



OUTLOOK BOUWLOGISTIEK

Scenario's voor reductie van vervoersbewegingen en CO₂-uitstoot in de stad voor (grootschalige) nieuwbouwprojecten in 2030

Colofon

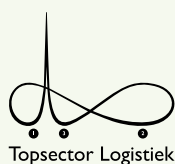
Outlook bouwlogistiek

Scenario's voor reductie van vervoersbewegingen en CO₂-uitstoot in de stad voor (grootschalige) nieuwbouwprojecten in 2030

Geschreven in opdracht van de Topsector Logistiek
November 2020

Auteurs

Jessica van Rijn
Annette Rondaij
Siem van Merriënboer
Bram Kin
Hans Quak



Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	4
Afkortingen	
1 Introductie	7
2 Bouwlogistiek; hoe gaat dat nu?	9
2.1 Introductie: huidige leveringen	9
2.2 Scope	10
2.3 Grote diversiteit aan stakeholders in bouwlogistieke ketens	13
2.4 Doorkijk naar 2030	14
2.5 Aanpak (methode)	14
3 Bouwlogistieke ontwikkelingen	16
3.1 Introductie	16
3.2 Veranderende steden	16
3.3 Bouwspecifieke ontwikkelingen met impact op logistiek	17
4 Scenario's	25
4.1 Introductie	25
4.2 Scenario 1: Business as usual	26
4.3 Scenario 2: Verplichte bouwhub voor aantal bouwstromen	26
4.4 Scenario 3: Multimodale bouw hubs	27
4.5 Scenario 4: Bouwhub in combinatie met gebiedsaanpak	28
4.6 Scenario 5: Circulair bouwen en industrialisatie	30
5 Resultaten	32
5.1 Aantal ritten	32
5.2 Aantal kilometers	34
5.3 CO ₂ -uitstoot	35
6 Conclusies en aanbevelingen	36
6.1 Conclusies	36
6.2 Aanbevelingen	40
Referenties	42
Bijlagen	43
Bijlage A Modelleren scenario's	43
Bijlage B Aannames in modellering van scenario's	44

Managementsamenvatting

Bouwlogistiek is één van de belangrijkste stadslogistieke stromen in Nederland. Het aantal inwoners in Nederlandse steden groeit en steden worden geconfronteerd met een stevige bouwopgave. Dit zorgt voor een flink aantal voertuigbewegingen binnen de stadsgrenzen doordat er een grote diversiteit aan type bouwprojecten is. De toelevering aan bouwprojecten is een complexe aaneenschakeling van veel direct en indirect betrokken partijen. De bouwsector heeft daardoor een substantieel aandeel in de CO₂-uitstoot en andere negatieve effecten van het goederenvervoer binnen steden. Daarnaast heeft bouw-gerelateerd verkeer een grote impact op de schaars beschikbare ruimte in steden.

Als er niks verandert in de stadslogistiek voor grootschalige nieuwbouwprojecten wordt er voor 2030 een sterke toename verwacht van het aantal vervoersbewegingen door de stevige bouwopgave voor steden. Door de impact van nieuwbouwprojecten in kwetsbare gebieden met een gebrek aan ruimte, ligt er al langere tijd een nadruk op het efficiënter organiseren van het bouwverkeer rond bouwprojecten op - in veel gevallen - postzegellocaties. Postzegellocaties zijn bouwplaatsen waar weinig ruimte is om voorraden bouw materiaal aan te houden, logistieke handelingen te verrichten en die moeilijk bereikbaar zijn. Een ander aspect is het minimaliseren en uiteindelijk uitfaseren van CO₂ en luchtverontreinigende emissies. In dat opzicht ligt deze sector des te meer onder een vergrootglas door de stikstofcrisis, die een grote impact heeft op het aantal vergunningen dat wordt afgegeven en daarmee het aantal nieuw te bouwen woningen. De recente stikstofproblematiek heeft de druk om de verduurzamingstransitie in de bouwsector te versnellen alleen maar vergroot. Dit vraagt om een integrale aanpak, waarbij niet alleen naar de bouwlogistiek wordt gekeken, maar ook naar het bouw materieel en de emissies gerelateerd aan de bouwindustrie. In deze Outlook bestuderen we aan de hand van vier scenario's hoe de logistiek rond grootschalige binnenstedelijke nieuwbouwprojecten er in 2030 uit kan zien en op welke manier de CO₂-uitstoot en andere negatieve effecten gereduceerd kunnen worden. De volgende vier scenario's zijn hiervoor uitgewerkt:

- Verplichte bouwhub voor aantal bouwstromen
- Multimodale bouwhub
- Bouwhub in combinatie met een gebiedsaanpak
- Circulair bouwen en industrialisatie

De scenario's zijn ontwikkeld op basis van verschillende ontwikkelingen (enerzijds algemene ontwikkelingen die op de gehele stadslogistiek van toepassing zijn en anderzijds bouwspecifieke ontwikkelingen die een impact hebben op de (stads)logistiek). Om te bepalen welke wijzen van organiseren van de (stedelijke) bouwlogistiek welk effect hebben is een model ontwikkeld. Hierin wordt aan de hand van bovengenoemde scenario's berekend hoe de hoeveelheid ritten en bijbehorende emissies veranderen ten opzichte van een scenario zonder maatregelen.

De analyse laat zien dat de inzet van een bouwhub tot een aanzienlijke besparing in ritten en CO₂-uitstoot leidt. Indien deze *verplicht* wordt gesteld voor *individuele bouwprojecten* in stedelijke centra leidt dit een besparing in zowel binnenstedelijke (traject bouwhub-bouwplaats) als buitenstedelijke ritten (traject leverancier-bouwhub). De buitenstedelijke ritreductie is te verklaren door een hogere beladingsgraad op dit traject doordat de beperkende factor van *voorraadruimte* op de *bouwplaats* weggenomen is. Op basis van de recente klimaatafspraken over zero emissie zones kunnen we ervan uitgaan dat de CO₂-uitstoot van bestelwagenritten in 2030 binnen steden nihil zal zijn. In de analyse is dit echter niet meegenomen, waardoor de CO₂-reductie in de uitkomsten mogelijk enigszins onderschat wordt.

De reductie in ritten, kilometers en CO₂-uitstoot kan op vier manieren verder worden verhoogd met de inzet van een bouwhub:

1. Het inzetten van een *multimodale bouwhub* met vervoer over water kan leiden tot een extra besparing in ritten, kilometers en CO₂-uitstoot;
2. Het toepassen van bouw hubs in combinatie met een *gebiedsgerichte aanpak*. Hierbij vindt de keten-regie plaats over verschillende - in tijd overlappende - projecten. Er dient afstemming en samenwerking plaats te vinden tussen diverse bouwplaatsen in een bepaald gebied.
3. De inzet van ZE transportmiddelen in de stad kan ervoor zorgen dat de CO₂-uitstoot op het traject van hub naar de bouwplaats nihil zou zijn; en,
4. Het inzetten van een bouw hub voor de verwerking en opwaardering van herbruikbaar bouw- en slooppafval naar circulaire bouwmaterialen. De logistieke stromen kunnen door verschillende vormen van circulair bouwen toe- of afnemen. Wat nog ontbreekt is meer inzicht in de optimale bouwlogistieke organisatie van circulair bouwen.

Bovenstaande besparingen zijn alleen te realiseren indien er locaties aan de rand van steden, in de nabijheid van gebieden waar veel bouwwerkzaamheden plaatsvinden, voor bouw hubs beschikbaar zijn. Het gaat om relatief grote locaties en indien er de mogelijkheid voor een multimodale hub is, is de locatie aan een waterweg een pre. Dit betekent ook dat er regelgeving ontworpen moet worden die het toepassen van bouw hubs verplicht stelt. Gemeentes kunnen in de rol van opdrachtgever al sterk sturen bij de aanbesteding van nieuwe bouwprojecten op de toepassing van slimme bouwlogistieke oplossingen en met name bouw hubs. Hiermee wordt de druk op de schaars beschikbare ruimte verminderd. Kortom, voor de inpassing van stadslogistiek is een verbinding met ruimtelijke ordening, omgevingsvisie en bedrijvenstrategie onontbeerlijk.

Naast het toepassen van bouw hubs kan de inzet van andere bouw(logistieke) processen ook een grote impact hebben op de logistiek; denk hierbij aan prefab en houtbouw. Prefab en houtbouw zijn een vorm van industrialisatie waardoor er minder handelingen op de bouwplaats nodig zijn. De verwachting is dat dit leidt tot minder bestelwagenritten, zowel in personeelsritten als in spoedritten die nodig zijn om gebreken/falen op de bouwplaats te herstellen. Daarentegen zijn hier ook andere, vaak grotere voertuigen voor nodig alsook extra inzet van hijskranen. Het is van belang dat de levering van voertuigen met dergelijk groot materieel goed afgestemd wordt op het bouwproces, waarbij het juiste personeel en materiaal op het juiste moment aanwezig is. De complexiteit van de keten en diversiteit aan betrokken ketenpartners vereist een gezamenlijke aanpak en herontwerp van het logistieke proces in een vroeg stadium.

Om meer afstemming en coördinatie (*ketenregie*) te realiseren binnen de verschillende partijen in de bouwketen, is een zogenaamde control tower een essentiële schakel. Om aan de marktkant een versnelling te realiseren van de toepassing van bouw hubs op individueel projectniveau is een ontwikkelstimulus nodig voor een *control tower*. In het geval van een gebiedsgerichte aanpak met afstemming/optimalisatie van bouwstromen over meerdere bouwprojecten in een stadsgebied, is de behoefte aan een geavanceerd IT-instrument om *ketenregie* over deze bouwstromen te faciliteren des te noodzakelijker. De huidige beschikbare IT-tools op dit vlak zijn beperkt en vertonen nog niet de mate van integratie tussen bouwprocessen en logistieke processen die nodig is op dit vlak.

Afkortingen

AR	=	Argumented Reality
BIM	=	Bouw Informatie Model
BLVC	=	bereikbaarheid, leefbaarheid, veiligheid en communicatie
BPKV	=	Beste Prijs Kwaliteit Verhouding
BVO	=	bruto vloeroppervlakte
CLT	=	Cross Laminated Timber
FTL	=	full-truckload
GDZES	=	Green Deal Zero Emissie Stadslogistiek
GWW	=	grond-, weg- en waterbouw
IoT	=	Internet of Things
JIT	=	just in time
KPI	=	Key Performance Indicator
LEV	=	licht elektrische voertuigen
LTL	=	less than truckload
OV	=	openbaar vervoer
Sc	=	scenario
VAL	=	Value Added Logistics
ZE	=	zero emissie

Introductie

Logistiek is van groot belang voor het functioneren van steden. Door de aantrekkingskracht en groei van steden als centrum voor wonen, werken en ontspannen, is het van belang om te anticiperen op de toename van vervoersbewegingen, de competitie om ruimte en de negatieve impact daarvan op de leefbaarheid van steden. Daarnaast vraagt de afspraak uit het Klimaatakkoord om het reduceren van aan stadslogistiek gerelateerde CO₂-emissies met 1 Mton in 30-40 steden in Nederland. Deze verschillende ontwikkelingen zorgen voor een momentum om zowel de emissies van stadslogistiek als de structuur van logistieke ketens tegen het licht te houden en opnieuw in te richten.

De Outlook 'City Logistics 2017' heeft voor zes stedelijk logistieke marktsegmenten¹ laten zien dat het mogelijk is om de CO₂-emissies te verminderen met een factor 6 (zoals volgens de klimaatafspraken uit Parijs nodig is) (Topsector Logistiek, 2017). Hierbij hebben we rekening gehouden met de huidige en de te verwachten ontwikkelingen in de verschillende marktsegmenten, waardoor voor alle (sub)segmenten eigen, haalbare decarbonisatie paden geschetst konden worden.

In de Outlook City Logistics van 2020 kijken we verder naar de verschillende segmenten, en gaan we na wat er in het komend decennium gedaan kan en moet worden om de CO₂-uitstoot te verminderen in lijn met het Parijs-akkoord en het nationale Klimaatakkoord. Het laatste gaat uit van zero emissie (ZE) stadslogistiek in 2025.

Deze Outlook gaat specifiek in op één stedelijk logistiek (sub)segment; namelijk het sub-segment 'groot-schalige nieuwbouwprojecten' (dat onder het segment 'bouw' valt). De (verwachte) bouwlogistiek in steden zal zich de komende jaren vooral kenmerken door steeds meer inbreiding. Inbreiding is het bouwen binnen bestaande bebouwing, ook wel het opvullen van lege plekken in de stad.



¹ Zes stadslogistieke segmenten (sub-segmenten tussen haakjes): Stukgoederen (retail niet-vers; specialisten; twee-mans thuisleveringen), Vers (retail vers; horeca en specialisten, verse thuisleveringen van boodschappen en maaltijden), Afval (consumenten, bedrijven), Pakketten en express (B2B en B2C), Facilitair/service (onderhoud en service, bevoorrading) en Bouw.

Leveringen voor grootschalige nieuwbouwprojecten bestaan uit vele soorten en typen materialen. Ook het vervoer van materieel en personeel naar en vanaf de bouwplaats zorgen voor veel logistieke bewegingen in de bouw. Deze Outlook gaat in op de logistieke structuren voor dit segment en de implicaties die dat voor de ruimte in en rond steden gaat hebben. Door zero emissie transport en toenemende verdichting zullen leveringen aan bouwplaatsen anders lopen in de toekomst, denk maar aan bouwhubs. In dit opzicht wordt er onderscheid gemaakt tussen vier logistieke structuren, welke tot andere verschillende vraagstukken leiden:

1. **Punt-punt leveringen:** een volle lading (full-truckload; FTL) van een vrachtwagen gaat frequent naar een specifieke locatie (of een beperkt aantal locaties) binnen de voorziene ZE zone. De logistiek is geoptimaliseerd en de locaties staan vast. Het gaat hier bijvoorbeeld om het leveren van bouwmaterialen op een bouwplaats in de stad of het leveren of afvoeren van volumineuze grondstoffen/producten (zoals zand- en puinstromen) binnen de stad.
2. **Onregelmatige leveringen op verschillende locaties:** een volle vrachtwagen doet meerdere locaties in de stad aan, waarbij meerdere deelladingen worden geleverd (less than truckload; LTL). Logistiek is niet altijd geoptimaliseerd omdat er sprake is van tijdvensters en beperkte ruimte op en rond de bouwplaats waardoor er in enkele gevallen 'onnodige' kilometers worden gereden met halflege vrachtwagens. Een belangrijk vraagstuk hier is of dit in de toekomst nog steeds op deze manier georganiseerd kan worden of dat er een ontkoppelpunt aan de rand van het gebied waar bouwactiviteiten plaats vinden nodig is waar de lading, dan wel het voertuig, ontkoppeld wordt.
3. **Diverse kleine leveringen:** kleine tot zeer kleine leveringen die divers van aard en frequent zijn. Deze kunnen op afroep op alle mogelijke locaties geleverd worden. Naast deze kenmerken van leveringen, gaat het hier vaak niet om logistieke optimalisatie maar om serviceniveau. Het belangrijkste vraagstuk bij dergelijke leveringen is hoe de ontkoppeling binnen de zone gefaciliteerd kan worden of hoe bundeling met andere stromen kleine leveringen mogelijk is.
4. Een vierde categorie betreft **niet direct leveringen** zoals bij de andere logistieke structuren, maar genereert wel commerciële vervoersbewegingen en valt hiermee ook onder stadslogistiek. Het gaat hierbij vooral om **diensten** waarvoor vaak een bestelwagen wordt gebruikt om werkzaamheden bij particulieren of bedrijven uit te voeren (bijv. schilders, loodgieters, monteurs). Dit is een veelvoorkomende categorie in bouwlogistiek; met name het bouwpersoneel (vele onderaannemers) die met hun vaak eigen bestelwagen naar de bouwplaats komen.

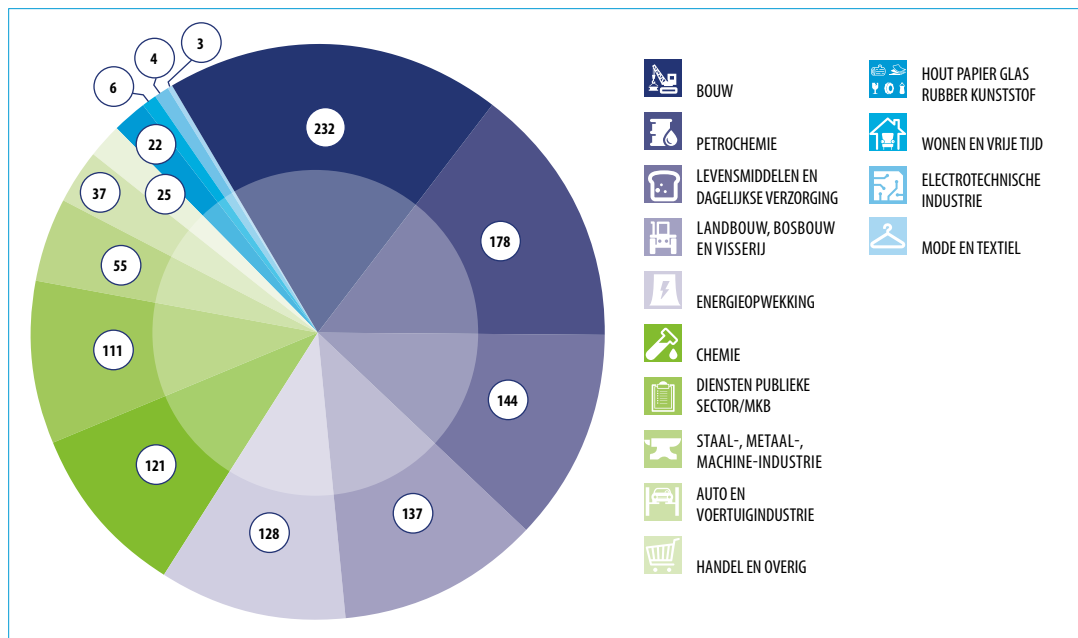
In hoofdstuk 2 kijken we naar de huidige bouwlogistiek. Vervolgens kijken we in hoofdstuk 3 naar de ontwikkelingen in de bouwlogistiek, waaronder hubs en digitalisering. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de verschillende scenario's. De scenario's zijn tot stand gekomen aan de hand van de verschillende ontwikkelingen uit hoofdstuk 3. Voor deze scenario's wordt de impact op de CO₂-uitstoot, gereden kilometers en hoeveelheid en type ritten wordt doorgerekend. De resultaten hiervan zijn weergegeven in hoofdstuk 5. Op deze manier kijken we of we de CO₂-uitstoot in 2050 met een factor 6 kunnen verlagen en on track zijn met het oog op 2030. Hierbij richten we ons onder andere op een andere manier van organisatie van deze leveringen. Het is niet de bedoeling om de toekomst te voorspellen, maar we kijken met een aantal scenario's naar hoe de organisatie van de last-mile eruit zou kunnen zien, en welke drijvende krachten er zijn die de huidige manier van last-mile belevering in de richting van een dergelijk scenario kunnen bewegen. In hoofdstuk 6 worden de conclusies en aanbevelingen behandeld.

Bouwlogistiek; hoe gaat dat nu?

2.1 Introductie: huidige leveringen

Bouwlogistiek is één van de belangrijkste logistieke stromen in Nederland. In Figuur 1 is te zien dat voor de bouw in Nederland in 2017 232 miljoen ton werd vervoerd².

Figuur 1
Transportvolumes
verdeeld over
verschillende
segmenten, 2017/
Nederland (Topsector
Logistiek, 2020)



Volgens de Quickscan 'aard en omvang bouwlogistiek' (Topsector Logistiek, 2020) betreffen de grootste stromen in de bouwlogistiek diverse volumineuze grondstoffen/producten:

- Steen, zand, grind, klei, turf en andere delfstoffen;
- Overige bouwmaterialen en -producten (o.a. prefab betonelementen en stortklaar beton).

Dit sluit aan bij het patroon van de gevraagde massa van bouwmaterialen vanuit nieuwbouw. Deze kent vier hoofdcomponenten:

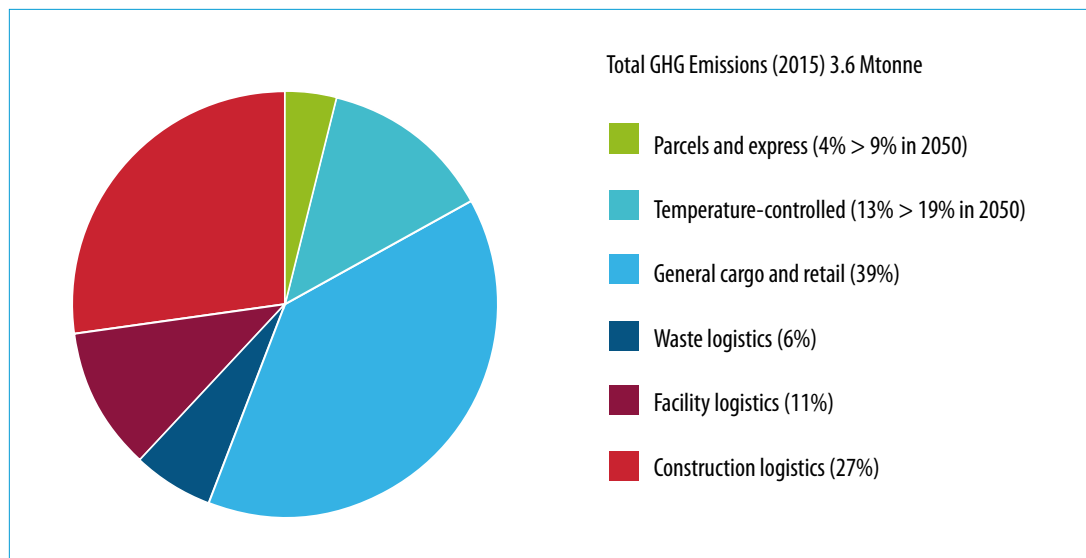
- Beton (meer dan 80% van de totale massa);
- Baksteen (4% van de totale massa);
- Hout (3% van de totale massa);
- IJzer (4% van de totale massa).

Als er wordt gekeken naar het type transport dat ingezet wordt, zien we dat grondstoffen in de vorm van steen, zand en grind voornamelijk via de binnenvaart vervoerd worden, zeker voor transport over langere afstand. Voor de productgroep overige bouwmaterialen en -producten speelt wegtransport een grote rol. Een fors deel van de ritten wegtransport (40%) gaat over korte afstand (vaak de last-mile) of vindt zelfs plaats binnen de gemeentegrenzen. Dit biedt kansen voor optimalisatie op lokale schaal. Naast grondstoffen voor de bouw zijn (in mindere mate) hout- en kurkwaren, machines en (afval)containers productgroepen die met behoorlijke stromen gepaard gaan.

Niet alleen in termen van transportvolumes is bouw één van de grootste stadslogistieke segmenten. De Outlook City Logistics 2017 laat zien dat circa 27% van de CO₂-uitstoot uit stadslogistiek is gerelateerd aan bouwlogistiek (zie Figuur 2).

² Dit gaat over de totale bouwlogistiek in Nederland, dus zowel GWW als Burgerlijke en Utiliteitsbouw (Nieuwbouw en renovatie).

Figuur 2
CO₂-uitstoot stads-
logistiek verdeeld
over de verschillende
segmenten, 2015/
Nederland (Topsector
Logistiek, 2017)



Bouwverkeer levert een grote bijdrage aan emissies, verstoringen en incidenten in de stad. Voor grote bouw-/infrastructuurbedrijven wordt de transitie om de uitstoot van emissies en het aantal vervoersbewegingen te verminderen vooral gestuurd door de eisen van de lokale overheid (als regelgever, verkeersmanager en als opdrachtgever). De lokale overheid speelt een belangrijke rol bij het creëren van een gelijk speelveld voor bouwbedrijven, om hun logistiek zo optimaal en duurzaam mogelijk in te richten, door middel van regelgeving en vergunningen (zogenaamde BLVC-procedures: bereikbaarheid, leefbaarheid, veiligheid en communicatie). In een aantal gevallen is de lokale overheid ook opdrachtgever van bouwwerkzaamheden in de stad, waardoor zij eisen kunnen stellen in de aanbesteding.

De exacte omvang van bouwlogistiek met betrekking tot voertuigbewegingen en kilometers binnen steden is lastig vast te stellen. Detaildata ontbreken en met name voor dit segment betreft het een grote diversiteit aan goederen en leveranciers, waarbij veel ongepland is met veel spoedleveringen waar relatief weinig zicht op is.

2.2 Scope

Het segment 'Bouw' kan opgesplitst worden in meerdere sub-segmenten, waaronder 'grootschalige nieuwbouwprojecten' en 'renovatie'. Deze Outlook gaat over het sub-segment 'grootschalige nieuwbouwprojecten' in de burgerlijke en utiliteitsbouw. Dit betekent dat grond-/weg- en waterbouw hier niet onder valt. De Outlook 'renovatie' zal separaat worden gepubliceerd. Er zijn aanzienlijke verschillen tussen en binnen de sub-segmenten in termen van logistieke organisatie (vandaar dat de deze apart behandeld worden in verschillende Outlooks). De belangrijkste verschillen zijn:

- De partij die verantwoordelijk is voor de logistieke organisatie en planning;
- De voertuigen die doorgaans worden gebruikt en;
- De rittypen.

Waar grote leveranciers (producenten en toeleveranciers van bouwmaterialen) voornamelijk trekker-opleggers gebruiken voor punt-punt leveringen naar de bouwplaats, worden kleinschalige, renovatieprojecten doorgaans beleverd door logistieke dienstverleners met kleinere voertuigen (en kleinere drops) welke een rondrit rijden (LTL). Deze rondrit wordt gekenmerkt door talrijke zendingen van beperkte omvang. Naast de punt-punt leveringen kenmerkt de bouw zich door veel spoedleveringen. Op en rond bouwplaatsen is het een wirwar van materialen, personeel en diensten die geleverd worden, vaak met kleine voertuigen zoals bestelwagens of kleine bakwagens. Niet alleen voor spoedleveringen worden bestelwagens binnen de bouw ingezet.

Ook het bouwpersoneel (vele onderaannemers) die met hun eigen bestelwagen naar de bouwplaats komen, valt hieronder. Het is moeilijk om zicht op deze bewegingen te krijgen. Des te meer omdat ze vaak ad hoc zijn (monteur moet bijv. naar de toeleverancier van bouwmaterialen (groothandel) omdat hij iets vergeten is).

Bouwwerkzaamheden hebben specifieke kenmerken die van invloed zijn op de logistiek:

- 1. Voor elke bouwplaats is een nieuwe logistieke opzet nodig, omdat de locatie uniek en van tijdelijke aard is.
- 2. Bouwplaatsen zijn materiaalintensief en goederen worden onregelmatig geleverd, afhankelijk van de bouwfase (als eerste beton, als laatste meubilair).
- 3. Activiteiten dienen na elkaar te worden uitgevoerd en als er één activiteit is vertraagd lopen alle activiteiten daarna ook vertraging op. Daarom dient bouw materiaal op het juiste moment en in precies de juiste hoeveelheden te worden afgeleverd bij de aannemers op de bouwplaats.
- 4. Een ander specifiek kenmerk is het gefragmenteerde karakter van de bouwsector. Er zijn veel bouw-bedrijven, leveranciers en logistieke bedrijven die in verschillende tijdelijke bouwconsortia werken. Dit leidt tot verschillende manieren van werken en van gegevensbeheer (Hogeschool van Amsterdam, 2018).

In Tabel 1 zijn de leveringen die plaatsvinden bij een bouwplaats onderverdeeld in acht (bouw)stroomtypes.

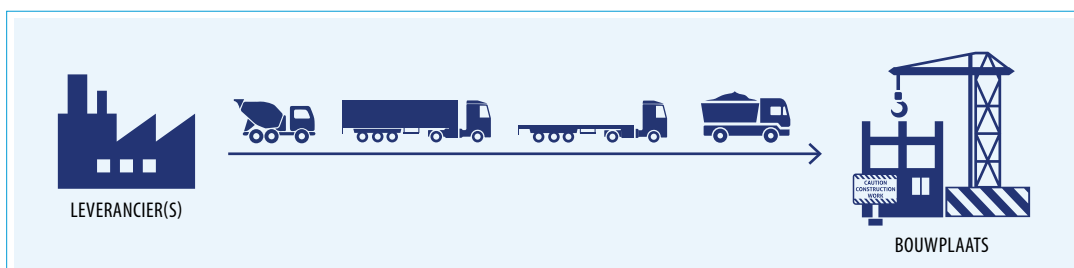
Tabel 1
Onderverdeling (bouw)
stroomtypes

Type stroom	Omschrijving	Hedendaags meest gebruikte voertuigen
1. Beton	Dit gaat om vloeibare beton dat gestort wordt vanuit een betonmixer op de bouwplaats. Circa 30% van de ritten in het traditionele scenario is toe te wijden aan dit bouwstroomtype.	
2. Ruwbouw Groot	Grotere en zwaardere elementen, zoals prefab, heipalen, vloerelementen, etc. Circa 10% van de ritten in het traditionele scenario is toe te wijden aan dit bouwstroomtype.	 
3. Ruwbouw Ladingdragers	Kleinere elementen op bokken/pallets, bijvoorbeeld geveldelen, puien, glasplaten, etc. Circa 10% van de ritten in het traditionele scenario is toe te wijden aan dit bouwstroomtype.	 
4. Bulk	Bijvoorbeeld grond of grind. Circa 0% van de ritten in het traditionele scenario is toe te wijden aan dit bouwstroomtype.	
5. Afbouw	Afbouw, installaties en kleinere bouwmaterialen vervoerd op pallets of in containers. Circa 35% van de ritten in het traditionele scenario is toe te wijden aan dit bouwstroomtype.	    
6. Afval	Bouw- en sloopafval, maar ook verpakkingsmaterialen en emballage. Circa 5% van de ritten in het traditionele scenario is toe te wijden aan dit bouwstroomtype.	
7. Materieel	Bijvoorbeeld bouw machines, bouw kranen en steigers. Circa 10% van de ritten in het traditionele scenario is toe te wijden aan dit bouwstroomtype.	
8. Personeel	Vervoer van personeel van en naar de bouwplaats.	

De onderverdeling in deze stromen is gemaakt op basis van het type materiaal en de benodigde voertuigen. Op basis van bouwprojecten waar TNO in het verleden betrokken bij is geweest, is een verdeling gemaakt over deze verschillende stromen op basis van hoeveelheid ritten in het traditionele scenario³. Indien bouwlogistieke oplossingen worden toegepast kan dit ook effect hebben op deze verdeling. Deze Outlook focust specifiek op het transport van de bouwstromen naar nieuwbouwprojecten; voor het vervoer van personeel zijn andere maatregelen nodig om tot zero emissie te komen dan voor het vervoer van de zeven stromen en wordt derhalve niet meegenomen in deze Outlook.

Om een indruk te krijgen van welke logistieke structuren van toepassing zijn voor deze (bouw)stroomtypes zijn in Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5 de verschillende logistieke structuren voor de verschillende (bouw) stroomtypes gevisualiseerd.

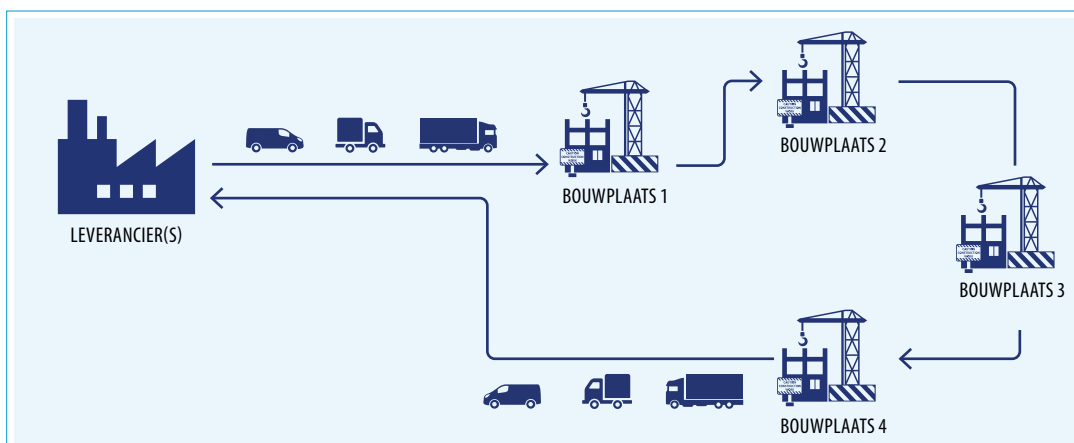
Figuur 3
Punt-punt leveringen met zware voertuigen in de bouwstroomtypes (1)Beton, (2)Ruwbouw Groot, (3)Ruwbouw Lading-dragers, (4)Bulk en (7)Materieel.



Figuur 4
Punt-punt leveringen in de bouwstroomtype (6)Afval vanaf de bouwplaats naar de leverancier of de afvalcentrale.



Figuur 5
Onregelmatige leveringen op verschillende locaties in de bouwstroomtype (5)Afbouw.



³ In dit overzicht is slechts de bouw meegenomen, niet de sloopfase waarbij veel bulk transport plaatsvindt (grondverzet en afvoer van bouwpuin).

Als we kijken naar de toekomst is het reëel te verwachten dat bouwlogistieke stromen zullen groeien gezien de forse nationale woningbouwopgave (in de periode 2019-2030 moeten 1 miljoen woningen worden gebouwd volgens de omgevingsvisie van het kabinet, Rijksoverheid, 2019). Deze ontwikkeling zal met name binnen steden te zien zijn. Momenteel wordt een groot deel (circa 75% in het traditionele scenario⁴) van de leveringen met zware en grote voertuigen uitgevoerd. In bepaalde steden, zoals Amsterdam, moet dit de komende jaren veranderen, gezien de uitdagingen die zij hebben met de staat van de kademuuren en bruggen en de schade die zware voertuigen veroorzaken. Aangezien niet alle bouwmaterialen met lichte en kleinere vrachtwagens kunnen worden vervoerd, is het noodzakelijk de inzet van andere modaliteiten en aanpassingen aan logistieke structuren te overwegen. Het werven van zware vrachtwagens is in dit sub-segment onmogelijk of heeft ook negatieve effecten (bv. één voertuig wordt vervangen door meerdere kleinere en veroorzaakt daardoor meer overlast qua verkeer en emissies).

2.3 Grote diversiteit aan stakeholders in bouwlogistieke ketens

De toelevering aan bouwprojecten is een complexe aaneenschakeling van veel direct en indirect betrokken partijen (Figuur 6). Dit wordt veroorzaakt doordat bij elk bouwproject sprake is van een veelheid aan goederen en middelen die op tijd, op de juiste plek en volgens de regels van de bouwplaats moeten worden afgeleverd. De betrokken partijen hebben stuk voor stuk in meer of mindere mate invloed op het logistieke proces gedurende de verschillende fasen van een bouwproject: opdrachtgever, hoofdaannemer, onderaannemers, toeleveranciers, logistieke dienstverleners, vervoerders, overheden en omwonenden. Deze stakeholders hebben verschillende en soms tegenstrijdige belangen. Aannemers willen bijvoorbeeld dat het project zo efficiënt mogelijk uitgevoerd wordt en hechten waarde aan tijdige levering van materialen, veiligheid van het personeel en effectiviteit van het bouwproject. Gemeenten zijn in sommige gevallen opdrachtgevers, maar dragen ook zorg voor de burgers en eisen daarom oplossingen die verkeershinder, ongelukken, lawaai en verontreiniging tot een minimum beperken.

Figuur 6
Visualisatie van de
interactie tussen de
bouwplaats en de
omgeving (Hogeschool
van Amsterdam, 2018)



⁴ Op basis van de informatie van bouwprojecten waar TNO bij betrokken is geweest.

2.4 Doorkijk naar 2030

Voor grootschalige nieuwbouwprojecten presenteren we verschillende mogelijke scenario's waarbij de verschillende richtingen om CO₂-uitstoot en voertuigbewegingen te verminderen worden belicht. Op basis van deze scenario's gaan we in op de effecten van veranderende logistieke structuren en de impact die dat heeft op de toch al schaarse ruimte binnen steden.

We bekijken de verschillende manieren om in 2030 in dit sub-segment te beleveren, welke acties hierbij nodig zijn van wie en welke consequenties de verschillende richtingen hebben op het gebied van emissies en ruimte, aan de hand van een specifieke ontworpen case. Uitgangspunten bij het ontwerp van de case zijn:

- De case is gebaseerd op de bouwopgave van een grote stad in Nederland: let wel, ondanks dat we gebruik hebben gemaakt van de actuele bouwopgave, is dit indicatief, aangezien voor de zichtperiode 2020-2030 de gehele bouwopgave nog niet bekend is. Aangezien de huidige bouwopgave nog geen volledig beeld geeft van de te verwachten bouwplannen, met name in de tweede helft van het decennium, heeft TNO deze aangevuld met een schatting voor alle nieuwe woningbouwprojecten in de periode 2019-2030 met betrekking tot de te verwachten omvang in m² bruto vloeroppervlakte (BVO). Met deze schatting is het volume voor de categorie woningbouw voor de jaren 2019 - 2030 bijgesteld naar een te verwachten omvang op basis van vooraf berekend basisjaar en groei-index per stadsdeel. De zo bepaalde nieuwbouwopgave voor de periode 2019 - 2030 dient als case in deze studie.
- Het type bouwprojecten in de bouwopgave bestaat uit woningbouw laag, woningbouw hoog en utiliteitsbouw waarbij het om zowel nieuwbouw-, transformatie- als renovatieprojecten gaat. Aangezien de scope van deze Outlook 'grootschalige nieuwbouw' omvat, wordt in de modellering enkel de nieuwbouwprojecten meegenomen (exclusief sloop indien eerst gesloopt moet worden voordat nieuwbouw plaats kan vinden).

Deze case wordt gebruikt om:

- voor de verschillende scenario's te bepalen en te kwantificeren wat de effecten zijn met betrekking tot vermindering van CO₂-uitstoot (en aantal voertuigbewegingen), en wat partijen zouden kunnen doen.
- de verschillende scenario's te modelleren en door te rekenen aan de hand van data van de geplande bouwprojecten van een grote stad in Nederland.

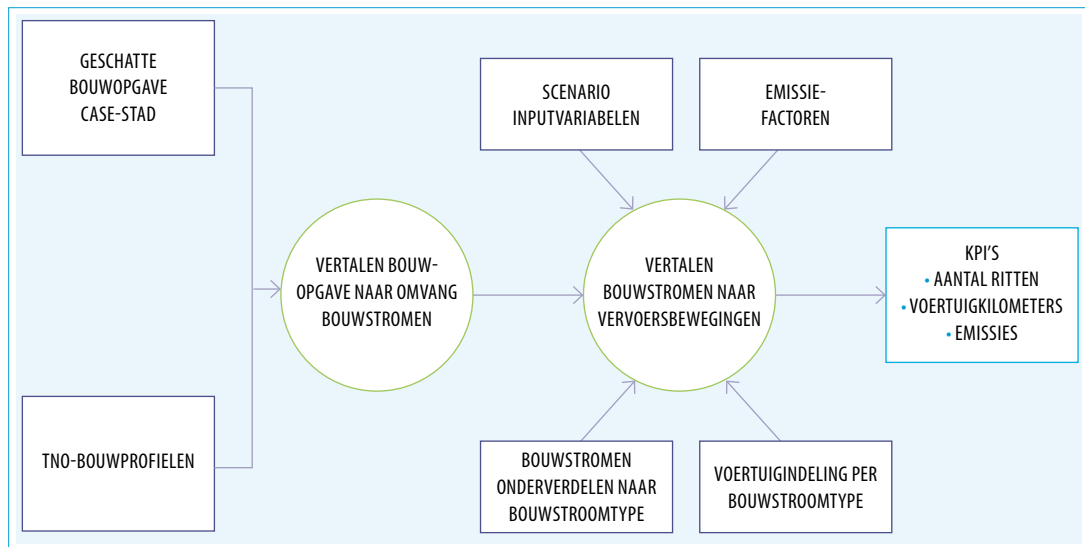
2.5 Aanpak (methode)

Om de effecten van verschillende wijzen van organiseren van de (stedelijke) bouwlogistiek te bepalen is een model ontwikkeld. Hiermee wordt, op basis van de case, voor verschillende scenario's berekend hoe de hoeveelheid ritten en bijbehorende emissies veranderen. Deze scenario's zijn in hoofdstuk 4 verder uitgewerkt.

De eerste stap in het modelleren is een schatting te maken van de bouwopgave (namelijk de case) naar hoeveelheden te transporteren bouwmaterialen (omvang bouwstromen). Dit wordt gedaan aan de hand van TNO bouwprofielen. Een TNO bouwprofiel geeft een type bouwproject (bijvoorbeeld: meergezinswoning (appartementen) per m² bvo weer hoeveel bouwmaterialen van welk soort benodigd zijn voor de bouw.

Voor het modelleren van de verschillende scenario's worden vervolgens de te verwachten bouwstromen (circa 70 categorieën bouwmaterialen) vertaald naar het verwachte aantal vervoersbewegingen. Figuur 7 geeft hiervan een schematische weergave.

Figuur 7
Schematische weergave
van de modellering.



Om het aantal voertuigbewegingen op de verschillende trajecten (leverancier-bouwplaats, leverancier-hub en hub-bouwplaats) en per voertuigtype te bepalen, wordt gebruik gemaakt van de onderverdeling in acht (bouw)stroomtypes zoals deze in Tabel 1 zijn weergegeven. Voor ieder traject zijn aannames gedaan over hoe de materialen per bouwstroomtype verdeeld zijn over de verschillende voertuigtypes. Deze aannames en overige aannames die gemaakt zijn ten behoeve van de modellering van de scenario's zijn uitgewerkt in de bijlagen.

Voordat de scenario's in meer detail worden toegelicht, wordt in het volgende hoofdstuk ingegaan op de bouwlogistieke ontwikkelingen die invloed hebben op de leveringen in dit segment. Deze ontwikkelingen zijn meegenomen in het vormgeven van de scenario's die in het daaropvolgende hoofdstuk zijn uitgewerkt.

Bouwlogistieke ontwikkelingen

3.1 Introductie

Nederlandse steden groeien hard en gemeenten hebben te maken met een stevige bouwopgave. De manier waarop de bouwplaatsen bij nieuwbouwprojecten in steden in 2030 worden beleverd, wordt beïnvloed door verschillende ontwikkelingen op zowel technologisch, maatschappelijk als beleidsmatig vlak die in dit hoofdstuk worden besproken. Deze ontwikkelingen zijn geïdentificeerd door uitgebreid bureauonderzoek en gesprekken met experts. We maken hierbij onderscheid tussen enerzijds algemene ontwikkelingen die op de gehele stadslogistiek van toepassing zijn en anderzijds bouwspecifieke ontwikkelingen die een impact hebben op de (stads)logistiek.

3.2 Veranderende steden

Binnen het segment bouw springen er twee ontwikkelingen uit, die op stedelijk en logistiek niveau grote impact gaan hebben op het aantal gereden ritten en de uitstoot van CO₂.

Veranderende demografische factoren

De bevolking in Nederland blijft verder groeien. Naar verwachting zijn er in 2030 17,9 miljoen Nederlanders en in 2035 zijn dit er zelfs 18,3 miljoen. Deze groei neemt relatief meer toe in grote en middelgrote steden alsook de randgemeenten van deze steden. In Utrecht neemt de bevolking naar verwachting tot 2035 met ruim 22% toe, in Amsterdam met bijna 18% en in Rotterdam en Den Haag met meer dan 14%. Daarnaast wordt er in dezelfde periode toenemende vergrijzing en groei van het aantal alleenstaanden in de steden verwacht (CBS & PLB, 2018).

Veranderende demografische factoren hebben een impact op de bebouwde omgeving en het type gebouwen. In eerste instantie leidt de bevolkingsgroei in steden tot verdichting, wat weer bouwlogistiek transport met zich meebrengt. Door de beperkte ruimte is er mogelijk meer hoogbouw nodig. Dit wordt verder versterkt door de groei van het aantal eenpersoonshuishoudens. Nieuwbouwprojecten zullen deels tot stand komen door de sloop van bestaande bouw in een stedelijke omgeving waar de ruimte al schaars is. Dit zorgt ervoor dat een bouwproject een langere duur heeft en een hogere intensiteit (zwaar) transport in een kwetsbare omgeving met zich meebrengt dan enkel nieuwbouw. Een bouwproject in deze context start immers al met de sloop van het bestaande pand en afvoer van zware containers met bouw- en sloopafval, gevolg door het gereedmaken van de bouwlocatie met grondverzet (bulk) en de ruwbouwfase met de aanvoer van zware bouwmaterialen. Na deze fase van het bouwproces zal er geleidelijk een steeds hogere toename zijn van lichtere vrachtwagens en allerhande bestelwagens. Ten tweede zijn er meer verschillende woningen nodig om verschillende groepen op te kunnen vangen. Hierbij gaat het om huishoudens, eenpersoonshuishoudens en de groeiende groep ouderen. Wat de laatste groep betreft is er een algemene ontwikkeling van extramuralisering in de zorg gaande. Dit betekent dat burgers langer thuis of in een aangepaste woning blijven in plaats van in een verzorgingstehuis of een andersoortige instelling. Hierop moeten nieuw te bouwen woningen worden aangepast. Dit leidt tot kleinere woningen die levensbestendig zijn.

Zero Emissie Zones voor Stadslogistiek

De huidige afspraken in het Klimaatakkoord, de Green Deal Zero Emissie Stadslogistiek (GDZES) en lokale luchtkwaliteitsdoelstellingen leiden ertoe dat de binnensteden van de G40 steden in Nederland in 2030 een ZE zone voor stadslogistiek hebben (SPES, 2019). Dit zal de bouwlogistieke sector raken. De invoering van de ZE zone voor stadslogistiek raakt deze sector in 2025 als eerst omdat een groot deel van de afbouwleveringen met bestelwagens wordt uitgevoerd (TNO, 20181). Zoals op 5 oktober 2020 bekend werd gemaakt gelden er, afhankelijk van de EURO-klasse en het voertuig diverse overgangsregelingen, waarbij op kentekenniveau een ontheffing afgegeven wordt (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020). Conventionele (diesel) bestelwagens worden eerder uitgefaseerd dan vrachtwagens. Daarnaast geldt dat voor specifieke voertuigen een vrijstelling of een ontheffing kan worden afgegeven, bijvoorbeeld voor vrachtauto's voor exceptioneel transport en vrachtauto's met een laadkraan met een hefvermogen van 35 tonmeter of meer en die een datum eerste toelating hebben van twaalf jaar of jonger.

Zero emissie (elektrische) bestelwagens worden verwacht breed beschikbaar te zijn rond 2025. De totale kosten van een aantal elektrische bestelwagens die op de markt beschikbaar zijn, naderen die van conventionele equivalenten (Topsector Logistiek, 2019). Elektrificatie van de bouwlogistiek brengt ook diverse vraagstukken met betrekking tot het al dan niet installeren van (zware) laadinfrastructuur op bouwplaatsen met zich mee. Daarnaast kunnen leveringen met lichte elektrische voertuigen (LEV) of cargo bikes worden uitgevoerd. Om zero emissie leveringen mogelijk te maken zijn er naast het één-op-één vervangen van conventionele voertuigen door zero emissie varianten, ook initiatieven om efficiëntiewinst in de 'last-mile' mogelijk te maken. Deze initiatieven zijn nodig om aan de gehele bouwopgave te voldoen binnen de ZE 2025 eisen, aangezien de voorraad zero emissie voertuigen op de markt naar alle waarschijnlijkheid niet voldoende is voor één-op-één vervanging. Deze wijzigingen in logistieke structuren betreffen onder andere het gebruik van diverse soorten ontkoppelpunten.

3.3 Bouwspecifieke ontwikkelingen met impact op logistiek

De volgende maatschappelijke, marktspecifieke en logistieke trends spelen een rol bij de ontwikkeling van bouwlogistiek binnen steden in het komende decennium:

- Maatschappelijke druk om bouwlogistiek efficiënter te organiseren;
- Het gebruik van een (multimodale) bouwhub;
- Groei zero emissie voertuigen (last-mile);
- Groei zero emissie materieel;
- Aan de voorkant omdenken van het bouwproces;
- Productiegroei op de langere termijn;
- Toename digitalisering en informatietechnologie;
- Verandering in bouw(logistieke) processen;
- Automatisering en robotisering.

Maatschappelijke druk om bouwlogistiek efficiënter te organiseren

Zoals hierboven aangegeven zullen de demografische ontwikkelingen effect hebben op de hoeveelheid inwoners, het aantal en type woningen in steden. De (verwachte) bouwlogistiek in steden zal zich de komende jaren vooral kenmerken door steeds meer inbreiding. Deels wordt dit vooraf gegaan door sloop van bestaande bebouwing. Het gaat hierbij om bouwplaatsen waar weinig ruimte is en die moeilijk bereikbaar zijn, die al leiden tot meer aandacht voor logistieke organisatie (simpelweg vanuit gebruik aan ruimte). Hier wordt vaak naar de toepassing van bouw hubs gekeken (zie ook 'Het gebruik van een (multimodale) bouwhub').

Daarnaast zien we een steeds grotere focus op duurzaamheid, leefbaarheid, bereikbaarheid, veiligheid en luchtkwaliteit in steden. Hoe komt al het materiaal, materieel en personeel op een zo schoon mogelijke en logistiek optimale manier op de bouwplaats. Een uitdaging zijn de vele spoedleveringen die kenmerkend zijn in deze sector. Binnen steden ligt de nadruk des te meer op deze sector omdat het onder andere om zware voertuigen gaat die door drukke en dichtbevolkte gebieden rijden waar kinderen naar school gaan en mensen recreëren. Het zware vrachtverkeer zorgt voor gevaar en overlast voor de omgeving, maar ook voor problemen gedurende het transport (vertragingen door congestie, moeilijk manoeuvreren, etc.). Hierdoor neemt de druk om bouwlogistiek efficiënter te organiseren toe. Het Klimaatakkoord, het Schone Lucht Akkoord en diverse green deals (waaronder Het Nieuwe Draaien en Zero Emission Stadslogistiek) leverden al een impuls om de bouwsector te verduurzamen en te 'verschonen'. De recente stikstof-problematiek heeft de druk om de verduurzamingstransitie in de bouwsector te versnellen alleen maar vergroot. Dit vraagt om een integrale aanpak, waarbij niet alleen naar de bouwlogistiek wordt gekeken, maar ook naar het bouwmaterieel en de emissies gerelateerd aan de bouwindustrie.

Ook is er groeiende aandacht in aanbestedingen voor kwaliteits- en duurzaamheidsaspecten naast de laagste prijs. De BPKV criteria⁵ worden veel toegepast en omvatten naast de standaardcriteria over onder meer de doorlooptijd van de uitvoeringsfase, toegankelijkheid en de hoeveelheid bouwverkeer en emissies ook aspecten rondom procedures en maatregelen om verstoringen voor de omgeving te minimaliseren. De regelgeving hieromtrent wordt strikter en het belang van bouwlogistieke maatregelen daarin wordt groter.

Daarnaast hanteren gemeenten in toenemende mate een BLVC-raamwerk voor bouwprojecten. BLVC eist van aannemers dat ze een BLVC-plan overleggen waarin ze moeten aantonen dat ze voldoen aan de BLVC-criteria. De CO₂-voetafdruk van bouwlogistiek is echter nog steeds moeilijk op te nemen in de BLVC-criteria. Tegenwoordig omvatten deze criteria bijvoorbeeld het maximaal aantal wachtende vrachtwagens, het aantal bedrijfswagens dat bij de bouwplaats geparkeerd staat en het maximaal toelaatbare aantal afvalcontainers. In de toekomst kan het echter ook routevereisten naar de locatie of de gebruikte typen voertuigen omvatten. Een BLVC zou het gebruik van zware vrachtwagens in binnensteden kunnen beperken. Zo zijn in de binnenstad van Amsterdam vrachtwagens zwaarder dan 7,5 ton niet meer toegestaan, tenzij er een ontheffing is verleend. Aangezien niet alle bouwmaterialen met lichte en kleinere vrachtwagens kunnen worden vervoerd, is het noodzakelijk de inzet van andere modaliteiten en aanpassingen aan logistieke structuren te overwegen.

Handhaving van het BLVC-plan is een andere belangrijke taak voor de gemeente. Tijdens uitvoering moeten de KPI's worden bewaakt door bijvoorbeeld kentekens te registreren die de binnenstad binnenkomen of door een meldpunt voor omwonenden in gebruik te nemen. Op dit moment is één van de belemmeringen het ontbreken van een alomvattende methodologie om de voetafdruk van de bouwlogistiek te meten. Daarnaast moeten alle onderaannemers en leveranciers het eens zijn over het traceren, volgen en overhandigen van de kentekenregistraties van hun voertuigen of met andere formulieren waaruit hun transportactiviteit en bijbehorende CO₂-uitstoot naar voren komt.

⁵ BPKV betekent Beste Prijs Kwaliteit Verhouding. Voorheen werd dit aangeduid met EMVI. BPKV inschrijvingen worden beoordeeld op basis van een combinatie van prijs en kwaliteit. Onder kwaliteit wordt onder meer verstaan publieks-gerichtheid, duurzaamheid en risicobeheersing (bron: Rijkswaterstaat).

Bron: www.logistiek.nl

Het gebruik van een (multimodale) bouwhub voor een aantal bouwstromen



Het gebruik van een (multimodale) bouwhub (ontkoppelpunt) voor het transport van bouwmaterialen van producent/leverancier naar bouwplaats, kan vanuit een aantal redenen noodzakelijk dan wel wenselijk zijn. Op projectniveau is al aangetoond dat bouw hubs in de praktijk kunnen werken (zie ook Voorbeeldcasus in Kader 1, TNO, 20182). Vanuit efficiëntie oogpunt is het wenselijk volle vrachtwagenladingen/scheepsladingen te transporteren.

Een bouwhub kan worden ingezet om het aantal voertuigen dat op de bouwplaats aankomt zoveel mogelijk te beperken. Door middel van een bouwhub kunnen er gebundelde vrachten naar de bouwplaats plaatsvinden in plaats van vele losse leveringen van leverancier naar de bouwplaats. Dit sluit tevens aan bij de wens van burgers en overheden voor minder verstoring door bouwlogistiek verkeer. Bovendien kan de bouwhub worden gebruikt als ontkoppelpunt tussen de inzet van conventionele transportmiddelen (vrachtwagen EURO V/VI) buiten de stad en zero emissie vervoer in de stad op de last-mile. Hierbij is het wel noodzakelijk om gezien de actieradius van zware elektrische voertuigen na te denken over de energievoorziening op deze hubs. Bij beschikbaarheid van voldoende zero emissie zware trekkers, kan dit ook zonder overslag op de bouwhub door wisselen van trekkers. Aangezien veel zwaar materiaal ook per boot of trein vervoerd wordt (multimodaal), is in een aantal gevallen een locatie op een knooppunt gewenst. Hierdoor is niet enkel de beschikbare ruimte voor een bouwhub aan de rand van steden belangrijk, maar ook de locatie. Steden kunnen hier een faciliterende rol bij spelen. Naast een focus op het verminderen van de bouwlogistieke bewegingen binnen steden, is er in steeds meer verdichtende steden vaak slechts beperkte ruimte om voorraden bouw materiaal aan te houden en logistieke handelingen te verrichten (postzegellocaties). De bouwplaats vereist daardoor 'just in time' (JIT) transporten, waarbij de bouwmaterialen direct in het project verwerkt worden, daarbij veelal ondersteund door middel van intelligente tijdslotmanagement systemen (bouwticketsystemen) en een logistiek manager op de bouwplaats. Een (multimodale) bouwhub maakt het mogelijk om op het traject leverancier-bouwhub vol beladen vrachtwagens en schepen in te zetten, en op het traject bouwhub-bouwplaats (last-mile) JIT te leveren met transportmiddelen die qua capaciteit afgestemd zijn op de dagelijkse werkvoorraad. De bouwhub fungeert als buffer in tijd en ruimte voor de voorraad benodigde bouwmaterialen en wordt steeds meer gebruikt als locatie voor het samenstellen van werkpakketten (crossdocking activiteiten) en Value Added Logistics, zoals timmerwerk, vlechtwerk bewapening, etc. Hierdoor hoeven deze werkzaamheden niet op de bouwplaats uitgevoerd te worden. Naast het verminderen van het aantal last-mile leveringen heeft een bouwhub hiermee ook een toegevoegde waarde op de efficiëntie op de bouwplaats.

Kader 1
*Voorbeeld slimme
 bouwlogistiek*

Voorbeeldcasus 'Slimme bouwlogistiek leidt tot aanzienlijke vermindering kosten, bouwtijd, hinder en schadelijke uitstoot'



Met nieuwe concepten voor bouwlogistiek kan flink bespaard worden op logistieke kosten en bouwtijd, blijkt uit onderzoek van TNO. Het leidt ook tot een betere doorstroming, minder schadelijke uitstoot en minder hinder voor de omgeving. Zo blijkt het mogelijk om het aantal binnenstedelijke ritten van en naar de bouwplaats met zo'n 50% tot 80% terug te brengen.

Bij negen proeftuinen werd onderzoek gedaan, waarvan er bij drie uitgebreide gegevens zijn verzameld en ook besparingen zijn aangetoond. Bij deze drie projecten werd circa 50%, 65% en 80% aan ritten bespaard, totaal ruim 260.000 kilometer. Dit leidde tot een vermindering van de CO₂-uitstoot van respectievelijk 40%, 85% en 50%. De ervaringen met BouwHubs, een locatie aan de rand van de stad waar alle bouwmaterialen worden verzameld, waren unaniem positief.

Voor goede bouwlogistiek is afstemming en medewerking binnen de keten cruciaal. 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 en een actieve rol van de lokale overheid bij aanbesteding en vergunningverlening.

Groei zero emissie voertuigen (last-mile)

Vanuit het Klimaatakkoord wordt er stevig ingezet op de implementatie van zero-emissie zones in grote steden. Elektrificatie is voor een aantal stadslogistieke segmenten de meest voor de hand liggende technische oplossing om de klimaatimpact te verminderen. Voor bouwgerelateerd transport dat uitgevoerd wordt met bestelwagens (zoals afbouwstromen en personeelsstromen) zal dit ook zeker een voor de hand liggende oplossing zijn (naast de inzet van cargobikes⁶). Wat we vooral bij de afbouw- en personeelsstromen zien is dat de woning van de monteur de standplaats is van de (elektrische) bestelauto. Dit heeft een belangrijk effect op de ruimte, aangezien er dus steeds meer laadpalen nodig zijn in woonwijken.

Echter voor een groot deel van het bouwgerelateerd transport ligt dat anders (zie ook stromen in Tabel 1). Aangezien een groot deel van de leveringen met zware en grote voertuigen gebeurt, zal elektrificatie langer op zich laten wachten. Technisch gezien is het al mogelijk en de eerste volledige zero emissie autolaadkraan is ook al in gebruik. Dit biedt vooral mogelijkheden in samenwerking met een (bouw)hub waarbij de last-mile emissievrij kan worden uitgevoerd.

Voor een stevige kostendaling en voldoende aanbod van voertuigen is een vroegtijdig en helder beeld van de marktvraag noodzakelijk. Dit betekent dat de marktvraag voldoende duidelijk moet worden gemaakt voor voertuigproducenten om de ontwikkeling van zero emissie voertuigen een impuls te geven.

⁶ In Tilburg zorgen bijvoorbeeld Fietskoeriers Tour de Ville en Technische Unie voor aanlevering van bouwmaterialen per fiets.

Groei zero emissie materieel



Op weg naar de uitstootvrije bouwplaats staat inmiddels ook het verduurzamen van mobiele werktuigen hoog op de agenda. De focus op zero emissie is niet alleen van belang bij het transport, maar ook voor het materieel dat wordt toegepast op de bouwplaats. Steeds vaker zien we dat klein materieel elektrisch wordt aangedreven. Een tijdelijke stroomaansluiting of een batterijpakket van voldoende vermogen is hierbij van groot belang, maar dan moet die wel beschikbaar zijn op het juiste moment.

Dit is een belangrijk aandachtspunt. Daarnaast blijkt dat hoewel elektrificatie van mobiele werktuigen haalbaar is, er onvoldoende zicht is op de beschikbaarheid van elektrische machines in Nederland.

‘Aan de voorkant’ omdenken van het bouwproces

Tot maar liefst 78% van alle product- en procesinnovaties in de bouw is afkomstig van producenten van bouwmaterialen (Pries & Doree, 2005). Denk hierbij bijvoorbeeld aan de aanschaf van een andere machine die de productietijd in één klap halveert of een nieuwe grondstof die het product aanzienlijk goedkoper maakt. Het vroegtijdig en structureel benutten van kennis en kunde betekent een versterking van de innovatiekracht van aannemers. Traditioneel worden (toe)leveranciers in de bouwsector (te) laat betrokken door de aannemer bij het ontwerp en de opzet van het bouwproces. Ontwerpkiezen en planning liggen dan meestal al vast, waardoor er minder ruimte is de kennis en kunde van de leverancier te benutten (Voordijk & Vossebeld, 2013). Door dit proces op een andere manier in te richten en de (toe)leveranciers in een vroeg stadium te betrekken, kan ook de logistiek hiervan profiteren.

Daarnaast 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 (TNO, 2018).

Niet alleen de locaties van de (toe)leveranciers spelen een rol, maar ook de manier waarop zij hun transport inrichten (zelf doen of uitbesteden). Door in een vroeg stadium al om de tafel te gaan met de (toe)leveranciers kan bepaald worden welke transportmodaliteit en welk logistiek concept ingezet wordt.

Productiegroei op de langere termijn

Waar we in 2019 nog te maken hadden met een personeel- en materiaaltekort, krijgt de werkgelegenheid in 2020 mogelijk flinke klappen door de stikstofcrisis. De komende twee jaar wordt er een stuk minder vraag naar personeel verwacht doordat de bouwproductie flink terugloopt (Economisch Instituut voor de Bouw, 2019). In 2019 is er een flinke teruggang geweest in het aantal vergunningen (mede door de hogere duurzaamheidseisen, de toename van binnenstedelijk bouwen, de kostenstijgingen en de stikstof- en PFAS-problematiek), wat zich vertaalt in een stevige daling van de nieuwbouwproductie in de komende jaren (Cobouw, 2019). De verwachting is dat na een aantal jaar er weer een productiegroei bereikt zal worden. De vraag naar woningen en infra blijft namelijk groot en er zal mogelijk een inhaalslag moeten worden gemaakt. Die groei dient echter gerealiseerd moeten worden met minder personeel, wat betekent dat dit kan leiden tot andere manieren van bouwen, zoals de inzet van prefab elementen (zie ook *‘Verandering in bouw(logistieke) processen’*).

Toename digitalisering en informatietechnologie

Digitalisering speelt een steeds nadrukkelijker rol in de bouw. Er is een toenemende hoeveelheid digitale informatie beschikbaar, computerkracht neemt exponentieel toe en geavanceerde digitaliseringstechnologieën zien het daglicht. Digitale constructietekeningen en 3D-modellering worden steeds vaker gebruikt en omvatten ook een steeds bredere scope van het bouwproces, zoals: inkoopplanning, planning van de logistieke stromen en kosten.

Figuur 8
3D-modellering op basis
van 2D-tekening



Het Bouw Informatie Model (BIM) maakt virtuele constructie en real-time informatie-uitwisseling door alle projectpartners en leveranciers mogelijk. Door deze informatie uit BIM te koppelen aan de o.a. de transportplanning, kraanplanning en planning van voorkeursrouting bouwverkeer (de meest geschikte routes voor bouwverkeer), is ketenregie en logistieke optimalisatie over integrale ketens van meerdere betrokken partijen mogelijk. Dit geeft transparantie in materiaalstromen en logistieke kosten, wat aannemers weer bewuster maakt van deze kosten. Deze ontwikkeling wordt aangeduid met Control Tower in bouwlogistiek en krijgt langzaam maar zeker meer vorm. Daadwerkelijke toepassing daarvan in de praktijk vergt echter nog een aanzienlijke ontwikkelslag op het gebied van ICT, met name op het gebied van de koppeling van bouwplanning met transportplanning. Er is nog meer onderzoek, praktijkpilots en opschaling nodig om BIM hiervoor ook echt in de praktijk in te zetten. Inkoop van materialen wordt steeds vaker langer van tevoren gepland. In plaats van materialen voor de volgende dag of zelfs dezelfde dag te plannen en op te halen, weten aannemers met een goede planning precies welke materialen er de komende weken per dag nodig zijn. Als gevolg hiervan wordt de bouwplaats kleiner, aangezien er minder opslag nodig is en JIT wordt geleverd.

Bovenstaande ontwikkelingen gelden met name voor grootschalige nieuwbouw in de woning- en utiliteitsbouw. In de MKB-sector, bij kleinere bouwprojecten en renovatiebouw is digitalisering van planning in de bouw en met name voor de logistiek nog zeer beperkt. Daarbij ligt de digitaliseringsslag voornamelijk bij de producenten van bouwmaterialen en op het gebied van transportplanning bij de toeleveranciers en vervoerders van bouwmaterialen.

Verandering in bouw(logistieke) processen



De groeiende vraag naar nieuwe woningen in stedelijk gebied stimuleert bouwbedrijven om nieuwe bouw(logistieke) processen, zoals prefab, robotica, IoT-technologieën, 3D-printing en een circulaire constructie in de bouw te implementeren. Op deze manier kunnen nieuwe bouw(logistieke) processen geïntegreerd worden in de dagelijkse processen binnen de bouwlogistiek. Dit resulteert in veranderingen in de bouw-logistieke stromen binnen- en buitenstedelijk in termen van ingezette voertuigen en frequentie.

Bron:
www.bouwwereld.nl
Pi2 BV



Prefab en circulair bouwen (hergebruik van bouwmaterialen) worden steeds vaker toegepast. Vergeleken met traditionele methoden is het prefabriceren van bouwonderdelen op een andere locatie sneller, efficiënter en van hogere kwaliteit. De fabrieksmatige, gestructureerde omgeving van een prefab-werkplaats elimineert immers veel van de vertragingen en complicaties die op een bouwplaats kunnen optreden.

Dit heeft ook gevolgen voor de logistiek. De verwachting is dat dit enerzijds leidt tot minder extra ritten/spoedritten om gebreken/falen op de bouwplaats te herstellen. Door gebruik te maken van prefab materialen zijn anderzijds voertuigen met een grote capaciteit (vrachtwagen groot, trekker/oplegger) nodig en extra inzet van hijskranen. Dit levert over het algemeen een besparing op in het totaal aantal ritten, aangezien het vele afzonderlijke transporten van stenen, hout, glas, isolatiemateriaal, maar ook steigers voorkomt. Bovendien is minder bouwpersoneel op de bouwlocatie nodig en wordt er sneller gebouwd. Door het prefabriceren van bouwonderdelen gaat de positionering van de toeleveranciers van bouwmaterialen (groothandels) en producenten in de keten mogelijk veranderen. Aangezien de bouwwerkzaamheden van de bouwplaats naar voren worden gehaald in de logistieke keten, dus naar de fabrieks-/productielocatie, worden ook de bouwstromen verplaatst en ontstaat er een bouwstroom van toeleveranciers/producenten van bouwmaterialen naar productielocaties van prefab elementen (veelal in fabrieksomgeving bij één van de producenten). De halffabricaten kunnen worden vervaardigd, die vervolgens weer naar de bouwplaats kunnen worden getransporteerd. Verder wordt er in steden zoveel mogelijk JIT en just-in-place geleverd, aangezien de opslag op de bouwplaats in steden vaak zeer beperkt is. Door de JIT transporten kunnen bouwmaterialen direct in het project verwerkt worden. Het gebruik van een bouwhub maakt het mogelijk dat dit zo efficiënt mogelijk gebeurt, aangezien de bouwhub vaak aan de rand van de stad ligt op korte afstand van het project. Dit betekent ook dat betrouwbare stedelijke logistiek essentieel is, aangezien er geen of nauwelijks voorraad te vinden is op de bouwplaats.



Circulair bouwen richt zich op een minimaal gebruik van grondstoffen en zoveel mogelijk hergebruik van producten bij het ontwerp en de exploitatie van gebouwen. Voor gebouwen betekent dit niet alleen het kijken naar materialen, maar ook naar levensduurverlenging door het maximaal aanpasbaar maken van de gebruiksfunctie van een gebouw (Rijksoverheid, 20181). De landelijke doelstelling is dat we in één generatie (2030) 50 procent minder primaire grondstoffen gaan verbruiken en

100 procent in twee generaties (2050) (Rijksoverheid, 20182). Circulariteit speelt een belangrijke rol op verschillende niveaus, namelijk op materiaalniveau, componentniveau, gebouwniveau, productniveau en gebiedsniveau. Op productniveau wordt bijvoorbeeld niet gekeken naar het product als verkoopobject, maar als 'product as a service' (dienst). Tijdens het ontwerp moet er al bepaald worden welke elementen waarde toevoegen en welke niet. Dit geldt zowel voor producten als het bouwproces. Voor het produceren van circulaire bouwmaterialen of bouwonderdelen is zicht nodig op het aanbod van grondstoffen en circulaire bouwmaterialen in de bestaande bouw in een geografisch gebied. Hier moeten nieuwe marktplaatsen en systemen voor worden gerealiseerd. Dit vraagt ook om nieuwe businessmodellen, aangezien hergebruikte materialen opnieuw in de markt worden aangeboden en daar een nieuwe vorm van verrekening voor nodig is. Wanneer bouwmaterialen of bouwonderdelen getransporteerd moeten worden, is het wenselijk dit zodanig te doen dat de milieu-impact ervan gering is (Provincie Overijssel, 2019). Een voorbeeld is dat hergebruik van casco's kan leiden tot minder materiaal- en logistieke stromen en tot minder behoefte aan ruimte (voor verwerkers en fabrikanten). Echter kunnen de logistieke stromen door verschillende vormen van circulair bouwen toe- of afnemen. Wat ontbreekt is inzicht in de optimale bouwlogistieke organisatie van circulair bouwen (Economisch Instituut voor de Bouw & TNO, 2018).



Een mooi voorbeeld is houtbouw. Houtbouw is niet alleen circulair, maar ook sneller. Dankzij Cross Laminated Timber (CLT) en robotisering is het mogelijk om verrassend snel een moderne prefab-woning te bouwen die grotendeels uit recyclebaar hout bestaat. Dat sluit goed aan bij de principes van de circulaire economie. Daarbij is een snelle bouwmethode meer dan welkom in deze tijd van woningtekorten. Hoewel er momenteel al genoeg

mogelijkheden zijn om hout in de woningbouw toe te passen, gebeurt dat nog te weinig. En waar dat bij uitzondering wel gebeurt, blijft het beperkt tot houtskeletbouw. Een belangrijke oorzaak ligt in de beperkte ervaring van aannemers met hout. En omdat er tijdens de bouw zeker aandachtspunten zijn, zoals het belang van CLT-panelen goed droog te houden. Ondertussen zijn er al wel aansprekende voorbeelden van grootschalige houtbouw. Zoals het nieuwe hoofdkantoor van Triodos Bank in Zeist. Dat gebouw bestaat voor het overgrote deel uit hout. Bovendien kun je dat pand grotendeels uit elkaar halen, zodat je vervolgens alle onderdelen makkelijk kunt recyclen of hergebruiken. Het effect van houtbouw op de logistiek kan aanzienlijk zijn. Zeker als grote modulaire onderdelen al in de fabriek worden geprefabriceerd. Dat betekent dat er minder transport naar de bouwplaats benodigd is, maar dat dit vaak wel om hele grote transporten gaat.

Automatisering en robotisering



Naast innovatie in bouw(logistieke) processen, zijn er diverse technologische ontwikkelingen welke impact zullen hebben op het hele ontwerp- en bouwproces, en ook op de gebruiksfase. Ze kunnen zelfs leiden tot nieuwe vormen van samenwerking en tot andere verdienmodellen. Daarnaast hebben deze zelfs de potentie om mogelijke bedreigingen voor de sector op te lossen, zoals personeelstekort, milieuaspecten, onveilige werksituaties en verstoringen. Bedrijven investeren echter niet snel in nieuwe technologie door de traditionele aard en lage winstgevendheid van de sector (ABN AMRO, 2016).

Voorbeelden van technologische ontwikkelingen zijn Internet of Things (IoT), robotisering, co-bots, 3D-printen. Nieuwe technologieën bieden mogelijkheden om zowel bouwproducten als het bouwproces te verbeteren, waardoor het bouwproces sneller, efficiënter, goedkoper en duurzamer ingericht kan worden.

Een van de grootste voorbeelden in de industriële sector op dit moment is het IoT. De toepassing van IoT is in de consumentenmarkt duidelijk zichtbaar en groeit snel, maar IoT kan ook een rol spelen tijdens het bouwproces. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van tags op gereedschappen of materialen, waardoor personeel deze beter kan lokaliseren en beheren, of aan het voorspellen van onderhoud en zelfs het automatisch uitvoeren van reparaties op afstand (Bouw kennisblog, 2019).

De verwachting is dat automatisering, digitalisering en robotisering kunnen zorgen voor een omwenteling in de faalkosten gerelateerd aan bouwlogistiek (TNO & TLN, 2012). De standaardisatie van digitale gegevens-uitwisseling leidt tot een betere afstemming en coördinatie van het bouwlogistieke proces tussen de betrokken partijen. Hierdoor worden minder verkeerde leveringen en retourstromen gerealiseerd. Daarnaast heeft dit een impact op na-leveringen (bijv. bouw personeel dat nogmaals naar de bouwhandel moet). Een ander voorbeeld is de toepassing van Augmented Reality (AR). Door gebruik te maken van AR is het mogelijk een logistiek plan te ontwikkelen voor de bouw, aanlevering en materiaalopslag (T-Mobile Founders, 2017). Hierdoor kan een besparing in doorlooptijd van het integrale bouwproces worden gerealiseerd en zullen faalkosten in het bouwproces dalen.

4.1 Introductie

Op basis van de ontwikkelingen zijn vijf scenario's uitgewerkt, om inzicht te krijgen in de impact van mogelijke acties op de hoeveelheid en type ritten, de gereden kilometers en de CO₂-uitstoot in 2030. De ontwikkelde scenario's laten zien wat de bijdrage kan zijn van verschillende acties om de klimaatimpact van bouwlogistiek te verminderen, en de druk om het aantal voertuigenbewegingen omlaag te brengen. De ontwikkelingen (uit hoofdstuk 3) komen in de onderstaande scenario's in verschillende mate terug.

Tabel 2
Illustratie van
scenario's voor
bouwlogistiek 2030

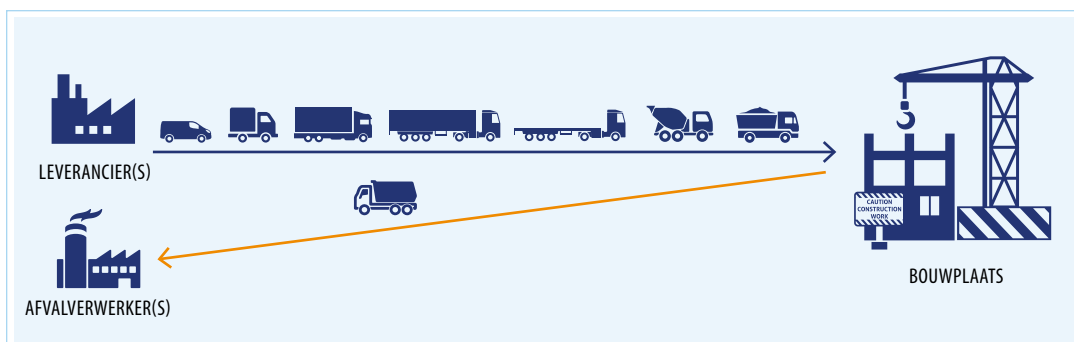
Scenario	Toelichting	Nadruk op trend
Business as usual (scenario 1)	Dit betreft het referentiescenario waarin geen extra maatregelen worden genomen om de logistieke keten efficiënter en schoner in te richten ten opzichte van de huidige. Wel verwachten we een groei in het aantal voertuigen in dit scenario gezien de forse nationale woningbouwopgave.	Er wordt uitgegaan van een autonome ontwikkeling bij een verschuiving naar zero emissie vervoer (zonder extra maatregelen (TNO, 2018 ³))
Verplichte bouwhub voor aantal bouwstromen (scenario 2)	Het gebruik van een bouwhub is verplicht voor alle bouwprojecten in de stad. Op een bouwhub vinden de volgende activiteiten plaats: • Bundeling van stromen • Locatie voor crossdock-activiteiten • Ontkoppelpunt • Value Added Logistics (VAL)	• Maatschappelijke druk om bouwlogistiek efficiënter te organiseren • Groei zero emissie voertuigen (last-mile) • Het gebruik van een (multimodale) bouwhub • Verandering in bouw (logistieke) processen
Inzet andere modaliteiten (scenario 3)	Een aantal transportstromen binnen de bouwlogistiek zal gebruik maken van andere transportmodaliteiten dan wegtransport. Denk hierbij aan vervoer over water.	• Maatschappelijke druk om bouwlogistiek efficiënter te organiseren • Groei zero emissie voertuigen (last-mile) • 'Aan de voorkant' omdenken van het bouwproces
Bouwhub en gebiedsaanpak (scenario 4)	Door het delen van data, een hoge integratie van ICT-technologieën en de toenemende transparantie van bouwlogistieke stromen is het mogelijk om bouw hubs over meerdere bouwprojecten in te zetten binnen een stedelijk gebied en daarmee synergie voordelen te benutten op last-mile transport.	• 'Aan de voorkant' omdenken van het bouwproces • Toename digitalisering en informatietechnologie • Verandering in bouw(logistieke) processen
Circulair bouwen en industrialisatie (scenario 5)	Nieuwe productieprocessen worden geïntegreerd in de dagelijkse processen binnen de bouwlogistiek, waaronder industrialisatie en circulair bouwen. Dit zorgt voor een verandering in termen van ingezette voertuigen en frequentie.	• 'Aan de voorkant' omdenken van het bouwproces • Productiegroei op de langere termijn • Verandering in bouw(logistieke) processen • Automatisering en robotisering

In de volgende paragrafen zetten we de verschillende scenario's uiteen en gaan we in op de onderbouwing. In alle scenario's wordt uitgegaan van een autonome ontwikkeling ten aanzien van de verschuiving naar zero emissie vervoer (zonder extra maatregelen). De beschrijving van hoe de verschillende scenario's zijn gemodelleerd om de case (zie hoofdstuk 2) door te rekenen in hoeveelheid en type ritten, hoeveelheid kilometers en CO₂-uitstoot, is te vinden in de bijlagen.

4.2 Scenario 1: Business as usual

Scenario 1 betreft het referentiescenario waarin er in 2030 geen extra maatregelen worden genomen om de logistieke keten efficiënter en schoner in te richten ten opzichte van de huidige situatie. Dit betekent dat transport alleen plaatsvindt tussen leveranciers en de bouwplaats en tussen de bouwplaats en de afvalverwerker zonder de inzet van slimme bouwlogistieke concepten (zie Figuur 9).

Figuur 9
Transport in het
referentiescenario
(scenario 1)



Aangezien alle stakeholders apart van elkaar opereren, vindt er weinig tot geen optimalisatie (anders dan het optimaliseren van de eigen werkzaamheden) plaats. Integrale ketenregie over de logistieke stromen ontbreekt. 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 slechte planning, last-minute bestelgedrag en spoedleveringen aan verschillende bouwplaatsen in de stad. Daarnaast ondervinden transporteurs onduidelijkheden in de eisen voor aanleveren, de beperkte toegankelijkheid van bouwterreinen en de ongestructureerde communicatie met uitvoerders. Steeds vaker wordt er ook gebouwd op 'postzegel-locaties' in de stad, zijn er eisen vanuit duurzaamheid door de opdrachtgever en dat heeft weer effect op de bevoorrading.

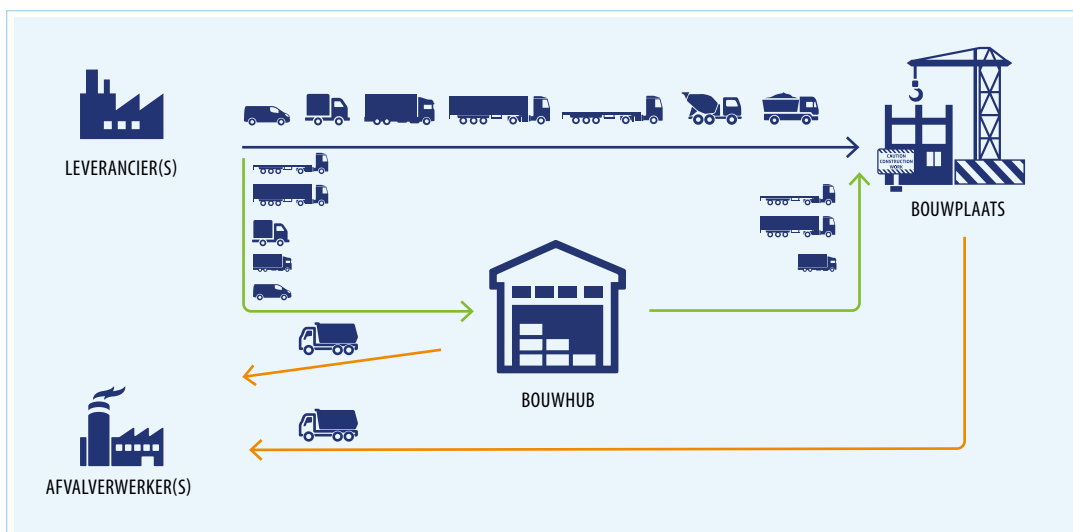
4.3 Scenario 2: Verplichte bouwhub voor aantal bouwstromen

Om de bouwlogistiek beter te organiseren en minder bouwverkeer de stad in te laten gaan, wordt in dit scenario het gebruik van een bouwhub voor een aantal bouwstromen verplicht gesteld voor alle grote nieuwbouwprojecten. Het gaat hierbij niet om bouwstromen zoals bulk en beton, die al met volgeladen vrachtwagens naar de bouwplaats gaan. Deze zijn al efficiënt genoeg (punt-punt leveringen).

Door het verplichtstellen van een bouwhub functioneert een reeks bouw hubs aan de rand van de stad en wordt de logistiek van alle bouwlogistieke stromen, zowel bouwmaterialen als bouw materieel per bouwproject, georganiseerd via deze hubs. Zoals bovenstaand vermeld betekent dit niet dat alle bouwstromen over een bouwhub lopen (niet de punt-punt leveringen met volle ladingen), maar dat de ketenregie over deze stromen met behulp van control towers plaatsvindt en zoveel als mogelijk wordt gebundeld op het traject bouwhub - bouwplaats.

De aanname die we hierbij hanteren is dat daarmee een verhoogde beladingsgraad wordt gerealiseerd voor alle transporten op de trajecten leverancier - bouwhub en bouwhub - bouwplaats (van een beladingsgraad van 50% in scenario 1 naar 90% op traject leverancier - bouwhub en 75% op traject bouwhub - bouwplaats⁷ in scenario 2, zie Bijlage B). Waar mogelijk zijn de bouwhub's gelegen op locaties die goed bereikbaar zijn via de weg (met name hoofdwegennet) en via andere vervoerswijzen (zoals vervoer over water, zie scenario 3). De voertuigen die hier hoofdzakelijk voor worden ingezet zijn grote, zware voertuigen, zoals trekker opleggers. Bij de bouwhub worden de verschillende deelladingen gebundeld tot werkpakketten per bouwplaats. Zo gaan er volgeladen voertuigen JIT het stedelijk gebied in naar de bouwplaatsen (en wordt beperkte ruimte op de binnenstedelijke bouwplaatsen optimaal gebruikt voor het bouwproces, en niet voor opslag). In Figuur 10 is een visualisatie gemaakt van het scenario en de verschillende transporten.

Figuur 10
Transport in het scenario
waar een bouwhub
verplicht is voor een
aantal stromen
(scenario 2)



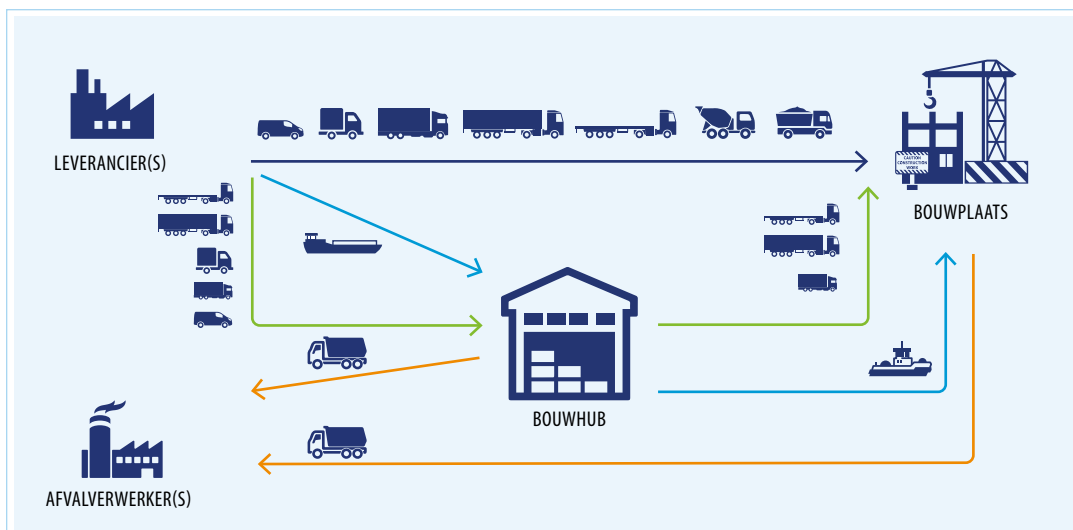
Door het verplicht stellen van het toepassen van een bouwhub voor een aantal stromen door een gemeente, kan de gemeente meer sturen op het bereikbaar en gezond houden van de stad voor de bewoners en bezoekers.

4.4 Scenario 3: Multimodale bouwhub's

In dit scenario kijken we naar de verschillende transportstromen binnen de bouwlogistiek. Mede door het EU-beleid om transportstromen van de weg te halen wordt hier gebruik gemaakt van andere transportmodaliteiten dan wegtransport. Afhankelijk van de bouwfase, type transportstroom en locatie worden andere modaliteiten (in modellering en doorrekening resultaten alleen water als andere modaliteit) gebruikt waar mogelijk om bouwstromen te transporteren (zie Figuur 11). Voor het traject van leverancier naar de bouwhub is het afhankelijk van de ligging van de leveranciers. Van oudsher liggen veel leveranciers aan het water en hiermee is rekening gehouden met de aannames in het model. Vervoer over water van bouwhub naar bouwplaats is heel erg afhankelijk van de ligging van de bouwplaats (aan het water of niet). In veel steden is dit niet het geval.

⁷ Dit percentage wordt onderbouwd door de monitoring van recente grootschalige nieuwbouwprojecten.

Figuur 11
Transport in het
scenario waar andere
modaliteiten worden
toegepast (scenario 3)



Het gebruik van met name water en (in mindere mate) het spoor in het bouwlogistieke proces vereist multimodale bouw hubs, waar overslag van bouwmaterialen/bouw materieel plaatsvindt van weg naar water en/of omgekeerd. De bouw hub dient in dat geval als ontkoppelpunt aan de rand van de stad vanwaar het materiaal/materieel just-in-time gebundeld naar de bouwplaats getransporteerd kan worden (of via een drijvend depot, dat eens per dag/nacht wordt bijgeladen). Door gebruik te maken van synchro-modale planning en BIM-modellen voor alle bouwprojecten wordt de levering van verschillende stromen (ook de punt-punt leveringen die in scenario 3 niet over een hub gingen) met andere modaliteiten vergemakkelijkt, waardoor een efficiënte en tijdige levering van goederen verzekerd wordt.

4.5 Scenario 4: Bouwhub in combinatie met gebiedsaanpak

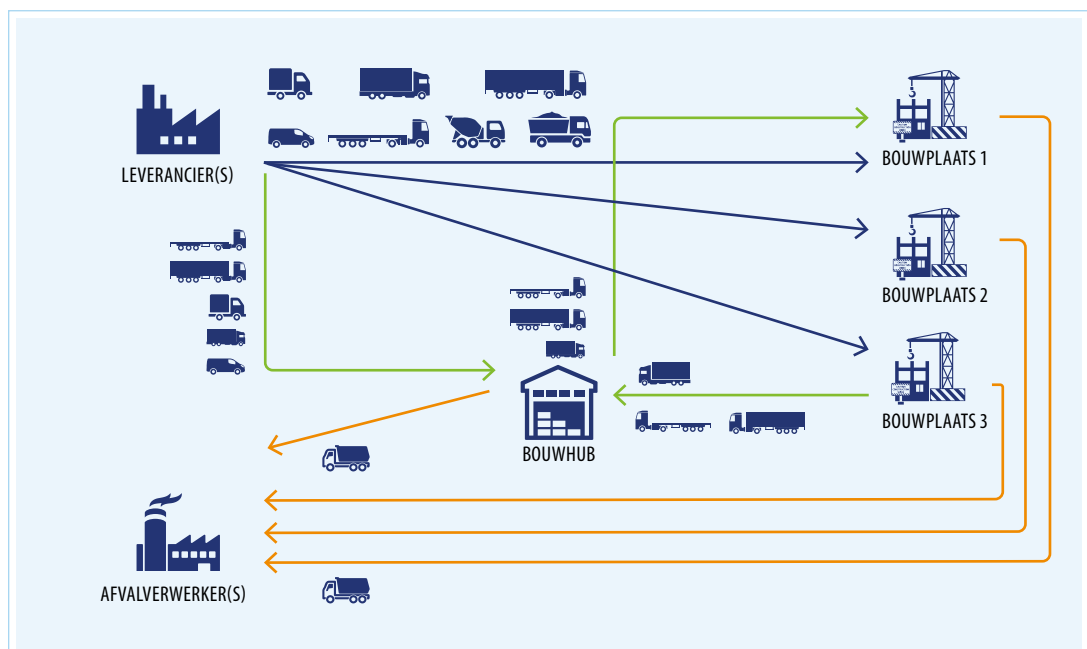
Aannemers en projectontwikkelaars geven steeds meer blijk van belangstelling voor bouwlogistiek, nu onderzoek aantoont dat het de productiviteit van een bouwproject kan vergroten. Dit komt tot uiting in minder verkeers hinder bij bouwplaatsen en een grotere verkeersveiligheid. De behoefte bestaat daarom om de planning en coördinatie vanuit de lokale overheid bij bouwprojecten af te stemmen op de verkeersplanning om zo de knelpunten in de stedelijke infrastructuur het hoofd te bieden.

Toenemende transparantie van bouwlogistieke stromen en verbeterde werkwijzen voor het delen van data tussen verschillende partijen, ondersteund door digitalisering, heeft de focus verlegd van optimalisatie en ketenregie over een individueel bouwproject naar optimalisatie en afstemming over meerdere bouwprojecten in een stedelijk gebied en de diverse supply chains. Hoge integratie van ICT-technologieën in verschillende bouwfasen leidt tot nauwkeurigere en snellere bouwlogistieke processen en minder bouwlogistiek verkeer binnen de steden door de inzet van een gebiedsgerichte 'control tower' in combinatie met een bouw hub. Het verschil met scenario 2 (verplichte bouw hub) is dat de ketenregie over alle bouwstromen hier niet plaatsvindt op individueel projectniveau (per bouwproject) over alle bouwstromen tussen de leveranciers van één bouwproject en de bouwlocatie, maar over de verschillende - in tijd overlappende projecten. Dit betekent dat de rol van de opdrachtgever ook gaat veranderen. Er dient afstemming en samenwerking plaats te vinden tussen diverse bouwplaatsen in een bepaald gebied. Dit betekent dat partijen elkaar al in een vroeg stadium moeten vinden om te bepalen hoe de logistiek op gebiedsniveau wordt aangepakt. Dit kan gevolgen hebben voor de opdrachtverlening aan de aannemers. De gemeente speelt hierin een belangrijke rol door af te stemmen wat de volgorde van de werkzaamheden is, maar ook in het meegeven van spelregels bij gronduitgifte.

Door het samenvoegen van gegevens over bouwplanning, transportplanning, productieplanning van producenten en voorraadgegevens van leveranciers van bouwmaterialen, ontstaan mogelijkheden om de transportstromen naar bouwprojecten efficiënter in te richten in termen van CO₂-uitstoot, transportstromen en bouwprocessen. De informatie uit BIM is gekoppeld aan bouwlogistieke control towers, waardoor een optimalisatie van de bouwlogistieke stromen mogelijk is. Bouwlogistieke control towers worden breed ingezet ten behoeve van ketenregie over alle bouwstromen en om samenwerking tussen ketenpartners te faciliteren. Dit resulteert in een geoptimaliseerde bouwlogistiek tussen verschillende bouwprojecten en bouw hubs op regionaal niveau. Op deze manier worden de verschillende bouwlogistieke stromen (materiaal, materieel, emballage en afval) van en naar de bouw hubs en bouwplaatsen efficiënt ingericht en zal efficiënter gebruik van transportvoertuigen mogelijk worden (bijvoorbeeld volle vrachtwagenleveringen naar één bouwproject en ophalen van afval bij een ander bouwproject in de nabije omgeving; geoptimaliseerde levering tussen verschillende bouwprojecten vanuit één hub). De aannames met betrekking tot beladingsgraad die we hierbij hanteren zijn als volgt: 90% op traject leverancier - bouwhub en 90% op traject bouwhub - bouwplaats). In vergelijking met scenario 2 worden stromen in dit scenario over meerdere bouwprojecten geoptimaliseerd, wat resulteert in een hogere beladingsgraad op het traject bouwhub - bouwplaats door een rondrit langs diverse bouwplaatsen vanuit de bouwhub. Dit gebeurt alleen indien de materialen gebundeld kunnen worden (onderscheid in ruwbouw en afbouw), indien de projecten gelijktijdig worden uitgevoerd en het voertuig nog capaciteit over heeft om meerdere bouwplaatsen te bedienen, zie ook Figuur 12.

Het gebruik van bouwroute apps door de chauffeur is gebruikelijk in dit scenario, waardoor real-time routeinformatie en reisadvies op maat wordt geboden. De bouwroute apps worden ook veel gebruikt door beleidsmakers als sturingsinstrument voor de wegbeheerder om routes af te sluiten voor bouwverkeer of om juist prioriteit te verlenen aan bepaald bouwverkeer. Toegang tot de bouwplaats is alleen mogelijk met bouwtickets. De informatie uit deze systemen dienen planners te gebruiken om te kunnen bepalen welke trajecten uiterst voorspelbaar verlopen. Ritten met volle vrachtauto's volgens een vaste frequentie vereisen een andere planning dan ritten met een onvoorspelbaar volume en aflevertijdstip. Voor voorspelbare ritten is het mogelijk vaste routes te maken op basis van slimme data-analyse. Voor onvoorspelbare ritten is een dynamische planning vereist.

Figuur 12
Transport in het scenario
waar een bouwhub en
gebiedsaanpak worden
toegepast (scenario 4)



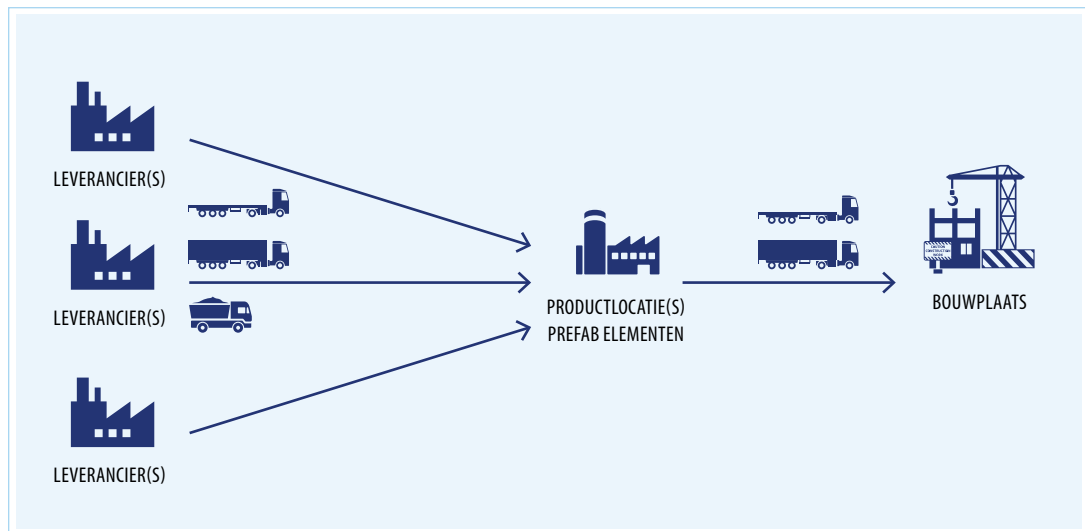
4.6 Scenario 5: Circulair bouwen en industrialisatie

In dit scenario staan nieuwe bouw(logistieke) processen, zoals prefab en circulair bouwen, centraal. Voor dit scenario wordt in hoofdstuk 5 alleen kwalitatief besproken wat de impact is, aangezien de bouwstromen zo fundamenteel anders zijn voor dit scenario, is er geen bruikbare (model) input beschikbaar is. We behandelen dit scenario wel, ondanks dat kwantificering van de effecten helaas niet mogelijk blijkt binnen de aanpak in deze outlook, omdat het acties laat zien die zouden kunnen leiden tot minder bewegingen, sneller bouwen, en minder uitstoot.

De implementatie van nieuwe bouw(logistieke) processen resulteert in veranderingen in de bouwlogistieke stromen binnen- en buitenstedelijk in termen van ingezette voertuigen en frequentie. Digitale infrastructuur (BIM, control towers, bouwroute apps, etc.) verbindt allerlei informatie over bouwlogistieke stromen (van planning tot transport) en vergemakkelijkt een efficiënte coördinatie van transport- en materiaalstromen tussen verschillende bouwplaatsen. Door nieuwe samenwerkingsvormen in de bouw zijn de rollen van de partijen die betrokken zijn bij het ontwerp- en bouwproces aan verandering onderhevig. Het is belangrijk te realiseren dat de keuzes in het ontwerp- en bouwproces grote effecten kunnen hebben op de logistiek. De bouw is op zoek naar de meerwaarde van nauwere samenwerking tussen partijen om op efficiëntere wijze tot betere oplossingen te komen. Er is een verschuiving gaande van een verticaal proces, waarbij informatie over de schutting wordt gegooid, naar meer horizontale processen waarbij veel kennis al in een vroeg stadium aanwezig is. De opdrachtgever wordt steeds belangrijker aangezien de invloed van particuliere opdrachtgevers steeds meer toeneemt.

Het bouwen met prefab bouwelementen (modulair) wordt veelvuldig toegepast, waardoor de hoeveelheid bouwlogistieke stromen in de steden aanzienlijk wordt verminderd. Hierbij worden bouwwerkzaamheden van de bouwplaats naar voren gehaald in de logistieke keten, dus naar de fabrieks-/productielocatie. Tijdens de bouw worden de prefab bouwelementen direct vanuit de fabriek naar de bouwlocatie getransporteerd om daar te worden gemonteerd. De verwachting is dat dit leidt tot minder extra ritten, aangezien er minder spoedritten nodig zijn om gebreken/falen op de bouwplaats te herstellen en het voorkomt minder afzonderlijke transporten van materialen zoals stenen, hout, glas, etc. Bovendien is minder bouw personeel op de bouwlocatie nodig en wordt er sneller gebouwd (wat in tijd ook weer tot minder ritten naar de bouwplaats leidt). Het logistieke concept passend bij deze werkwijze is het best te omschrijven als een logistiek ketenproces, waarbij seriematig logistieke activiteiten worden uitgevoerd bij plaatsing van meerdere prefab bouwelementen op de bouwlocatie. Door deze handelingen seriegewijs uit te voeren voor een hele reeks van woningen in een woningbouwproject of bouwlagen in een utiliteitsbouwproject, zal een logistiek treintje ontstaan tussen de fabriek en de bouwplaats, waar logistieke optimalisaties kunnen worden toegepast en verfijnd. Daarbij kan afhankelijk van de omvang van het bouwproject een bouwhub met control tower worden ingezet, als centraal coördinatiepunt en bundeling van transportstromen, waar vandaan alle transport en afstemming met het assemblageproces van de prefab bouwelementen op de bouwplaats plaatsvindt. Zie ook Figuur 13.

Figuur 13
 Transport in het
 scenario waar prefab
 bouwelementen worden
 toegepast (scenario 5)



De bouwspecifieke maatregelen van het Nederland Circulair programma, gecombineerd met modulair bouwen, hebben geresulteerd in een slim gebruik van bouwmaterialen, die onder meer hebben geleid tot efficiency-verhoging van de voertuigen. Op basis van het materialenpaspoort van gebouwen is het mogelijk om prefab processen beter te plannen. Het materialenpaspoort maakt het ook mogelijk om inzicht te krijgen in welke materialen waar beschikbaar zijn of beschikbaar komen en elders gebruikt kunnen worden voor lopende bouwprojecten. Slimme gebouwen ontwikkelen zich als een drijvende kracht voor voorspellend onderhoud en renovatieprocessen.

Om te bepalen hoe de verschillende ritten en bijbehorende kilometers en emissies veranderen in de verschillende scenario's is aan de hand van de aanpak beschreven in paragraaf 2.5 een doorrekening gemaakt. De resultaten in aantal ritten, aantal kilometers en CO₂-uitstoot worden hieronder behandeld. Op basis van de recente afspraken rondom zero emissie zones kunnen we ervan uitgaan dat de CO₂-uitstoot van bestelwagenritten in 2030 binnen steden nihil zal zijn. In de analyse is dit echter niet meegenomen, waardoor de CO₂-reductie in de uitkomsten mogelijk enigszins onderschat wordt. Voor scenario 5 worden, zoals aangegeven, alleen kwalitatief de mogelijke effecten besproken in de conclusies en aanbevelingen. Bijlage B gaat in op de aannames die gemaakt zijn in het doorrekenen van de case voor de verschillende scenario's; deze aannames, met betrekking tot bijvoorbeeld beladingsgraden, type voertuigen, etc., zijn gebaseerd op eerdere studies en zijn vanzelfsprekend mede bepalend voor de (model) resultaten.

5.1 Aantal ritten

In scenario 1 (business as usual) wordt berekend hoeveel ritten er nodig zijn om de bouwopgave van de case-stad in de periode 2019-2030 te realiseren (zie Paragraaf 2.4 voor de uitgangspunten). Dit betekent diverse bouwplaatsen op verschillende plekken in verschillende jaren. De ritbesparing die potentieel haalbaar is in scenario 2, 3 en 4 ten opzichte van scenario 1 staat weergegeven in Tabel 2. Onder binnenstedelijk worden de ritten binnen de stadsring verstaan (deels traject leverancier-bouwplaats en traject hub-bouwplaats). Daarbij kan binnen de stad worden geïnterpreteerd als binnen een stadsring en binnen een ZE-zone. Indien een verplichte bouwhub voor een aantal bouwstromen wordt ingevoerd is een binnenstedelijke ritbesparing mogelijk van 24% ten opzichte van het business as usual scenario. Ook op het buitenstedelijke traject wordt een flinke besparing van 14% gerealiseerd. Deze besparing wordt gerealiseerd door een hogere beladingsgraad op het traject leverancier-hub en bundeling van materialen op het traject hub-bouwplaats.

Tabel 2
Berekende aantal ritten
voor bouwopgave case
(2019-2030) in
verschillende scenario's⁸

* (= toename)

Aantal ritten (in duizend)	Binnenstedelijk		Buitenstedelijk	
	Weg	Water	Weg	Water
1 Business as usual	1.124	n.v.t.	1.124	n.v.t.
2 Verplichte bouwhub	855	n.v.t.	965	n.v.t.
Besparing tov sc1 (absoluut)	269	n.v.t.	159	n.v.t.
Besparing tov sc1 (procentueel)	24%	n.v.t.	14%	n.v.t.
3 Inzet andere modaliteiten	847	0,9	920	2,4
Besparing tov sc1 (absoluut)	277	-0,9*	204	-2,4*
Besparing tov sc1 (procentueel)	25%	n.v.t.	18%	n.v.t.
4 Bouwhub en gebiedsaanpak	819	n.v.t.	919	n.v.t.
Besparing tov sc1 (absoluut)	304	n.v.t.	205	n.v.t.
Besparing tov sc1 (procentueel)	27%	n.v.t.	18%	n.v.t.

In het geval dat naast de bouwhub ook vervoer over water via de hub plaatsvindt is er een marginale extra besparing te realiseren van 1% binnenstedelijk en 4% buitenstedelijk. De besparingen die te behalen zijn door het transport te verplaatsen van weg naar water hangen echter samen met van de mate waarin de bouwplaatsen in de stad bereikbaar zijn via water (zie voor de modelaannames die hierover gemaakt zijn Bijlage B).

⁸ Optelsom wijkt mogelijk af door afronding.

In scenario 4 wordt het transport vanaf de hub voor meerdere bouwplaatsen gebundeld met de inzet van een gebiedsgerichte control tower. In Tabel 2 is te zien dat dit een extra besparing oplevert ten opzichte van scenario 2 van 3% binnenstedelijk en 4% buitenstedelijk. Aangezien de set met inputgegevens voor de case-stad voornamelijk gebaseerd is op middelgrote (tussen 1.000 en 10.000 m² bvo) en grote bouwprojecten (>10.000 m² bvo) is de extra besparing van een gebiedsgerichte control tower minder groot dan wellicht te verwachten zou zijn. Vanwege de omvang van de grootschalige nieuwbouwprojecten is een control tower voor één bouwproject, zoals het geval is in scenario 2, al toereikend om materialen te bundelen tot volle voertuigen. De verwachting is dat voor kleinere bouwprojecten een gebiedsgerichte control tower een groter effect heeft op de potentiële ritbesparingen in de stad.

Tabel 3 geeft weer hoe de voertuigverdeling binnen- en buitenstedelijk in de scenario's eruit ziet op basis van de resultaten uit de modellering. In de grafieken voor scenario 1 is aangegeven hoe het aantal ritten verdeeld is over de voertuigtypes waarin in de modellering onderscheid wordt gemaakt, namelijk een bestelauto, vrachtauto licht, vrachtauto midden, vrachtauto groot, trekker oplegger en een betonmixer.

Tabel 3
Overzicht van de verdeling van ritten over verschillende voertuigtypes

Scenario	Binnenstedelijk	Buitenstedelijk
1 Business as usual		
2 Verplichte bouwhub		
3 Multimodale bouw hubs		
4 Bouwhub en gebiedsaanpak		

Tabel 3 laat zien dat op de huidige manier van transporteren (scenario 1) het merendeel van de ritten wordt uitgevoerd door zwaardere voertuigtypes en bestelauto's.

Het algemene beeld in de scenario's met hub, is dat binnenstedelijk het aantal ritten in alle voertuig-categorieën daalt, behalve voor het voertuigtype vrachtwagen midden. Dit volgt uit de het uitgangspunt voor binnenstedelijk transport in scenario's 2 tot en met 4, waarbij voornamelijk de vrachtwagen midden wordt ingezet binnen de stad (zie ook Bijlage B). De afname in het aantal bestelauto's is te verklaren doordat deze binnen de stad volledig worden vervangen door vrachtwagen midden (vanaf de hub). Op het buitenstedelijke traject is te zien dat voor alle voertuigtypes het aantal ritten daalt, doordat de inzet van een hub de mogelijkheid creëert voor het bundelen van materialen, waardoor in de modellering hogere beladings-graden zijn aangenomen in scenario's 2 tot en met 4. Dit leidt ertoe dat er minder ritten nodig zijn voor het transport van dezelfde hoeveelheid aan materialen.

5.2 Aantal kilometers

Tabel 4 geeft het aantal kilometers over de weg en over het water weer, evenals de besparingen. In het geval dat een verplichte bouwhub voor een aantal bouwstroomtypes wordt toegepast is een besparing van 13% haalbaar op het hele traject. Op het binnenstedelijke traject is de potentiële besparing 18%. Voor scenario's 3 en 4 gelden dezelfde conclusies als voor het aantal ritten in paragraaf 5.1.

Voor de scenario's met bouwhub geldt dat voor de bouwstromen die via de hub gaan vaak extra kilometers op de stadsring worden gereden ten opzichte van de bouwstromen die direct van de leverancier naar de bouwplaats gaan (zie Tabel 9 in Bijlage B). Hierdoor is de besparing in aantal kilometers niet gelijk aan de besparing in aantal ritten. Bij een hogere hubdichtheid kunnen deze extra kilometers over de ring worden vermeden. Dit vermindert echter ook de mogelijkheid tot bundeling en consolidatie op de hub. Voor grote bouwprojecten is het daarom wenselijk om de hublocatie gunstig te kiezen zodanig dat het aantal extra kilometers kan worden beperkt.

Tabel 4
Berekende aantal binnenstedelijke en buitenstedelijke kilometers voor bouwopgave case (2019-2030) in verschillende scenario's ⁹

* (= toename)

Aantal kilometers (in miljoen)	Binnenstedelijk		Buitenstedelijk (op en buiten de ring)		Totaal km over de weg
	Weg	Water	Weg	Water	
1 Business as usual	11,2	n.v.t.	157,3	n.v.t.	168,6
2 Verplichte bouwhub	9,2	n.v.t.	137,2	n.v.t.	146,3
Besparing tov sc1 (absoluut)	2,1	n.v.t.	20,2	n.v.t.	22,2
Besparing tov sc1 (procentueel)	18%	n.v.t.	13%	n.v.t.	13%
3 Inzet andere modaliteiten	9,0	0,01	130,8	0,3	139,8
Besparing tov sc1 (absoluut)	2,2	-0,01*	26,6	-0,3*	28,8
Besparing tov sc1 (procentueel)	20%	n.v.t.	17%	n.v.t.	17%
4 Bouwhub en gebiedsaanpak	8,7	n.v.t.	130,3	n.v.t.	139,0
Besparing (absoluut)	2,5	n.v.t.	27	n.v.t.	29,5
Besparing (procentueel)	22%	n.v.t.	17%	n.v.t.	18%

9 Optelsom wijkt mogelijk af door afronding.

5.3 CO₂-uitstoot

De resultaten in termen van CO₂-uitstoot staan weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5

Berekende CO₂-uitstoot (kton) voor bouwopgave case (2019-2030) in verschillende scenario's¹⁰

CO ₂ -uitstoot (in Kton)	Binnenstedelijk		Buitenstedelijk (op en buiten de ring)		Totaal
	Weg	Water	Weg	Water	
1 Business as usual	7,5	n.v.t.	105,0	n.v.t.	112,5
2 Verplichte bouwhub	6,5	n.v.t.	95,4	n.v.t.	101,9
Besparing tov sc1 (absoluut)	1,0	n.v.t.	9,5	n.v.t.	10,5
Besparing tov sc1 (procentueel)	13%	n.v.t.	9%	n.v.t.	9%
3 Inzet andere modaliteiten	6,4	0,1	91,2	2,5	100,2
Besparing tov sc1 (absoluut)	1,1	-0,1	13,8	-2,5	12,3
Besparing tov sc1 (procentueel)	15%	n.v.t.	13%	n.v.t.	11%
4 Bouwhub en gebiedsaanpak	6,2	n.v.t.	91,0	n.v.t.	97,2
Besparing tov sc1 (absoluut)	1,3	n.v.t.	14,0	n.v.t.	15,3
Besparing tov sc1 (procentueel)	17%	n.v.t.	13%	n.v.t.	14%

Op het hele traject is een besparing mogelijk van 9% in scenario 2 ten opzichte van scenario 1. De besparing in termen van CO₂-uitstoot valt lager uit dan de kilometerbesparing (Tabel 4). Dit heeft te maken met de verandering van de voertuigverdeling op het traject vanaf de hub naar de bouwplaats ten opzichte van de voertuigverdeling van de ritten vanaf de leverancier naar de bouwplaats en de hub (zie Bijlage B en Tabel 3). De materialen in de afbouwstroom worden bij de hub verplaatst van onder andere bestelauto's en kleinere vrachtwagens naar een groter voertuig, namelijk een middelgrote bakwagen. Daarmee worden in de stad vervoersbewegingen en kilometers bespaard, maar is het effect op de potentiële CO₂-besparing kleiner door een ongunstigere uitstoot van het grotere voertuig.

Het toepassen van bouw hubs en maximaal consolideren van transport tussen bouw hub en bouwplaatsen heeft niet alleen effect op duurzaamheid, maar ook op de doorlooptijd van het bouwproces en de kosten van het bouwproces en het logistieke proces. In eerder onderzoek (TNO, 20181) is beargumenteerd dat toepassen van bouw hubs leidt tot extra logistieke handling- en locatiekosten voor de bouw hub en het transport van bouw hub naar de bouwplaats, maar kostenbesparend is in transportkosten vanaf de leveranciers en de arbeidskosten op de bouwplaats. Met name die laatste is vaak doorslaggevend om in totaal tot een kostenbesparing te leiden. De extra complexiteit die daarbij speelt, is dat de investeringen in het toepassen van bouwlogistieke oplossingen en de financiële voordelen daarvan bij verschillende partijen liggen, waardoor toepassing van bouw hubs tot op heden slechts beperkt plaatsvindt.

¹⁰ Optelsom wijkt mogelijk af door afronding.

Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Met de forse bouwopgave die zich in en rond steden concentreert groeit het aantal voertuigbewegingen voor grootschalige nieuwbouwprojecten in de komende 10 jaar. Door de impact van nieuwbouwprojecten in kwetsbare gebieden met een gebrek aan ruimte, ligt er al langere tijd een nadruk op het efficiënter organiseren van het bouwverkeer rond bouwprojecten op - in veel gevallen - postzegellocaties. Het verminderen van de overlast en veiligheid op en rond nieuwbouwlocaties komt zowel de leefomgeving als de betrokken bedrijven ten goede (zeker als je bedenkt dat het stedelijk leven rond de bouwlocaties in al de drukte zo veel mogelijk gewoon door moet gaan). In dat laatste geval omdat het potentieel tot minder opstoppen en hierdoor minder kosten leidt. Een ander aspect is het minimaliseren en uiteindelijk uitfaseren van CO₂ en luchtverontreinigende emissies. In dat opzicht ligt deze sector des te meer onder een vergrootglas door de stikstofcrisis, die een grote impact heeft op het aantal vergunningen dat wordt afgegeven en daarmee het aantal nieuw te bouwen woningen. De recente stikstofproblematiek heeft de druk om de verduurzamingstransitie in de bouwsector te versnellen alleen maar vergroot. Dit vraagt om een integrale aanpak, waarbij niet alleen naar de bouwlogistiek wordt gekeken, maar ook naar het bouw-materieel en de emissies gerelateerd aan de bouwindustrie. Gegeven de uitdagingen - een groeiend aantal nieuwbouwprojecten het komend decennium, inclusief sloopactiviteiten en inbreiding, binnen de steden, is niks doen geen optie; zeker niet als je voor dit segment ook de carbon footprint wilt verminderen en de lokale emissies. Op basis van ontwikkelingen in de bouwsector in de brede zin en de doorgerekende scenario's (met betrekking tot de bouwlogistiek) in deze Outlook geven we hier de vier belangrijkste richtingen en/of manieren weer om voor de stedelijke bouwlogistiek de komende jaren de emissies (en wellicht, al is dat niet gekwantificeerd de overlast in de steden) te beperken. Daarnaast worden op basis hiervan conclusies getrokken over de ruimtelijke implicaties.

Aanzienlijke besparing door het gebruik van bouw hubs

De inzet van een bouw hub leidt tot een aanzienlijke besparing in ritten en CO₂-uitstoot. Indien deze verplicht wordt gesteld voor individuele bouwprojecten in stedelijke centra leidt dit tot aanzienlijke besparingen in zowel binnenstedelijke (traject bouw hub-bouwplaats; 24% in de doorgerekende case) als buitenstedelijke ritten (traject leverancier-bouw hub; 14% in de doorgerekende case). De besparing in de buitenstedelijke ritten komt voort uit een hogere beladingsgraad op dit traject doordat de beperkende factor van voorraadruimte op de bouwplaats weggenomen is. De berekende CO₂ besparing is ook aanzienlijk: voor wat betreft de CO₂-reductie is een besparing van 13% binnenstedelijk realiseerbaar en 9% buitenstedelijk in de voorbeeld case. Om deze besparingen te kunnen halen, is het van belang dat een bouw hub maximaal gebruikt wordt (voor geschikte bouwstromen), dat betekent het verplicht stellen van een bouw hub, en de mogelijkheid van tijdelijk voorraadbeheer op de bouw hub. Met de recente afspraken over zero emissie zones kunnen we ervan uitgaan dat de CO₂-uitstoot van bestelwagenritten in 2030 binnen steden nihil zal zijn. In de analyse is dit echter niet meegenomen, waardoor de CO₂-reductie in de uitkomsten onderschat wordt voor 2030.

De reductie in bouwlogistiek-gerelateerde ritten en navenante effecten kan zelfs nog hoger worden door:

- Het inzetten van een multimodale bouwhub met vervoer over water kan leiden tot een extra besparing in ritten (binnenstedelijk 1% en buitenstedelijk 4% in de case), en kilometers en CO₂-uitstoot (binnenstedelijk 2% en buitenstedelijk 4% in de case). Bij het verplaatsen van wegvervoer naar vervoer over water, liggen de meeste besparingen op het traject leverancier-bouwhub. De inzet van het spoor als modaliteit en een goede locatie voor de inzet van cargobikes zijn niet meegenomen in de modellering maar bieden ook perspectief.
- Extra besparing is realiseerbaar door de toepassing van bouw hubs in combinatie met een gebiedsgerichte aanpak. In plaats van het optimaliseren van bouwstromen via een hub voor individuele projecten, wordt dit gedaan voor bouwprojecten in een (stads) regio. Hierbij wordt de schaal en omvang van bouwstromen over de bouwhub(s) vergroot en dit biedt meer mogelijkheden tot bundeling. De verwachte CO₂-reductie is aanzienlijk (in de case liep dit op tot 17% op de last-mile en 13% vanuit de leveranciers naar de bouw hubs).
- Naast het bundelen van (grote) bouwstromen kan er met behulp van bouw hubs additionele winst worden geboekt op de inzet van ZE transportmiddelen in een stad. In het kader van de invoering van ZE zones kunnen hub-locaties als ontkoppelpunt dienen tussen de inzet van conventionele transportmiddelen (vrachtwagen EURO V/VI) buiten de stad en ZE vervoer in de stad op de last-mile. Bij beschikbaarheid van voldoende ZE zware trekkers, kan dit ook zonder overslag op de bouwhub door wisselen van trekkers. Dit zou betekenen dat de CO₂-uitstoot op het traject van hub naar bouwplaats nihil zou zijn. Wat niet is meegenomen in de modellering, maar tevens tot een reductie van ritten kan leiden, zijn maatregelen om bestelwagens met personeel (en diensten) te reduceren. Dit kan eventueel ook plaatsvinden op een bouwhub, die dan functioneert als carpoolplaats, of een andere locatie zoals een 'park-and-ride' of OV-knooppunt.
- Richting de toekomst kijkend kan een bouwhub, bij voldoende ruimte, ook ingezet worden voor de verwerking en opwaardering van herbruikbaar bouw- en sloopafval naar circulaire bouwmaterialen. Hierdoor sluit je het herbruikbaar bouw- en sloopafval in een paar stappen direct aan op het bouwproces, waardoor vrijkomende materialen (en elementen) hergebruikt kunnen worden in een volgend project. De bouwhub fungeert daarmee tevens als tijdelijk voorraadpunt voor de opslag van circulaire bouwmaterialen. Daarmee wordt een uitgebreid en complex inzamelingsproces van bouw- en sloopafval, opwaarderingsproces naar herbruikbaar circulair bouw materiaal en distributieproces naar toeleveranciers en groothandel van bouwmaterialen kortgesloten door middel van een circulaire bouwhub. Dit kan ondersteund worden door online marktplaatsen en platformen waarbij inzichtelijk wordt gemaakt wat er vrij gaat komen en wat er nodig is. De logistieke stromen kunnen door verschillende vormen van circulair bouwen toe- of afnemen. Wat nog ontbreekt is meer inzicht in de optimale bouwlogistieke organisatie van circulair bouwen.

Ketenregie biedt kansen, met name met het oog op ontwikkelingen in de bouwsector

Meer dan in andere stadslogistieke segmenten hebben diverse innovaties en ontwikkelingen in de bouwsector een grote impact op de organisatie en efficiëntie van logistiek. Allereerst heeft goede samenwerking tussen de verschillende partijen in de bouwketen een impact op de efficiëntie van logistiek. Dit is tot op heden nog steeds de achilleshiel van de bouwsector. Een zogenaamde control tower is hierin een essentiële schakel om dit te ondersteunen. Een bouwlogistieke keten is een complex netwerk van ketenschakels die per bouwproject al divergeert in vele betrokken ketenpartijen. In het geval van een gebiedsgerichte aanpak met afstemming/optimalisatie van bouwstromen over meerdere bouwprojecten in een stadsgebied, is de behoefte aan een geavanceerd IT-instrument om ketenregie over deze bouwstromen te faciliteren des te noodzakelijker. Er dient namelijk afstemming en samenwerking plaats te vinden tussen diverse bouwplaatsen in een bepaald gebied. Dit betekent dat partijen elkaar al in een vroeg stadium moeten vinden om te bepalen hoe de logistiek op gebiedsniveau wordt aangepakt.

De huidige beschikbare IT-tools¹¹ op dit vlak zijn beperkt en vertonen nog niet de mate van integratie tussen bouwprocessen en logistieke processen die nodig is op dit vlak. Door middel van een gebieds-gerichte aanpak en een control tower kan er ook meer grip komen op kleinschaligere nieuwbouwprojecten. Ook overige actuele ontwikkelingen in de bouwsector, zoals prefab en houtbouw, leiden tot meer behoefte aan afstemming. Prefab en houtbouw zijn een vorm van industrialisatie waardoor er minder handelingen op de bouwplaats nodig zijn. De verwachting is dat dit leidt tot minder ritten, zowel in personeelsritten als in spoedritten die nodig zijn om gebreken/falen op de bouwplaats te herstellen. Daarentegen zijn hier ook andere, vaak grotere voertuigen voor nodig alsook extra inzet van hijskranen. Het is echter van belang dat de levering van voertuigen met dergelijk groot materieel goed afgestemd wordt op het bouwproces, waarbij het juiste personeel en materiaal op het juiste moment aanwezig is. Daarnaast gaat door het prefabriceren van bouwonderdelen de positionering van de toeleveranciers van bouwmaterialen (groothandels) en producten in de keten mogelijk veranderen. Aangezien de bouwwerkzaamheden van de bouwplaats naar voren worden gehaald in de logistieke keten, dus naar de fabrieks-/productielocatie, worden ook de bouwstromen verplaatst en ontstaat er een bouwstroom van toeleveranciers/producenten van bouwmaterialen naar productielocaties van prefab elementen (veelal in fabrieksomgeving bij één van de producenten). De halffabricaten kunnen worden vervaardigd, die vervolgens weer naar de bouwplaats kunnen worden getransporteerd.

Vertaalbaarheid naar andere segmenten is niet altijd mogelijk

Ondanks dat renovatie en transformatie projecten als onderdeel van de bouwlogistiek niet gemodelleerd zijn in deze Outlook, wordt er wel een besparing verwacht bij de inzet van bouw hubs voor dit segment. Dit komt door het feit dat juist in dit segment in de huidige praktijk veel inefficiënt transport plaatsvindt van relatief kleine hoeveelheden bouwmaterialen (met name uit de categorie afbouwmaterialen). Dit is niet het geval voor het segment grond-, weg- en waterbouw (GWW), waar de inzet van bouw hubs niet voldoende tot zijn recht komt, aangezien de bouwstromen anders zijn van aard en het hier veelal gaat om volle transporten van bulk materialen of grote zware bouwmaterialen. De logistieke structuren zien er hierdoor ook anders uit.

Ruimtelijke implicaties

Voertuigbewegingen op en rond locaties met nieuwbouwprojecten hebben een grote impact op de schaars beschikbare ruimte rond deze locaties. Zoals uiteengezet kan hier grote winst geboekt worden door de inzet van bouw hubs en meer gebiedsgerichte afstemming via control towers. Hierbij worden potentieel inefficiënte ritten uit de stad geweerd doordat er een ontkoppeling aan de rand van de stad plaatsvindt. Indien de ontwikkelingen zoals geschetst zich doorzetten, leidt dit ruimtelijk tot drie grote veranderingen welke gerelateerd kunnen worden aan de logistieke structuren zoals in hoofdstuk 1 uiteengezet:

- **Rond bouwlocaties:** het aantal (zeer) zware voertuigen blijft in de toekomst in hoge mate aanwezig. Deze leveren veelal volle ladingen en hiermee op een efficiënte manier (inclusief het afvoeren van puin). In aanvulling hierop verschijnen er ook meer grotere voertuigen door ontwikkelingen in de bouwsector, zoals prefab en houtbouw. Hoewel deze grote voertuigen efficiënter leveren dan meerdere kleinere, moet er rekening worden gehouden met de kwetsbaarheid van de omgeving. Met name wanneer het gaat om drukke binnensteden of locaties in de nabijheid van kades. Indien er wachtplaatsen op de bouwplaats aanwezig zijn en de levering gecoördineerd kan worden, kan de impact van deze 'punt-punt leveringen' toch enigszins worden geminimaliseerd. Bij onvoldoende ruimte op en rondom een bouwplaats zijn wachtplaatsen aan de rand van de stad nodig om vanaf deze parkeerplaatsen voor vrachtwagens op afroep ('just in time') naar een bouwplaats te rijden.

¹¹ Verschillende IT-tools worden op dit moment toegepast die voornamelijk gericht zijn op de afstemming van de levering van transporten op een bouwplaats met bouwticket systemen, onder andere: GLogic (GSA), KYP, TiQiT (Bouwaanvoerders).

Met de inzet van control towers kan het zo georganiseerd worden dat deze voertuigen niet langer dan nodig aanwezig zijn en de route rijden welke het meest veilig is voor dit soort type voertuigen. Een groot deel van de voertuigbewegingen in de bouwsector wordt veroorzaakt door bestelwagens, welke minder gecoördineerd worden. Dit zijn type 3 (diverse kleine leveringen) en type 4 (commerciële voertuigbewegingen, met name diensten) leveringen. Beide type leveringen, die veelvuldig voorkomen in deze sector, betreffen geplande rondritten, spoed- en na-leveringen, en vervoer van personeel. Hoewel deze bewegingen deels buiten de modellering in deze studie vielen, kunnen deze bewegingen op verschillende manieren worden gereduceerd waardoor meer ruimte op en rond bouwplaatsen ontstaat. Allereerst kan ook een deel van deze leveringen gebundeld worden in een bouwhub. Daarnaast kan er gekeken worden naar een kleine opslag op de bouwplaats, waardoor (spoed-) leveringen voorkomen worden en er gedurende de dag minder inefficiënt transport plaatsvindt. Het tijdelijk instellen van speciale laad- en losplekken rond de bouwplaats kan er, in overleg met de gemeente, ook voor zorgen dat het verkeer minder opgehouden wordt. Indien het om voertuigbewegingen met een primaire focus op personeel gaat, moet er naar andere oplossingen worden gekeken, zoals pendelen of openbaar vervoer. Als gevolg van de elektrificatie in de bouwlogistiek, moet er in aanloop naar een bouwproject rekening worden gehouden met laadinfrastructuur. Mogelijk kunnen er tijdelijk ontheffingen worden gegeven om publieke laadinfrastructuur in omliggende straten onder voorwaarden te reserveren voor bestelwagens.

- **Locaties voor bouw hubs:** bouw hubs komen duidelijk naar voren als een belangrijke maatregel om de logistiek schoner en efficiënter te organiseren. Zoals reeds geschetst gaat het hierbij - afhankelijk van de exacte inrichting van de hub alsook de bouwopgave per stad - om relatief grote locaties. Indien er de mogelijkheid voor een multimodale hub is, is de locatie aan een waterweg een pre. Daarnaast zijn deze locaties idealiter goed bereikbaar, maar liggen deze niet in de nabijheid van woonwijken; rond dergelijke locaties is er een grote intensiteit van (zwaar) goederenverkeer wat een significante impact heeft op de leefbaarheid en veiligheid. In aanvulling op bouw hubs moet er - afhankelijk van de zero emissie eis voor voertuigen - naar ontkoppelpunten aan de rand van steden worden gekeken. Op deze locaties waar de ontkoppeling plaatsvindt van conventionele brandstof vrachtwagen (trekker-oplegger) naar elektrisch aangedreven vrachtwagen, moet ook zware laadinfrastructuur aanwezig zijn.
- **Ruimte voor laadinfrastructuur in woonwijken:** hoewel het deels buiten de scope van deze studie lag, is het aantal bestelwagens in de (nieuw)bouwsector hoog. Andere studies tonen dat het hierbij veelvuldig om ZZP'ers gaat die hun bestelwagen mee naar huis nemen. Bestelwagens worden als eerste geraakt door de invoering van ZE zones. Dit leidt tot een toenemende vraag naar laadinfrastructuur in woonwijken. Dit geldt niet enkel voor de steden waar een ZE zone wordt ingevoerd, maar ook voor de omliggende gemeenten.

Ondanks dat in de scenario's de inzet van enkel ZE binnenstedelijk vervoer niet meegenomen is, biedt dit wel aanzienlijke kansen om de CO₂-uitstoot te reduceren. In de doorgerkende scenario's zou dit gaan om een extra besparing van 12% ten opzichte van scenario 4 door de inzet van ZE voertuigen op het traject hub-bouwplaats. Het overgrote deel van de resterende CO₂-uitstoot is toe te wijden aan de ritten die direct van leverancier naar de bouwplaats gaan. De inzet van bouw hubs in combinatie met zero emissie binnenstedelijk vervoer biedt ook kansen om andere luchtverontreinigende emissies zoals stikstofoxide te reduceren. Kilometerreductie is immers CO₂-reductie en reductie van luchtverontreinigende stoffen, zoals stikstofoxide. Om inzicht te krijgen in de reductie van luchtverontreinigende stoffen is nader onderzoek nodig.

6.2 Aanbevelingen

Op basis van de voorgaande conclusies, geven we hierna ook een aantal concrete aanbevelingen voor verschillende partijen om de geschatte besparingen ook te kunnen realiseren.

Opdrachtgevers en beleid spelen een belangrijke rol, schets vooraf de juiste kaders

We zien steeds vaker dat bouwplaatsen op zogenaamde postzegellocaties actief zijn. Aangezien het materiaal, materieel en personeel wel op de bouwplaats geleverd moet worden, is de impact op de leefbaarheid in zo'n gebied groot. Met bijvoorbeeld zogenaamde BLVC-procedures kan de lokale overheid de impact op de omgeving zoveel als mogelijk beperken. Ook draagt de inzet van bouw hubs hieraan bij. Het aantal voertuigen rond bouwplaatsen in de stad neemt af en de veiligheid neemt hierdoor toe. Stem verkeerstechnische maatregelen tijdig af met 'stadsregie'. Regel dit bij grootschalige gebiedsontwikkeling in de gronduitgifte.

Gemeentes kunnen in de rol van opdrachtgever sterk sturen bij de aanbesteding van nieuwe bouwprojecten op de toepassing van slimme bouwlogistieke oplossingen en met name bouw hubs. Daartoe zijn instrumenten zoals BPKV criteria (voorheen EMVI) beschikbaar. Door middel van toepassing van BPKV criteria tijdens aanbestedingen kan de overheid naast de standaardcriteria over onder meer de doorlooptijd van de uitvoeringsfase, toegankelijkheid en de hoeveelheid bouwverkeer en emissies ook aspecten rondom procedures en maatregelen om verstoringen voor de omgeving te minimaliseren opnemen en mee laten wegen. Hiermee wordt de druk op de schaars beschikbare ruimte verminderd.

Ontwerp regelgeving die toepassen bouw hubs verplicht stelt

Gezien de te behalen voordelen van het toepassen van bouw hubs is het van belang dat er maximaal gebruik wordt gemaakt van de bouw hubs (als maar een beperkt aantal partijen in een bouwproject de hub gebruikt, zijn de besparingen vele malen lager en heeft een bouw hub nauwelijks zin). Daarom is het van belang om bij deze wijze van bouwlogistieke organisatie ook passend beleid en regelgeving te ontwikkelen vanuit een nationale of lokale overheid (gemeente). Een mogelijkheid is regelgeving die het toepassen van bouw hubs dwingend oplegt voor aannemers bij het bouwen van grootschalige nieuwbouwprojecten in stedelijke kernen (wellicht zijn er ook andere vormen, waarbij bijvoorbeeld beprijzing van vervoer dat niet via de bouw hub gaat, te vinden om te zorgen voor een maximaal gebruik van de bouw hubs, en daarmee ook een aanzienlijk effect op emissies en ruimte). Daarbij wordt aanbevolen tot de inzet van grotere bouw hubs voor meerdere projecten in één gebied (gebiedsgerichte aanpak). Deze aanbeveling komt voort uit de resultaten van de case-stad. Ook vanuit het perspectief voor overlast voor de omgeving is het aan te bevelen met grotere bouw hubs voor meerdere projecten in één gebied te werken. Dit vergt een integrale aanpak vanuit een gemeente en regio vanuit gebiedsontwikkeling, omgevingsplannen en gronduitgifte tot aanbesteding bij gemeentelijke opdrachten. Het verplicht stellen van de toepassing van bouw hubs voor individuele projecten waar de overheid opdrachtgever is, kan een goede eerste stap zijn.

Faciliteer mogelijke locaties voor een bouw hub/ontkoppelpunt

Aan de andere kant zal een overheid er zorg voor moeten dragen dat de benodigde faciliteiten voor het exploiteren van een bouw hub in voldoende mate beschikbaar zijn. Dit geldt met name voor beschikbaarheid van goed bereikbare locaties voor de exploitatie van bouw hubs aan de rand van een stad waar voldoende voorraadruimte beschikbaar is. De exploitatie van een bouw hub kan door een marktpartij worden uitgevoerd, waarbij bestaande toeleveranciers van bouwmaterialen en logistiek dienstverleners al regelmatig deze rol vervullen. Bij het bepalen van deze locaties kan de gemeente een faciliterende rol hebben. Gezien de bouwopgave en de hoge investeringskosten van zo'n hub, moeten deze locaties voor langere tijd ontwikkeld worden. Indien de bouwopgave van een stad groot genoeg is, kan het lonen een netwerk van bouw hubs rond een stad te laten functioneren. Waar mogelijk zijn de bouw hubs gelegen op locaties die goed bereikbaar zijn via de weg (met name hoofdwegennet) en via andere vervoerswijzen (zoals spoor en water). De logistiek van alle bouwlogistieke stromen, zowel bouwmaterialen als bouw-materieel, wordt georganiseerd via deze hubs.

Daarbij gaat de voorkeur uit naar multimodale bouw hubs, aangezien op het traject leverancier - bouw hub nog een aanzienlijke extra besparing mogelijk is. Dit laatste vergt echter wel een procesaanpassing en bijbehorende investering van de producenten/toeleveranciers van bouwmaterialen, aangezien deze niet (meer) gewend zijn om hun eindproducten over water naar de tussenhandel te vervoeren. Daarbij is het ook van belang aan te geven multimodale bouw hubs niet opgaat voor elke stad, gezien niet altijd een waterweg beschikbaar is. Er wordt wel aangeraden bij locatiekeuze een goede analyse uit te (laten) voeren van de mate van bereikbaarheid van de beoogde bouwprojecten in de stadsregio, gezien de extra kosten van een laad/los-kade, overslaghandelingen en de inzet van alternatieve transportwijzen. Dit zal niet zonder stimulering/regulering vanuit de overheid plaatsvinden.

Focus op oplossingen voor de grote, zware voertuigen en bouw hubs

De reductie van CO₂-uitstoot kan in dit segment voor de kleine voertuigen (bouwbusje) grotendeels door de sector worden gerealiseerd. Door gebrek aan voldoende beschikbaarheid van betaalbare ZE alternatieven voor de grote, zware voertuigen zijn slimme oplossingen in de logistiek noodzakelijk. Een ontkoppelpunt en/of bouw hub biedt de mogelijkheid tot gemeenschappelijke inzet en hoge benuttingsgraad van de schaars beschikbare ZE zware vrachtvoertuigen. Daarnaast is een versnelling van de transitie naar ZE vrachtvoertuigen noodzakelijk voor de zware vrachtvoertuigen. De invoering van ZE zones in binnensteden in 2025 geeft hier wel een belangrijke stimulans aan. Dit stimuleert de vraag naar ZE zware vrachtwagens en daarmee ook de motivatie om te investeren in de ontwikkeling van ZE zware vrachtwagens door producenten (OEMs).

Kijk vooraf naar de benodigde laadinfra

Door de invoering van ZE zones zullen ontkoppelpunten/bouw hubs in de toekomst steeds meer gebruikt gaan worden als oplaadpunt voor ZE voertuigen. Hiervoor is zware laadinfra benodigd. Met name rond ontkoppelpunten/bouw hubs, maar ook in woonwijken waar de bouwvakker/monteur zijn elektrische bestelauto wil opladen.

Inzet van andere bouw(logistieke) processen kan grote impact hebben op logistiek, bekijk dit dus in een vroeg stadium van gebiedsontwikkeling

Innovaties/veranderingen in het bouwproces hebben vrijwel altijd consequenties voor het logistieke proces. De complexiteit van de keten en diversiteit aan betrokken ketenpartners vereist een gemeenschappelijke aanpak en herontwerp van het logistieke proces in een vroegtijdig stadium (tijdens ontwerp bouwproces bij aanbesteding/tendering).

Ontwikkeling juiste IT-middelen (waaronder control tower) cruciaal voor verdere opschaling

Om aan de marktkant een versnelling te realiseren van de toepassing van bouw hubs op individueel projectniveau dan wel met een gebiedsaanpak is een ontwikkelstimulans nodig voor een control tower. Op dit moment ontbreekt het nog aan de juiste IT-middelen om goede ketenregie te voeren en bouw hubs breed toe te passen. Door middel van een gebiedsgerichte aanpak en een control tower kan er niet alleen op de grootschalige nieuwbouwprojecten meer grip komen, maar ook op de kleinschalige nieuwbouwprojecten. Dit is niet alleen voor de sector maar ook voor de overheid van belang. Dit kan gevolgen hebben voor de opdrachtverlening aan de aannemers. De gemeente speelt hierin een belangrijke rol door af te stemmen wat de volgorde van de werkzaamheden is, maar ook in het meegeven van spelregels bij gronduitgifte. De keuzes die in het ontwerp- en bouwproces gemaakt worden, kunnen een grote impact hebben op de logistiek.

Referenties

ABN AMRO (2016). Sectorrapport 'Bouwen met Bytes'.

Bouwkennisblog (2019). Trends en ontwikkelingen in de bouw in 2019. (Online) www.bouwkennisblog.nl/7-trends-en-ontwikkelingen-in-de-bouw-in-2019/

CBS & PBL (2018). Bevolkingsprognose

Cobouw (2019). Werkgelegenheid bouw vanaf 2020 drastisch achteruit. EIB: 'Er zullen klappen vallen'. (Online) www.cobouw.nl/bouwbreed/nieuws/2019/11/eib-werkgelegenheid-bouw-vanaf-2020-dra-tisch-achteruit-er-zullen-klappen-vallen-101279095

Economisch Instituut voor de Bouw (2019). Trends op de bouwwereldmarkt 2019 - 2023.

Economisch Instituut voor de Bouw & TNO (2018). Quickscan Impact assessment (circulaire)bouwopgave MRA.

Hogeschool van Amsterdam (2018). Slimme bouwlogistiek: onderzoek naar de fundamenteën van slimme en schone bouwlogistiek in steden.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2020). Afspraken zero-emissie stadslogistiek.

Provincie Overijssel (2019). Circulair bouwen, Een transitieagenda voor Overijssel.

Pries, F., & Dorée, A. (2005). A century of innovation in the Dutch construction industry. *Construction Management and Economics*, 23 (6), 561-564.

Rijksoverheid (2018¹). GreenDeal Circulaire Gebouwen.

Rijksoverheid (2018²). Landelijke Transitieagenda Circulaire Bouweconomie.

Rijksoverheid (2019). Nationale omgevingsvisie: samen de inrichting van ons land bepalen. (Online) www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2019/06/20/nationale-omgevingsvisie-samen-de-inrichting-van-ons-land-bepalen

SPES (2019). Stappenplan voor invoeren zero-emissie-zone voor stadslogistiek.

T-Mobile Founders (2017). De 10 trends in de bouw voor 2018. (Online) www.t-mobile.nl/founders/trends-bouw-2018/

TNO (2018¹). Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw.

TNO (2018²). Slimme bouwlogistiek leidt tot aanzienlijke vermindering kosten, bouwtijd, hinder en schadelijke uitstoot. (Online) www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2018/10/slimme-bouwlogistiek-leidt-tot-aanzienlijke-vermindering-kosten-bouw-tijd-hinder-en-schadelijke-uitstoot/

TNO (2018³). Decarbonisatie van urban transport in Rotterdam.

TNO & TLN (2012). Trends in bouwlogistiek.

Topsector Logistiek (2017). Outlook City Logistics 2017.

Topsector Logistiek (2019). Laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen in stadslogistiek.

Topsector Logistiek (2020). Quickscan aard en omvang bouwlogistiek.

Voordijk, J. T., & Vossebeld, N. (2013). Samenwerking tussen bouwbedrijf en toeleverancier: Gepland knuffelen als kritische succesfactor. In R. Kok, H. Lekkerkerk, & P. Vermeulen (Eds.), *Versterking van innovatie: Liber Amicorum voor Ben Dankbaar* (pp. 189-200). Den Haag: Boom Lemma.

Bijlage A

Modellering scenario's

Scenario 1: Business as usual

Er vinden alleen directe transporten plaats tussen leverancier en bouwplaats. Daarnaast gaat het model uit van een beladingsgraad waarbij in acht is genomen dat er op de bouwplaats beperkte ruimte is voor opslag van materialen.

Scenario 2: Verplichte bouwhub

Naast de materialen in de bouwstroomtypes die direct naar de bouwplaats worden getransporteerd vinden er nu ook transporten via de bouwhub plaats. In de modellering is voor ieder bouwstroomtype een aanname gemaakt over het aandeel van de materialen in dat bouwstroomtype dat via de bouwhub gaat. Bovendien veronderstelt het model dat er op het traject hub-bouwplaats meerdere materialen per rit worden vervoerd. Hierbij wordt er rekening mee gehouden dat materialen uit de bouwstroomtypes Ruwbouw (Ruwbouw Groot en Ruwbouw Ladingdragers) en Afbouw in verschillende fases van de bouw benodigd zijn op de bouwplaats. Materialen uit deze categorieën worden daarom niet met elkaar gecombineerd in één rit. Op de overige trajecten, leverancier-bouwplaats en leverancier-hub, gaat het model uit van één type materiaal per rit.

Scenario 3: Andere modaliteiten

Voor de modellering van dit scenario wordt aangenomen dat bouw hubs zowel vervoer over de weg als vervoer over water faciliteren. Eerst wordt per bouwstroomtype, traject en gebied in de stad bepaald welk aandeel van de bouwstromen over water wordt vervoerd (zie de aannames die hiervoor zijn gedaan in 0). Nadat in het model voor elk wegvoertuig de totale omvang van bouwstromen per traject is bepaald wordt op basis van deze aannames een aandeel hiervan toegewezen aan een vaartuig. Vervolgens wordt het aantal benodigde vaarten berekend op basis van de omvang materialen die volgens het model per schip vervoerd worden.

Scenario 4: Control tower en digitalisatie

Scenario 4 wordt gemodelleerd door rondritten te laten plaatsvinden vanaf de hub langs de bouwplaatsen in de stad. Dat houdt in dat er op het traject hub-bouwplaats in één rit materialen kunnen worden vervoerd voor meerdere bouwplaatsen. Hierbij wordt wel rekening gehouden met het startjaar van de bouwprojecten door alleen bouwprojecten met elkaar te aggregeren indien zij hetzelfde startjaar hebben. De locatie van de projecten wordt ook in acht genomen door onderscheid te maken in geografische locatie. Hierbij wordt verondersteld dat bouwplaatsen die ver uit elkaar liggen niet onder dezelfde hub vallen.

Bovendien wordt ook een efficiëntieslag op het traject leverancier-hub aangenomen doordat materialen die benodigd zijn op verschillende bouwplaatsen in de stad bij de leverancier gebundeld kunnen worden en vervolgens in één rit worden getransporteerd naar de hub.

Bijlage B

Aannames in modellering van scenario's

Laadvermogens

De aannames die worden gedaan met betrekking tot de laadvermogens van de verschillende voertuigtypes staan weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6
Aannames over de laadvermogens van de voertuigtypes

Voertuigtype	Laadvermogen	Laadvermogen	Laadvermogen
	(ton)	(m³)	(m²)
Bestelauto	1	12	6
Vrachtauto licht	5	30	12
Vrachtauto midden	10	40	16
Vrachtauto groot	15	50	30
Trekker oplegger	20	86	34
Betonmixer	15	13	13
Sleep-/duwboot	175	240	160
Binnenvaartschip	300	726	330

Aandeel bouwstromen via de hub

Daarnaast is voor het traditionele scenario en de hubscenario's (scenario 2, 3 en 4) per bouwstroomtype vastgelegd welk aandeel van de bouwstromen via de bouwhub gaan en welk aandeel van de bouwstromen rechtstreeks naar de bouwplaats worden getransporteerd (zie Tabel 7).

Tabel 7
Aandeel van bouwstromen die rechtstreeks of via de bouwhub naar de bouwplaats worden getransporteerd

Bouwstroomtype	Traditioneel scenario		Hubscenario	
	rechtstreeks	via hub	rechtstreeks	via hub
Beton	100%	0%	100%	0%
Ruwbouw Groot	100%	0%	75%	25%
Ruwbouw Ladingdragers	100%	0%	50%	50%
Bulk	100%	0%	100%	0%
Afbouw	100%	0%	20%	80%
Afval	100%	0%	50%	50%
Materieel	100%	0%	100%	0%

Voertuigverdeling

Tabel 8 geeft de aannames weer die ten behoeve van de modellering gedaan zijn omtrent de voertuigverdeling op de trajecten leverancier-bouwplaats en leverancier-hub.

Tabel 8
Voertuigverdeling per bouwstroomtype op de trajecten leverancier-bouwplaats en leverancier-hub

	Bestelauto	Vrachtauto	Vrachtauto	Vrachtauto	Trekker oplegger	Betonmixer
		licht	midden	groot		
Beton	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Ruwbouw Groot	0%	0%	0%	15%	85%	0%
Ruwbouw Ladingdragers	0%	0%	0%	50%	50%	0%
Bulk	0%	0%	0%	50%	50%	0%
Afbouw	10%	10%	20%	30%	30%	0%
Afval	0%	0%	0%	50%	50%	0%
Materieel	0%	0%	10%	40%	50%	0%

Op het traject hub-bouwplaats verandert de voertuigverdeling voor de bouwstroomtypes Afbouw en Afval. Er wordt verondersteld dat voor deze bouwstroomtypes tussen de hub en de bouwplaats uitsluitend het voertuigtype vrachtauto midden wordt ingezet. Voor de afvalstromen geldt bovendien het uitgangspunt dat deze in het hubscenario retour gaan met de voertuigen vanaf de bouwplaats naar de hub en dat er dus geen afzonderlijke afvalritten op dit traject plaatsvinden. Voor de overige bouwstroomtypes die via de hub gaan, Ruwbouw Groot en Ruwbouw Ladingdragers, wordt dezelfde voertuigverdeling gehanteerd als op de trajecten leverancier-bouwplaats en leverancier-hub (Tabel 8).

Afstanden

Voor de transporten zijn aannames gedaan over de afstand die gedurende de ritten wordt afgelegd van leverancier naar bouwplaats, van leverancier naar hub en van hub naar bouwplaats (zie Tabel 9).

Tabel 9
Afstand in kilometers
binnen, buiten en op de
stadsring voor de
verschillende trajecten

Afstand (km)	Buiten de ring	Op de ring	Binnen de ring
Leverancier-bouwplaats	60	10	5
Leverancier-hub	60	10	1
Hub-bouwplaats	0	5	5

Beladingsgraden

Om het aantal benodigde ritten te kunnen bepalen zijn ook aannames gedaan over de beladingsgraden van de voertuigtypes. Deze zijn terug te vinden in Tabel 10. Deze tabel geeft de beladingsgraden weer voor de voertuigtypes bestelauto, vrachtauto licht, vrachtauto midden, vrachtauto groot en trekker oplegger. De beladingsgraad van een betonmixer is in alle scenario's 90%.

Tabel 10
Beladingsgraden per
traject en scenario

	Leverancier-bouwplaats	Leverancier-hub	Hub-bouwplaats
Scenario 1	50%	n.v.t.	n.v.t.
Scenario 2	50%	90%	75%
Scenario 3	50%	90%	75%
Scenario 4	50%	90%	90%

Emissiefactoren

Ten aanzien van de verschuiving naar zero emissie vervoer is in de modellering uitgegaan van een mate van zero emissie met een autonome ontwikkeling (verschuiving naar zero emissie vervoer zonder extra maatregelen). De toepassing hiervan vindt plaats door een percentage zero emissie toe te passen op de emissiefactoren (g/km) per voertuigtype.

Bundeling materialen

Op de trajecten leverancier-bouwplaats (zowel in scenario 1 als in de hubscenario's) en leverancier-hub wordt aangenomen dat verschillende soorten materialen niet worden gebundeld. Dat betekent dat er per rit slechts één materiaalsoort wordt getransporteerd. In de hubscenario's (scenario 2, 3 en 4) wordt verondersteld dat verschillende soorten materialen op de hub kunnen worden gebundeld en vanaf daar worden getransporteerd naar de bouwplaats. Hierbij wordt er rekening mee gehouden dat de materialen in de bouwstroomtypes Ruwbouw en Afbouw in verschillende fases van de bouw benodigd zijn op de bouwplaats. Materialen uit de bouwstroomtypes Ruwbouw Groot en RuwBouw Ladingdragers worden dus nooit gebundeld met materialen uit het bouwstroomtype Afbouw. Door de bundeling van ruwbouw-materialen op het traject hub-bouwplaats zijn deze ritten niet meer toe te bedelen aan bouwstroomtypes Ruwbouw Groot en Ruwbouw Ladingdragers. Deze ritten worden daarom op dit traject onder bouwstroomtype Ruwbouw Ladingdragers geplaatst. Daarnaast wordt aangenomen dat de afvalstromen in het bouwstroomtype Afval op de retourritten van de bouwplaats naar de hub worden meegenomen. De bouwstroomtypes Beton, Bulk en Materieel gaan in de hubscenario's rechtstreeks van leverancier naar de bouwplaats. Bundeling is voor deze bouwstroomtypes daarom in de modellering niet van toepassing.

Modaliteit water

Voor scenario 3, het scenario waarbij een deel van de materialen over water wordt getransporteerd, zijn aannames gedaan over het aandeel bouwstromen per bouwstroomtype dat via de binnenvaart gaat. Voor de bouwstroomtypes Beton en Bulk geldt dat geen enkel transport over water gaat. Tabel 11 geeft dit aandeel voor de overige vijf bouwstroomtypes weer op het traject leverancier-hub. Voor dit traject wordt aangenomen dat de transporten worden verscheept met een binnenvaartschip (ca. 300 ton).

Tabel 11
Aandeel bouwstromen dat over water wordt getransporteerd in scenario 3 per bouwstroomtype op het traject leverancier-hub

Bouwstroomtype	% via binnenvaart
Ruwbouw Groot	70%
Ruwbouw Ladingdragers	30%
Afbouw	10%
Afval	10%
Materieel	10%

Op het traject hub-bouwplaats is het aandeel bouwstromen dat via de binnenvaart gaat naast het bouwstroomtype ook afhankelijk van de bereikbaarheid via water van het stadsdeel waarin de bouwplaats is gesitueerd. Tabel 12 geeft een overzicht over de aannames hierover.

Tabel 12
Aandeel bouwstromen dat via het water wordt getransporteerd per stadsdeel in de stad

Gebied	% via binnenvaart
A	80%
B	25%
C	2%
D	0%
E	80%
F	5%
G	25%
H	10%
I	40%

De aannames uit Tabel 11 en Tabel 12 worden vervolgens gebruikt om voor ieder gebied per bouwstroomtype te bepalen wat het aandeel van de bouwstromen is dat over water wordt verscheept op het traject hub-bouwplaats. Het type schip dat voor de transporten op het traject hub-bouwplaats wordt ingezet is een sleep-/duwboot.

Dummy variabelen

Voor de bouwstroomtypes Afbouw, Afval en Materieel geldt dat er in het model aannames zijn gemaakt over de omvang van de materiaalstromen per m² bruto vloeroppervlakte om een schatting te kunnen maken over het aantal gerelateerde vervoersbewegingen. Het bouwstroomtype Afbouw is al in het model vertegenwoordigd, maar uit praktijkdata blijkt dat dit bouwstroomtype ondervertegenwoordigd is in de TNO bouwprofielen. De bouwstroomtypes Afval en Materieel zijn niet opgenomen in de TNO bouwprofielen. Om deze stromen aan te vullen/toe te voegen zijn dummy variabelen vastgesteld. De vaststelling van de dummy variabelen in Tabel 13 is ondersteund door praktijkgegevens.

Tabel 13
Dummy variabelen
voor bouwstroomtypes
Afbouw, Afval en
Materieel

Bouwstroomtype	kg/m² BVO
5: Afbouw rest	237,97
6: Afval	69,67
7: Materieel	269,93

Connekt/Topsector Logistiek

Ezelsveldlaan 59

2611 RV Delft

+31 15 251 65 65

info@connekt.nl

www.connekt.nl

