningen. Uiteindelijk is gedurende het proces opgevallen dat dit niet meer mogelijk is. Hierdoor moeten de leveringen ergens anders op de bouwplaats gelost worden. Gedurende de observaties is er geconstateerd dat er zowel op de hub als op de bouwplaats geen geplande aankomsttijden zijn. Dit geldt voor zowel de combitruck als de leveranciers. Tijdens de metingen is er geconstateerd dat er leveranciers vlak na elkaar aankomen, waardoor er

wachttijden zijn op de bouwplaats.

- Remise: potentie bouwlogistieke hub i.r.t. arbeidsproductiviteit wordt onvoldoende benut.
- Uit dit onderzoek komt naar voren dat de arbeidsproductiviteit van tegelzetters tussen de 70% en 85% ligt (gemeten). De tegels en dorpels worden, door de hubmedewerkers, vóór de woning neergezet en daarna verplaatsen de timmermannen deze werkpakketten naar de begane grond van de woningen. De arbeidsproductiviteit van de tegelzetters is daarom verhoogd (scheelt circa 53 minuten per dag). De werkpakketten moeten eigenlijk door runners in de betreffende verwerkingsplek worden gezet om de potentie van de bouwlogistieke hub / werkpakketten maximaal te benutten. Ook kan de arbeidsproductiviteit verder verhoogd worden d.m.v. het opruimen van bouw- en slooppafval voor de tegelzetter.
- Sandenbergh: Afwijking van Every Day Smile en reductie in kilometers en CO₂.
- De resultaten laten zien dat er in de meetperiode, waarin 4 hub vrachten zijn gemeten, een reductie is gerealiseerd van 43% op de afgelegde kilometer en 38% op de CO₂-uitstoot. Echter, in de meetperiode waren er weinig leveringen vanaf de bouwlogistieke hub naar bouwplaats. Het concept "Every Day Smile" is op deze bouwplaats niet aan de orde. Dura Vermeer stopt het proces niet als er gesignaleerd wordt dat de onderaannemer achter op schema raakt
- Gemeten KPI's: arbeidsproductiviteit (dagproductie en handelingsniveau), lostijden, wachttijden, beladingsgraad, CO₂, kilometers.

"BOUWLOGISTIEK = EVERY DAY SMILE."

LESSONS LEARNED

- De bouwlogistieke hub heeft een positief effect op arbeidsproductiviteit van de tegelzetter bij project de Remise.
- De bouwlogistieke hub heeft een significant effect op het verminderen van CO₂ en aantal kilometers bij project Sandenbergh.
- De capaciteit van de bouwlogistieke hub wordt niet voldoende benut.
- De potentie van de bouwlogistieke hub wordt niet voldoende benut: bijvoorbeeld materialen worden niet JIT geleverd en werkpakketten worden niet in de verwerkingsplek gezet.
- Er bestaat een verschil tussen de werkmethode(n) van de bouwlogistieke hub op papier en in de praktijk: door incidenten op debouwplaats wordt er vaak afgeweken van afgesproken werkafspraken en in de praktijk wordt er niet gewerkt met een treintje en stopdagen.
- Er wordt nog onvoldoende aandacht besteed aan data registratie: op de bouwlogistieke hub en afwijkingen van KYP.

Voorzetgebouw & Paviljoen

VOORZETGEBOUW & PAVILJOEN

Proeftuinnaam: Paviljoen & Voorzetgebouw

Proeftuin beschrijving

Aan het nieuwe Stationsplein te Utrecht, tussen station Utrecht Centraal en Hoog Catharijne, realiseert Boele & van Eesteren "Het Paviljoen" en "Voorzetgebouw" er wordt gebruik gemaakt van één bouwplaats en één projectorganisatie om beide projecten te realiseren.

Bouwlogistieke oplossingen

- Aan-en af-voermiddelen een BouwHub
- Bouwticketsysteem

- Voorraadbeheersysteem
- Monitoren en coördineren Logistiek in de keten
- Pre fabricering op BouwHub

Proeftuin in het kort:

Looptijd	2016-2018
Partners	Boele & van Eesteren, VolkerWessels
Plaats	Bouwmaterieel Utrecht



IMPACT BOUWLOGISTIEKEOPLOSSINGEN

- Gedurende de afbouwfase heeft de focus met name gelegen op het hard maken van de reductie in gereden kilometers, CO₂ reductie en reductie van overlast van bouwactiviteiten in het centrum van Utrecht.
- Aantal ritten reductie 47%, km reductie 25% en CO₂ reductie 40%
- Hiervoor is een meetinstrument in Google formsontwikkeld die elke vervoersbeweging heeft vastgelegd. Deze gegevens zijn naast de gegevens uit het factureringssysteem gelegd om tot harde data te komen.
- Er is gewerkt aan KPI's: lostijd, wachttijd op bouwplaats/hub, aantal kilometers, wachttijd tijdens transport, CO₂ uitstoot, beladingsgraad.
- De BouwHub zal hiermee een onderdeel van het gunningsproces worden.

“DE BOUWHUB, DE NIEUWE LOGISTIEKE STANDAARD VAN VOLKERWESSELS”

LESSONS LEARNED

- De meerwaarde van een BouwHub is aangetoond.
- Meten en daarmee sturen op de bouwplaats is lastig als de metingen niet onderdeel van het primaire proces zijn. Gebruik bestaande systemen en pas deze aan om tot valide metingen te komen.
- De oplossing van een BouwHub heeft vooral meerwaarde in de afbouwfase, maar zeker ook in de ruwbouw indien er geen volle ritten zijn of als er werkzaamheden op de BouwHub kunnen worden uitgevoerd ipv op de bouwplaats.
- De effectiviteit van de BouwHub wordt sterk beïnvloed door de mate van afstemming binnen het project. Het eerder betrekken van de BouwHub in het project zal hieraan bijdragen.
- Het is nog niet helder wie en waar het meest financieel profiteert van de BouwHub. Hier is nog een traject te gaan om weerstand weg te nemen en een faire verdeling van de winsten mogelijk te maken.





› **Auteurs:**

Jannette de Bes, TNO
Silja Eckartz, TNO
Elisah van Kempen, TNO
Siem van Merriënboer, TNO
Walther Ploos van Amstel, HvA
Jessica van Rijn, TNO
Ruben Vrijhoef, TUDelft

Dit project is mede gefinancierd door de
Topsector Logistiek.

TNO innovation
for life

TNO.NL

MISSIE EN STRATEGIE

TNO verbindt mensen en kennis om innovaties te creëren die de concurrentiekracht van bedrijven en het welzijn van de samenleving duurzaam versterken. Dat is onze missie en daar werken wij, de 2600 professionals van TNO, dagelijks aan.