



Logistiek in de leefbare stad

Control tower aanpak voor verbetering van binnenstedelijke bouwlogistiek

Effectief uitwisselen van gegevens en informatie om de aansturing te verbeteren en bouwtransport te verminderen.

58

De bouwsector is verantwoordelijk voor een groot deel van het vrachtvervoer en de uitstoot ervan. Er wordt aangenomen dat het concept van control towers de sturing van de toeleveringsketen verbetert bij individuele bouwprojecten, maar ook op gebiedsniveau voor gelijktijdige projecten. Het doel van dit onderzoek was om de basis te leggen en de toegevoegde waarde aan te tonen van de toepassing van het concept van de Construction Logistics Control Tower (CLCT) in de stedelijke bouwlogistiek. Er is onderzocht hoe CLCT's kunnen helpen bij het effectief uitwisselen van gegevens en informatie om de aansturing te verbeteren en bouwtransport te verminderen.

Eerst werd vanuit stakeholderanalyse gekeken naar de motivaties van stakeholders bij het ontwerp van een CLCT. Het ontwerp is vervolgens toegepast op een case om logistieke efficiëntieverbetering te toetsen voor individuele projecten en bij gebiedsgerichte aanpak. Een case study onder geselecteerde stakeholders richtte zich op het inventariseren van kansen en voorwaarden voor het optimaliseren van de logistiek en het toepassen van centrale aansturing van de logistiek van gelijktijdige bouwprojecten in het centrum van Amsterdam. De studie toonde de toegevoegde waarde aan van een dergelijke centrale logistieke sturing om de transportbewegingen voor de betreffende bouwprojecten te verminderen, logistieke kosten te verminderen door gezamenlijke inzet van transport en overslag, en het materiaalgebruik en hergebruik te optimaliseren.

59

Inleiding

De bouwsector wordt geconfronteerd met een reeks uitdagingen, zoals het aanpakken van mondiale en regionale woningtekorten en de klimaatverandering (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat 2019). Ten eerste moeten de emissies gedurende het gehele proces, van bouw tot logistiek, worden teruggedrongen. Ten tweede stijgen de kosten als gevolg van mondiale handelsproblemen en strengere bouwvoorschriften. Ten derde wordt de sector, hoewel hij snel nieuwe bouwtechnieken adopteert, geconfronteerd met tal van obstakels op het gebied van de digitalisering. Het verbeteren van de coördinatie en samenwerking binnen de toeleveringsketen in de bouw zou een haalbare oplossing voor deze uitdagingen kunnen bieden (De Bes et al., 2018).

Er wordt aangenomen dat control towers logistieke problemen oplossen. Definities en toepassingen van een control tower lijken divers (Harmelink et al., 2024). Een vroege definitie door Bleda et al. (2014) was: “Een control tower fungeert als een gecentraliseerde hub die realtime gegevens uit de bestaande, geïntegreerde databeheer- en transactiesystemen van een bedrijf gebruikt om processen in de end-to-end supply chain te integreren en de bedrijfsvoering te verbeteren.” Een recentere definitie is: “Een organisatorisch systeem dat IT gebruikt om een specifiek deel van de servicelogistiek supply chain te optimaliseren” (Harmelink et al., 2024). Control towers hebben het potentieel om supply chain-activiteiten tussen verschillende organisaties te integreren. Bij het integratieproces van activiteiten worden voordelen verwacht, zoals afvalreductie, hogere efficiëntie en productiviteitswinst.

In dit artikel richten we ons op een bouwlogistieke control tower; Construction Logistics Control Tower (CLCT), die specifiek gericht is op het beheersen en verbeteren van logistieke activiteiten in bouwprojecten. Eerder onderzoek naar praktische toepassingen van een CLCT is gedaan in duurzame bouwlogistiek in binnensteden (De Bes et al., 2018). Voortbouwend op de lessen die uit het bovengenoemde onderzoek zijn geleerd, onderzoeken we de CLCT in een case study in de stad Amsterdam. Vooral dichtbevolkte binnensteden brengen extra uitdagingen met zich mee voor de bouwactiviteiten. Het creëren van nul-emissiezones en beperkingen op bouwtransport zijn extra beperkingen in de toch al complexe situatie van stedelijke omgevingen.

Construction Logistics Control Tower: control tower concept voor logistiek management in de bouw

Het CLCT-concept voldoet aan twee behoeften. Enerzijds is er vanuit maatschappelijk perspectief behoefte aan het terugdringen van specifieke milieueffecten zoals emissies, verkeersopstoppen, schade aan wegen en incidenten. Aan de andere kant liggen er ook kansen om de efficiëntie van toeleveringsketens in de bouw en transportbewegingen te vergroten.

Om verdere potentiële voordelen aan te pakken, spelen de uitdagingen voor de stedelijke bouwlogistiek een rol. Deze uitdagingen zijn er, vooral als gevolg van de effecten van de bouwlogistiek. De bouwsector heeft problemen met de onzekerheden rond de toeleveringsketen van de bouw (Peiris et al., 2022), waardoor stedelijke bouw moeilijk wordt. Momenteel moet de hedendaagse bouwlogistiek worden gerealiseerd met geen of lage emissies; dit is mogelijk maar vereist een goede planning, goede samenwerking tussen belanghebbenden en nieuwe technologie (Venas et al., 2020). Het concept van logistieke bouwcentra of hubs zou de lasten voor binnensteden kunnen verminderen en modulaire constructies kunnen realiseren waarbij verschillende belangen worden aangepakt die de industrie, klanten en overheid motiveren (Janne & Fredriksson, 2022).

Het kernprobleem ligt in het gebrek aan integratie van de toeleveringsketen in de bouwsector (Vrijhoef, 2011). Hoewel er voordelen worden beoogd, zoals het verlagen van de kosten, het verminderen van verspilling, het verkrijgen van een concurrentievoordeel, het creëren van waarde en het vergroten van het vertrouwen in de planning. Hoewel supply chain management onderzocht en toegepast is in de bouwsector, bestaan er nog steeds wijdverspreide problemen in de toeleveringsketens in de bouw (Papadopoulos et al., 2016). Als een CLCT toegepast gaat worden, zou er een vorm van supply chain-integratie moeten plaatsvinden om de problemen op te lossen. De bouwsector kent echter veel kleine en middelgrote ondernemingen (MKB) met een grotere scepsis ten aanzien van praktijken op het gebied van supply chain management (Dainty Millett, & Briscoe, 2001). De aanzienlijke fragmentatie van partijen in de toeleveringsketen van de bouw beperkt zelfs de niveaus van integratie die haalbaar zijn (Briscoe & Dainty, 2005). Daarom moeten dergelijke partijen erbij worden betrokken, niet alleen door louter stakeholdermanagement, maar ook door de praktische voordelen te laten zien van betrokkenheid bij het bouwen van CLCT-oplossingen.

Veel onderzoeken hebben de potentiële voordelen van supply chain management in de bouwsector onderzocht. Vooral op het gebied van transport zijn de potentiële voordelen enorm, aangezien 39 tot 58 procent van de totale logistieke kosten wordt toegeschreven aan het transport van goederen (Ying, Tookey, & Seadon, 2018). Voordelen zijn in de praktijk aangetoond, met een transportreductie van 50 tot 65 procent in de afbouwphase en 80 procent in de constructieve fase van bouwprojecten (De Bes et al., 2018). Extra besparingen als gevolg van een beter beheer van de supply chain-brede bouwlogistiek zullen ook resulteren in betere logistieke prestaties ter plaatse (Sundquist et al., 2018).

61

Een CLCT zou een hulpmiddel of facilitator kunnen zijn van het supply chain management-proces in de bouwsector. Andere supply chain control tower-toepassingen laten zien dat integratie een combinatie van technologie en coördinatie vereist om een intelligente supply chain te realiseren (Vlachos, 2023). Een CLCT zou een open platform kunnen zijn dat de noodzakelijke informatie faciliteert voor alle belanghebbenden die betrokken zijn bij bouwprojecten, en informatiediensten levert aan bewoners en het bredere publiek rond bouwprojecten (Tesselaar, 2020).

Onderzoeksaanpak

In dit onderzoek hebben we eerst een CLCT-referentiearchitectuur ontwikkeld en getest bij een groep bedrijven en projecten. We hebben de enterprise-architectuurbenadering toegepast (Ross et al., 2006) waarbij de architectuurontwikkeling in wezen wordt gezien als de ontwikkeling van een bedrijfsstrategie. Het richt zich op een zogenaamd kerndiagram voor de lange termijn enterprise-architectuur, zoals we in het volgende hoofdstuk hebben toegepast.

We hebben de drie stappen van de aanpak op maat gemaakt:

1. Beslis over het exploitatiemodel voor stedelijke bouwlogistiek,
2. Ontwikkel het kerndiagram voor een CLCT voor meerdere bouwprojecten, en
3. Zet een IT-betrokkenheidsmodel op voor de bouwbedrijven en de gemeente.

Voor dit onderzoek lag de nadruk echter op de eerste twee stappen, omdat IT-implementatie in het geval van de CLCT een langetermijnproces is, dat de inzet van belanghebbenden buiten de bouwprojecten vereist.

We onderzochten en testten de toepasbaarheid en het effect van het CLCT-ontwerp in de use case van de logistiek van gelijktijdige stedelijke bouwprojecten in Amsterdam. Het consortium omvatte de gemeente, bouw- en logistieke bedrijven en een IT-leverancier. De groep verschaftte inzicht in hun huidige supply chain en logistiek en de winst in efficiëntie en kostenbesparingen, wanneer transportprocessen zouden worden geïntegreerd en gecontroleerd, gesimuleerd door toepassing van de CLCT.

Het ontwerpen van een CLCT: Strategisch en operationeel

62

In dit hoofdstuk ontwerpen we de CLCT in meerdere stappen. Eerst beschrijven we de onderliggende casus die ten grondslag ligt aan het ontwerp van de enterprise-architectuur, namelijk infrastructuurprojecten die plaatsvinden in het historische centrum van Amsterdam. Ten tweede conceptualiseren we de contouren van een CLCT met verschillende perspectieven en beperken we deze tot toepasbare oplossingen. Ten derde transformeren we de schets in een CLCT-prototype; een enterprise-architectuur voor een CLCT met twee lagen: een strategische CLCT en een operationele CLCT.

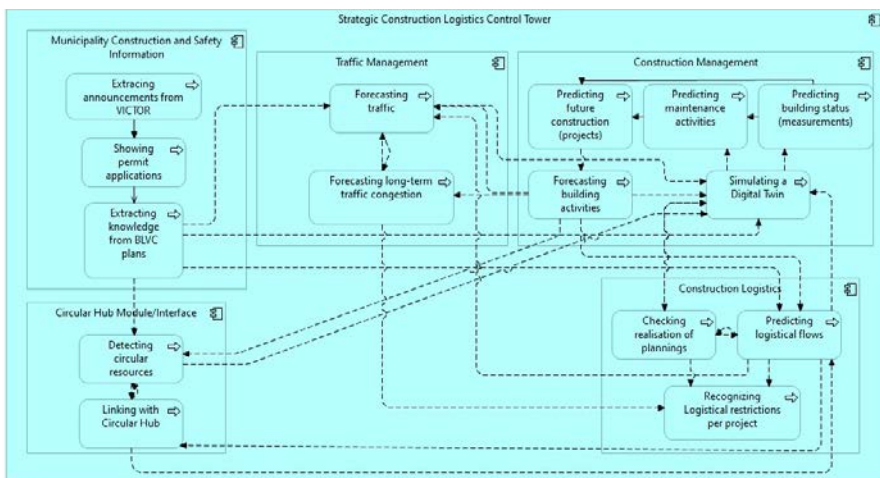
Ontwerp strategische CLCT

De strategische CLCT richt zich op de lange termijn inclusief verkeerkundige randvoorwaarden en globale sturing van bouwtransport en de bouwlogistiek vanuit oogpunt van de omgeving en vergunningen. Op basis van de door individuele belanghebbenden beschreven functionaliteitsbehoeften en -eisen is de toepassing van de strategische CLCT echter breder. Eerst bespreken we de bedrijfsprocessen die de strategische CLCT ondersteunt. Vervolgens leggen we de functionele componenten van de CLCT uit en hun onderlinge afhankelijkheden.

De CLCT ondersteunt hoofdzakelijk twee functies. De eerste is de bouwcoördinatie- en communicatiefunctie. Meestal is een gemeente verantwoordelijk voor het bereikbaar houden en functioneren van een stad volgens reguliere normen. Ze zijn echter afhankelijk van de manier waarop andere belanghebbenden in het bouwlandschap met hen samenwerken, waaronder bouwbedrijven, transportbedrijven, lokale overheden en burgers.

Het strategische CLCT ondersteunt de gemeente bij het bereikbaar houden van de stad, het in goede banen leiden van het verkeer zodat hinder tot een minimum wordt beperkt, het informeren van belanghebbenden bij mogelijke belemmeringen en het realiseren van ambities op stedelijk niveau zoals op het gebied van duurzaam en multimodaal vervoer.

Aan de andere kant ondersteunt de CLCT meer op winst gerichte bedrijfsfuncties gericht op efficiënte bouwlogistiek en projectmanagement. Bouwbedrijven zijn vooral geïnteresseerd in het realiseren en uitvoeren van bouwprocessen. Deze worden echter meestal veroorzaakt door bouwklanten. Enkele kritische bedrijfsprocessen die de strategische CLCT ondersteunt zijn het beheren van bouwactiviteiten, het realiseren van bouwlogistiek, het onderhouden van gebouwde activa en, voor sommige organisaties, het bouwen van gebouwen met circulaire grondstoffen.



Figuur 1 Strategische CLCT inclusief interne functies en relaties (Harmelink et al 2024)

Figuur 1 toont de functies binnen de strategische CLCT en hun onderlinge relaties. De afzonderlijke componenten hebben allemaal een unieke rol in de CLCT. De gemeentelijke bouw- en verkeersinformatie is een informatiebron die input levert aan andere applicaties zoals verkeersmanagement, maar ook informatie doorgeeft aan de digitale tweeling in de bouwmanagementomgeving. Deze module en de module verkeersmanagement richten zich meer op de maatschappelijke impact van bouwactiviteiten. Bij de validatie van de strategische CLCT in de Amsterdamse casus is met name deze gegevensbron besproken en in twijfel getrokken, omdat de genoemde gegevens vaak onvoldoende, laat en onvoldoende gestructureerd zijn om te worden geëxporteerd en gebruikt voor logistieke

optimalisatie en beheer. De gemeente wordt aangespoord om bruikbare formaten te ontwikkelen voor de gegevensinvoer van belanghebbenden en initiatiefnemers van lokale bouwwerkzaamheden, en de daaropvolgende gegevensverwerking tot bruikbare parameters voor logistieke optimalisatie, visualisatie en beheer van gelijktijdige projecten die plaatsvinden in stedelijke gebieden.

Het strategische CLCT kan worden gezien als een planningsplatform voor alle betrokken partijen om projecten ongeveer 1 tot 2 jaar vóór uitvoering in kaart te brengen, waarbij wordt geanticipeerd op projectactiviteiten en verkeersstromen. Het strategische CLCT fungeert als informatiebron die alle partijen een gemeenschappelijk overzicht geeft van de bouwschema's en de gevolgen voor de bouwlogistiekstromen en -transporten op het niveau van een stedelijk gebied of wijk. De beoogde strategische CLCT houdt het overzicht up-to-date met de laatste wijzigingen en voorspellingen van de verschillende bouwprojecten in het stadsgebied en laat de cumulatieve impact zien van deze bouwlogistiek transportstromen op het bestaande verkeer. Deze laatste functionaliteit vereist een koppeling met het gemeentelijke verkeersmodel.

64

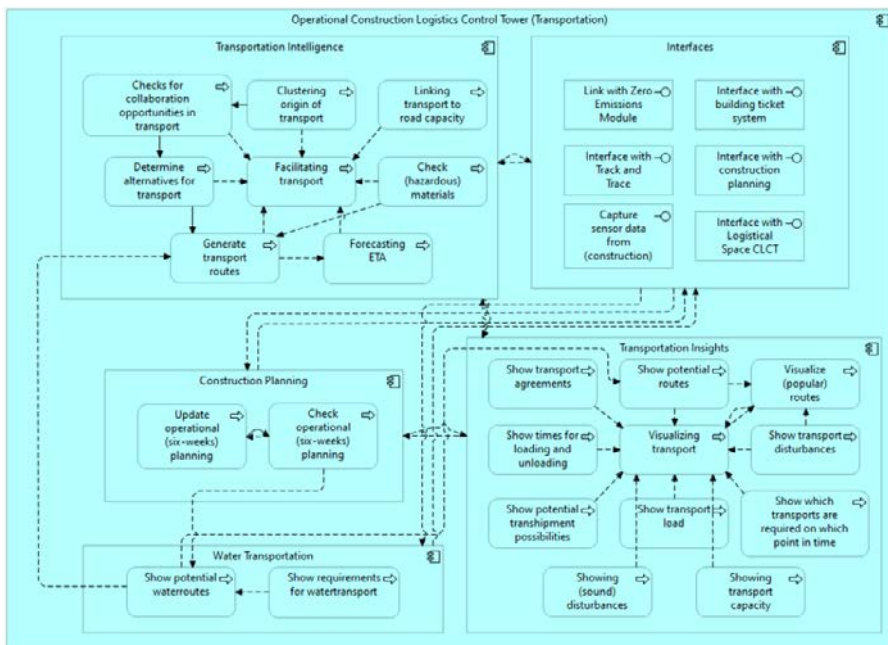
De strategische CLCT wordt ondersteund door externe technologieën en data. Technologieën omvatten externe toepassingen, standaarden of gegevens die aan de CLCT zijn gekoppeld. We erkennen meerdere identificeerbare technologieën die belangrijk zijn. Logistieke normen zijn een absolute noodzaak voor de module bouwlogistiek. Omdat bedrijven verschillende datastandaarden hebben, zou het verstandig zijn om op zijn minst verbinding te maken met standaarden voor het delen van logistieke gegevens om de interoperabiliteit van de strategische CLCT voor alle verbonden gebruikers mogelijk te maken.

Ontwerp operationele CLCT

De tweede laag van de CLCT is de operationele CLCT, die zich onderscheidt van de strategische CLCT door zich meer te richten op het daadwerkelijke transport en de operationele besluitvorming op de korte termijn. We herkennen vijf modules in de operationele CLCT: transportinzichten, transportintelligentie, watertransport, bouwplanning en interfaces met externe gegevens en bronnen.

In overeenstemming met de strategische CLCT beschikt de operationele CLCT over een reeks functies en technologieën die deze ondersteunen (Figuur 2). Ook hier kunnen openbare gegevens van de overheid worden gebruikt om de huidige status van de wegen, waterwegen en aanvullende infrastructuren zoals bruggen, verkeersintensiteiten en de technische status van wegen weer te geven. Het belangrijkste is echter dat de operationele CLCT gekoppeld moet worden aan de transportsystemen van derde partijen. Deze systemen zijn transportmanagementsystemen (TMS) of vrachtmanagementsystemen (FMS) en kunnen gekoppeld worden aan de operationele CLCT. De CLCT zelf zou kunnen

functioneren als een gedeeld transportcontrolesysteem, maar er zijn ook initiatieven waarbij transporteurs hun afzonderlijke systemen onderling met elkaar verbinden. Deze systemen moeten worden ondersteund door standaarden zoals het Open Trip Model (OTM), zoals het digitaal ondertekenen van transportleveringen. Er moet gebruik worden gemaakt van de AIS-gegevens over watertransport, die relatief eenvoudig te verkrijgen en te implementeren zijn.



Figuur 2 Operationele CLCT inclusief interne functies en relaties (Harmelink et al 2024)

Toepassing van de CLCT in case study Amsterdam

Case study Amsterdam: kadewerkzaamheden Programma Bruggen en Kademuren

Voor dit onderzoek hebben we gekeken naar de use case van infrastructuurwerken in Amsterdam. Amsterdam heeft een unieke geschiedenis met haar binnenstad, vooral door de combinatie van dichtbevolkte straten gecombineerd met waterwegen. Het Wallengebied is over de weg moeilijk bereikbaar. Daarom stimuleert de gemeente het gebruik van waterwegen voor logistieke doeleinden. Historisch gezien waren de waterwegen een middel om goederen van en naar de pakhuizen aan het water te vervoeren. De gemeente wil nu en in de toekomst het gebruik van deze waterwegen graag zien toenemen om de druk op de drukke wegen en kades te verlichten, de schade aan wegen, kades en bruggen te verminderen en de leefomgeving, verkeersveiligheid en bereikbaarheid van het gebied.

In 2020 heeft de gemeente Amsterdam het meerjarige Programma Bruggen en Kademuren (PBK) (Gemeente Amsterdam 2020) vastgesteld om in de stad 800 van de 1.800 bruggen en 200 van de 600 kilometer kademuren te herstellen. Deze objecten bleken in kritieke staat te verkeren en in 2020 stortte zelfs een kademuur volledig in. Met name in de historische binnenstad zijn de eerste projecten van het PBK-programma in gebruik genomen en in 2023 gestart. Naast het PBK-programma voert de stad ook een parallel onderhoudsprogramma uit om trottoirs door de hele stad te renoveren. Vaak worden kademuren, bruggen en trottoirs, inclusief ondergrondse infrastructuur, als geïntegreerd cluster per locatie gerenoveerd (Figuur 3).

In de Amsterdamse casus ging het om lokale infrastructuurwerken en vaak zijn er geen digitale modellen van objecten beschikbaar, maar alleen ruwe data, ruwe plannen en schematische overzichtstekeningen. In de casus hebben we twee casestudies gedaan naar de logistiek van twee sets van drie gelijktijdige nabijgelegen projecten: twee kademuurrenovaties en één straatrenovatie. Het doel van beide casestudies was het onderzoeken en beoordelen van het potentieel voor gecombineerde logistiek en transport gericht op het verminderen van transportbewegingen. De zoektocht in beide casestudies was het vinden van logistieke optimalisatie wanneer de logistiek van de drie projecten werd gecombineerd en gecontroleerd door een centrale CLCT in plaats van individueel per project te worden gecontroleerd.

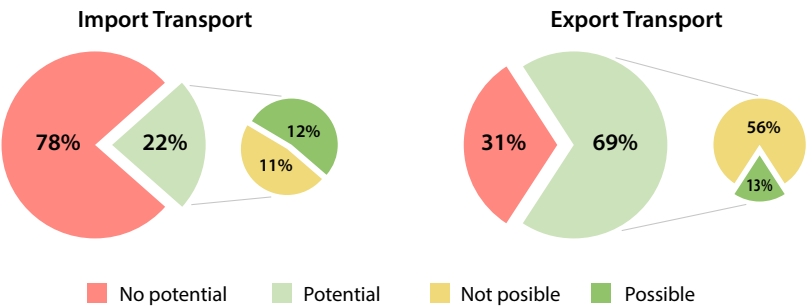


Typerende situatie van een kademuurvernieuwing gecombineerd met maaiveldvernieuwing

De eerste case study betrof een case uit het verleden en bekeek transportregistraties achteraf gezien na afronding van drie gelijktijdige projecten. In deze case study lieten de registraties een reductie zien van 7% van de lege transporten wanneer de ladingen van de drie projecten waar mogelijk werden gecombineerd. Er werd nog een reductie van 7% gevonden als sommige projectactiviteiten en materiaalstromen van de drie projecten in de tijd zouden zijn verschoven, en transporten nog meer hadden kunnen worden gecombineerd (Figuur 4). De conclusies van de eerste casestudy zijn gebruikt als input voor het ontwerp van de CLCT.



68



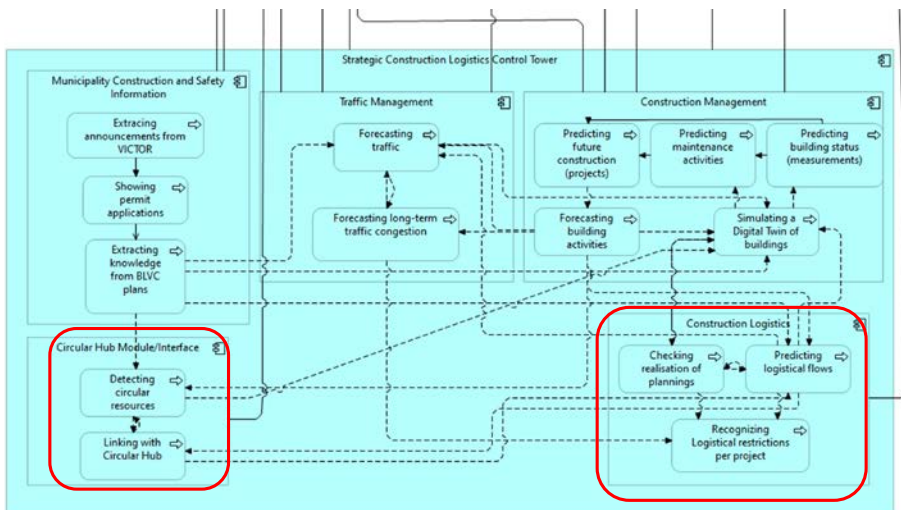
Stage	Saved unused tkm	% of total unused tkm
Initial (=15.235 tkm)	0	-
Possible	1.000	7%
Control Tower	1.135	7%
Total	2.135	14%

Figuur 3 Eerste case study van gecombineerde transporten op basis van transportregistraties achteraf (Kemerink 2023)

De tweede case study was een live case gebaseerd op projectplanning en stuklijsten van drie andere projecten vóór de start van die projecten. In deze case study werd het strategische en operationele CLCT-ontwerp toegepast om vooraf het geval van gecombineerde transportreducties te maken en te beoordelen.

Toepassing van de strategische CLCT

Bij de toepassing van de strategische CLCT op de tweede case study is in onderstaand functioneel ontwerpdiagram een aantal functies geselecteerd, waardoor de case study beperkt wordt tot die functies van de CLCT die vooral gericht zijn op het reduceren van transportbewegingen (Figuur 5).



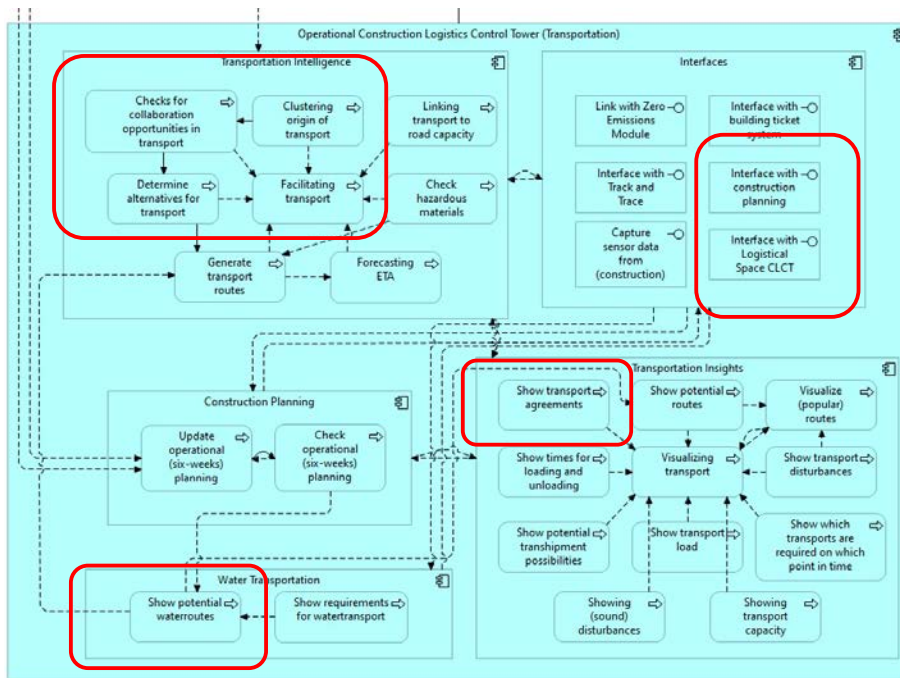
69

Figuur 4 Geselecteerde functies van de strategische CLCT die getest zijn in de tweede case study

De strategische CLCT-functies dienden vooral om to-site- en retourstromen te kunnen afleiden op basis van ontwerp- en opdrachtgegevens van gemeente en ingenieursbureaus in de voorbereidings- en ontwerpfase. In deze fase waren ruwe berekeningen en balancerings van materiaal- en afvalstromen mogelijk, inclusief het schatten van het aantal transportbewegingen in het conventionele basisscenario.

Toepassing van de operationele CLCT

Voor de toepassing van de operationele CLCT is in het onderstaande functionele ontwerpdiagram tevens een aantal functies geselecteerd, waardoor de case study beperkt is tot het operationele niveau (Figuur 6).



Figuur 5 Geselecteerde functies van de operationele CLCT die getest zijn in de tweede case study

De geselecteerde functies vertegenwoordigen met name de ‘handel’ tussen transporten van de weg naar het water, tussen projecten, en tussen stromen naar de locatie en de retourstromen, inclusief de beschikbaarheid van logistieke ruimte om inkomende materialen op te slaan en te bufferen, evenals herbruikbare materialen in de nabijheid van de projecten.

In de case study is de planning van de kademuuren als uitgangspunt genomen omdat dit het meeste werk met zich meebracht; de kademuurwerken, bestrating, ondergrondse infrastructuur inclusief riolering. Enkele werken van de parallelle aannemers werden in de casestudy opgenomen. Het meeste transport vond al via water plaats. De zaak slaagde erin om alle resterende landtransporten over te dragen naar watertransporten.

De nabijgelegen bestratingswerkzaamheden waren minder omvangrijk en het transport vond traditioneel over de weg plaats. Ook deze transporten zouden als alternatief via de waterwegen kunnen plaatsvinden en gecombineerd kunnen worden in de transportplanning van de kademuurwerken. Van een aantal activiteiten is de planning realistisch in de tijd verschoven, zodat deze optimaal in de kademuurtransportplanning zouden passen.

Voor de beoordeling zijn modulaire scenario's doorgerekend op basis van de inputgegevens uit de planning en stuklijsten van de betrokken projecten. Elk scenario voegde een logistieke maatregel toe om de transportefficiëntie te verbeteren, d.w.z. het verminderen van transportbewegingen:

1. Klassiek = afzonderlijke projecten en conventionele logistieke aansturing, niet-volledige vrachtwagen- en binnenvaartladingen,
2. Bundelen = trajectoptimalisatie, zoveel mogelijk deelladingen van en naar locatie bundelen,
3. Modal shift = maximaliseren van transport via water,
4. Combineren = transporten tussen projecten combineren,
5. Herplannen = projectactiviteiten opnieuw plannen zodat transporten tussen projecten nog beter aansluiten,
6. Circulair = herbruikbare materialen dichtbij projecten opslaan voor direct hergebruik tussen projecten.

Elk toegevoegd scenario resulteert in een vermindering van het aantal schepen en vrachtwagens. In het geval van een modal shift-scenario worden ongeveer vier wegtransporten vervangen door één scheepsbeweging.

71

Tabel 1 Doorrekening van transporten in conventioneel scenario 1 versus CLCT scenario 2-6

Conventional scenario 1 Resultaat CLCT Optimaal

		Klassiek	CLCT	Vershil	%
Vrachtwagens	Heen	185	0	-185	-100%
	Terug	154	0	-154	-100%
Schepen	Heen	34	93	59	174%
	Terug	18	45	27	150%

CLCT scenario -6 Resultaat lokaal opslaan straatstenen

		Klassiek	CLCT	Vershil met ritten + opti	%
Vrachtwagens	Heen	-	0	-185	[-]
	Terug	-	0	-154	[-]
Schepen	Heen	-	80	59	-13%
	Terug	-	29	27	-17%

Al met al resulteerde de reductie van het conventionele scenario 1 'klassiek' (zie figuur 7) naar het CLCT scenario 2-6 in een reductie van het transport met 20% (zie tabel 1). Dit ondersteunt de veronderstelling dat in klassieke scenario's en projecten die hun logistiek individueel organiseren, veel transporten niet helemaal vol zijn. Met andere woorden: een toenemende reductie van het aantal transporten is mogelijk als meerdere projecten deelladingen weten te bundelen, elkaars beschikbare laadruimte benutten, de planning zo inrichten dat ladingen gebundeld kunnen worden en er herbruikbare materialen op of nabij de projecten achterblijven voor hergebruik.

Tabel 2 Vergelijk tussen scenario 1 (conventioneel) versus scenario 2-6 (CLCT)

	Conventioneel scenario 1	CLCT scenario 2-6
Vrachtwagens naar bouw	185	0
Vrachtwagens retour	154	0
Schuiten naar bouw	34	80
Schuiten retour	18	29
Totaal, uitgedrukt in vrachtwagenladingen	547	436 = 80%

Conclusie

We hebben twee versies van de CLCT onderscheiden, namelijk een strategische versie die prioriteit geeft aan langetermijnplanning en -doelstellingen vanuit de omgeving, en een operationele versie die zich richt op operationele aansturing van bouwprocessen en projectactiviteiten van bedrijven op de kortere termijn.

De CLCT is toegepast in een concrete case study van gelijktijdige infrastructuur projecten -vernieuwing van kademuren en herinrichting van straatwerk- in het centrum van Amsterdam. Daarbij zijn geselecteerde functies van de CLCT binnen de case study vormgegeven en getest.

Voor succesvolle toepassing van de CLCT zijn zowel de logistieke parameters van daadwerkelijke projecten beoordeeld, als de functies vergeleken met bedrijfs- en projectprocessen en gegevensbronnen van deelnemende bedrijven. We hebben ontdekt dat de CLCT de collectieve projectsturing en de logistiek verbetert, en de processen van de bedrijven verbindt. Gezamenlijke planningsscenario's leidden tot 20% minder transportbewegingen.

Er zijn bovendien mogelijkheden voor het gecombineerd verbeteren van de transport-efficiëntie en duurzaamheid, zowel vermindering van emissies als toename van circulair hergebruik van materiaal.

Wij hebben de effecten geanalyseerd van diverse logistieke scenario's -van ladingbundeling tot materiaalhergebruik- en de potentiële voordelen daarvan voor de bedrijven, de gemeente en de omgeving. De scenario's leidden tot weinig belemmeringen. Er zijn kansen geïdentificeerd bij het verder implementeren van de CLCT en bij het integreren van de CLCT in de omgeving en processen van gemeenten en bedrijven.

Voor de verdere ontwikkelingen en bredere toepassing van CLCT's is vastgesteld dat vroege inzet van een CLCT, verplicht gebruik van de CLCT en datadeling, en meer geautomatiseerde benaderingen en digitale technologieën bevorderlijk zijn voor effectiviteit en succes van control towers.

Dankwoord

Dit artikel is gebaseerd op het onderzoeksproject 'Fundamentals for a Construction Logistics Control Tower (CLCT)'; gefinancierd door het TKI Dinalog. Het project was gericht op de ontwikkeling, toepassing en validatie van de strategische en operationele CLCT-ontwerpen in use case omgevingen. In deze paper is met name de use voor bouwwerkzaamheden in het centrum van Amsterdam gepresenteerd.

73

Literatuur

- Bleda, J., Martin, R., Narsana, T., & Jones, D. (2014). Prepare for Takeoff with a Supply Chain Control Tower Enabling technologies for supply chain control towers. Originele bron www.accenture.com.
- Briscoe, G., & Dainty, A. (2005). Construction supply chain integration: an elusive goal? *Supply Chain Management: An International Journal* 10(4), 319–326.
- Dainty, A.R.J., Millett, S.J., & Briscoe, G.H. (2001). New perspectives on construction supply chain integration. *Supply Chain Management: An International Journal* 6(4), 163–173.
- 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 woningen utiliteitsbouw: ervaringen en aanbevelingen*. Delft University of Technology.
- Gemeente Amsterdam (2020). *Programmaplan Bruggen en Kademuren*. Vastgesteld door het college van B en W van de Gemeente Amsterdam op 14 april 2020.
- Harmelink R., van Merrienboer S., Adriaanse A., van Hillegersberg J., Topan E., & Vrijhoef R. (2024). Constructing the Service Control Tower. Strategic and Operational Construction Logistics Control Tower. (under review).

- Janne, M., & Fredriksson, A. (2022). Construction logistics in urban development projects—learning from, or repeating, past mistakes of city logistics? *The International Journal of Logistics Management* 33(5), 49–68.
- Kemerink, R. (2023). *Combining Logistics Resources between Urban Construction Projects: A cross-sectional study for the city of Amsterdam*. Delft University of Technology.
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2019) *Klimaatakkoord*. Den Haag, 28 juni 2019. Download d.d. 15 oktober 2024 van www.klimaatakkoord.nl.
- Papadopoulos, G.A., Zamer, N., Gayialis, S.P., & Tatsiopoulos, I.P. (2016). Supply chain improvement in construction industry. *Universal Journal of Management* 4(10), 528–534.
- Peiris, P.A.N., Hui, F.K.P., Ngo, T., Duffield, C., & Garcia, M.G. (2022). Challenges in Transport Logistics for Modular Construction: A Case Study. In: *12th Proceedings of the 2021 International Conference on Structural Engineering and Construction Management*. pp. 501–510. Springer.
- Ross, J.W., Weill, P., & Robertson, D. (2006). *Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution*. Harvard business press.
- Sundquist, V., Gadde, L.E., & Hulthen, K. (2018). Reorganizing construction logistics for improved performance. *Construction Management and Economics* 36(1), 49–65.
- Tesselaar, T. (2020). *Designing a construction logistics control tower for city development: A case study in Amsterdam Amstel III*. Delft University of Technology.
- Venas, C., Flyen, C., Fufa, S.M., Janne, M., Fredriksson, A., Brusselaers, N., Mommens, K., & Macharis, C. (2020). No or low emissions from construction logistics—Just a dream or future reality? In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. vol. 588, p. 042003. IOP Publishing.
- Vlachos, I. (2023). Implementation of an intelligent supply chain control tower: a sociotechnical systems case study. *Production Planning & Control* 34(15), 1415–1431.
- Vrijhoef R. (2011). *Supply chain integration in the building industry: The emergence of integrated and repetitive strategies in a fragmented and project-driven industry*. Amsterdam: IOS Press. 321 p.
- Ying, F., Tookey, J., & Seadon, J. (2018). Measuring the invisible: A key performance indicator for managing construction logistics performance. *Benchmarking: an International Journal* 25(6), 1921–1934.

