

D14 Eindrapportage Project P7 - 2D CLT bouw



Onderdeel van Emissieloos Bouwen
Project P7 - 2D CLT bouw - Digitalisering en Industrialisering
Eindrapportage

Eindrapportage Project P7 - 2D CLT bouw

Programma-naam

Emissieloosbouwen Deeltraject 4

Projectnaam

P7 - 2D CLT bouw - Digitalisering en Industrialisering

Dit document bevat

Deliverable 14

Consortium Partners & Contactpersonen

Treetek

Bob Elzen

bob@treetek.nl

b_solution GmbH

Bob Elzen

bob@treetek.nl

M.J. de Nijs Projectontwikkeling B.V.

Niek Schaap

niek.schaap@denijs.nl

TNO

Marc Souverein

marc.souverein@tno.nl

The logo for TREETEK, featuring the word "TREETEK" in a bold, black, sans-serif font.The logo for b_solution, featuring the text "b_solution" in a bold, black, sans-serif font, with the tagline "just plan it" in a smaller, lighter font below it, followed by a small teal square.The logo for TNO, featuring the word "TNO" in a bold, black, sans-serif font, followed by the tagline "innovation for life" in a smaller, lighter font.

Datum van uitgifte

24 juli 2024

Leeswijzer

Dit eindrapport is publiek binnen het consortium voor project P7 en het programmamanagement van Emissieloos Bouwen. Daarbuiten mag dit niet zonder schriftelijke toestemming van alle projectpartners worden verspreid.

Dit deelrapport bevat de resultaten en daarmee de deliverable 14 voor werkpakket 4 van het overkoepelende project P7 - 2D CLT bouw - Digitalisering en Industrialisering. Dit eindrapport bevat als eerste een korte beschrijving van het overkoepelende project als achtergrondinformatie naar de structuur en de eindresultaten betreffende emissies.

Inhoud

Leeswijzer	3
1. Inleiding	5
1.1. Beoogde uitkomsten	5
1.2. Emissiereductie	6
2. Structuur project	7
2.1. Werkpakketten en deliverables	7
2.2. Onderzoek	8
3. Resultaten emissies en deliverables	9
3.1. Resultaten emissieberekeningen	9
3.2. Resultaten emissies	10
3.3. Deliverables per werkpakket	11
3.3.1. WP1 Integrale digitalisering & industrialisering; voorspelling van prestaties	11
3.3.2. WP2.1 Ontwikkeling van een droog vloersysteem	11
3.3.3. WP2.2 ontwikkeling van een prefab buitenschil (off-site)	11
3.3.4. WP3 Toetsing van bouwelementen in hun toepassing	12
3.3.5. WP4 PL & Rapportage	12
4. Wijzigingen en Afronding	13
4.1. Wijzigingen	13
4.2. Mooie highlights:	13

1. Inleiding

Voor het realiseren van de woningbouwopgave – gegeven alle maatschappelijke randvoorwaarden – is industrialisering / prefabricage noodzakelijk. Verdere implementatie van digitalisering is belangrijk bij het industrialiseren van het productieproces in de bouw. F2F (File-to-Factory; aansturing van bijvoorbeeld CNC-machine vanuit ontwerpsoftware) biedt mogelijkheden voor het versnellen van de productie en reduceren van de faalkosten.

Er is een spanningsveld tussen enerzijds industrialisering en anderzijds het ruimte geven aan ontwerp vrijheid. Er kan gekozen worden voor unitbouw met ver doorgevoerde standaardisatie van geprefabriceerde gebouw(delen), waarbij de opdrachtgever geen keuze heeft bijvoorbeeld m.b.t. beukmaat, verdiepingshoogte of vrije overspanningen¹. Aan de andere kant is er het proces van uitgekende productie van gestandaardiseerde prefab bouwdelen, die door toeleveranciers worden geproduceerd, maar die vervolgens bij de opdrachtgever ‘over de schutting’ worden gezet. Deze prefab bouwdelen moeten op de bouwplaats door een aannemer met andere bouwdelen worden samengevoegd om de vereiste functionaliteit te krijgen. Een voorbeeld is een gevel waarvoor een prefab betonnen binnenspouwblad op de bouwplaats moet worden voorzien van isolatiemateriaal en een gemetseld buitenspouwblad. In een dergelijk proces zijn data van de bouwdelen vaak niet of onvoldoende beschikbaar of te ontsluiten en kan in de VO- en DO-fase niet met de specificaties van de bouwdelen gerekend worden.

Ook voor toepassing van CLT als constructief materiaal in de B&U-bouw ontbreekt nog een digitale methodiek om in de VO- of DO-fase gestandaardiseerde producten of elementen met vastgelegde prestaties samen te voegen en vervolgens inzichtelijk te maken of het samengestelde gebouw voldoet aan de publieke en (scherper gestelde) private eisen, te onderscheiden in verschillende Kritische Prestatie Indicatoren (KPI's).

1.1. Beoogde uitkomsten

Dit onderzoek richt zich op 2,5D houtbouw² waarbij constructief CLT wordt toegepast. Integrale digitalisering, standaardisatie en industrialisatie zal verder ontwikkeld worden, waarbij consequent system engineering zal worden toegepast. Het beoogde resultaat van dit project is dat in een geïndustrialiseerde productielijn producten en elementen kunnen worden geproduceerd waarmee een gebouw kan worden gerealiseerd dat aan de gestelde KPI's voldoet.

- Het doel van het onderzoek is voor 2,5D houtbouw (i.e. combinatie van prefab 3D-units met 2D-CLT-elementen) te ontwikkelen;
- integrale digitalisering;
- gestandaardiseerde en industrieel te vervaardigen van vloer- en wandstelsel o.b.v. system engineering;
- inzicht in de te verwachten prestaties van diverse relevante KPI's van de te realiseren gebouwen.

1.2. Emissiereductie

Eén van de KPI's is de emissie van NOx tijdens de on-site assemblage. Ook zullen de consequenties van materiaalkeuze m.b.t. CO2-uitstoot en MPG inzichtelijk gemaakt en geoptimaliseerd kunnen worden. De ontwikkelde oplossingen worden vervolgens in de praktijk gemeten en getoetst.

2. Structuur project

Het project omvat diverse onderwerpen van digitalisering tot ontwerp en evaluatie van het bouwen naar inrichtingsstrategie van een fabriek en de productie van de Houtkern Modules. Om dit te structureren zijn de activiteiten onderverdeeld in de volgende werkpakketten. Bij ieder werkpakket zijn diverse partners betrokken. Werkpakketten en Deliverables

2.1. Werkpakketten en deliverables

WP1 Integrale digitalisering & industrialisering; voorspelling van prestaties

- Deliverable 1 (D1): Tooling op het gebied van digitalisering t.b.v. nieuwe toetsinstrument.
- Deliverable 2 (D2): Nieuwe standaarddetailtering van bouwelementen opnemen in database waarmee BIM gevoed wordt.
- Deliverable 3 (D3): Digitaal instrument om de prestaties van een gebouw al in de ontwerpfase te kunnen toetsen
- Deliverable 4 (D4): Rapportage emissies

WP2.1 Ontwikkeling van een droog vloersysteem

- Deliverable 5 (D5): Testprotocol van droge vloersystemen.
- Deliverable 6 (D6): Rapportage van de resultaten van prestatiemetingen van droge vloersystemen.
- Deliverable 7 (D7): Standaard detailtering van het te ontwikkelen vloersysteem in de BIM Tooling

WP2.2 ontwikkeling van een prefab buitenschil (off-site)

- Deliverable 8 (D8): Testprotocol van nieuwe buitenschil
- Deliverable 9 (D9): Rapportage van de resultaten van prestatiemetingen nieuwe buitenschil
- Deliverable 10 (D10): Standaard detailtering diverse buitengevels in de BIM Tooling

WP3 Toetsing van bouwelementen in hun toepassing

- Deliverable 11 (D11): Rapportage met resultaten van testen en toetsen van de prestaties van de bouwelementen in hun toepassing
- Deliverable 12 (D12): Nieuwe methode om testresultaten en nieuwe parameters te gebruiken als input voor BIM tooling van nieuw geparametriseerde bouwelementen, om off-site en on-site productie aan te sturen
- Deliverable 13 (D13): Rapportage van de toetsing van de (in het bijzonder ook emissie gerelateerde) prestaties van de nieuw gestandaardiseerde bouwelementen die zijn gegenereerd o.b.v. de BIM Tooling.

WP4 PL & Rapportage

- Deliverable 14 (D14): Rapport van dit deelconsortium waarin de gehele productieketen is meegenomen waarbij de stikstofemissie en CO2-footprint van de gebouwen met 2D houten elementen als casco .

2.2. Onderzoek

Ieder werkpakket heeft zijn eigen deelrapportage waarin de deliverables verwerkt zijn in de vorm van tekstuele toelichtingen of met bijlagen. Dit eindrapport laat de conclusies zien betreffende emissies.

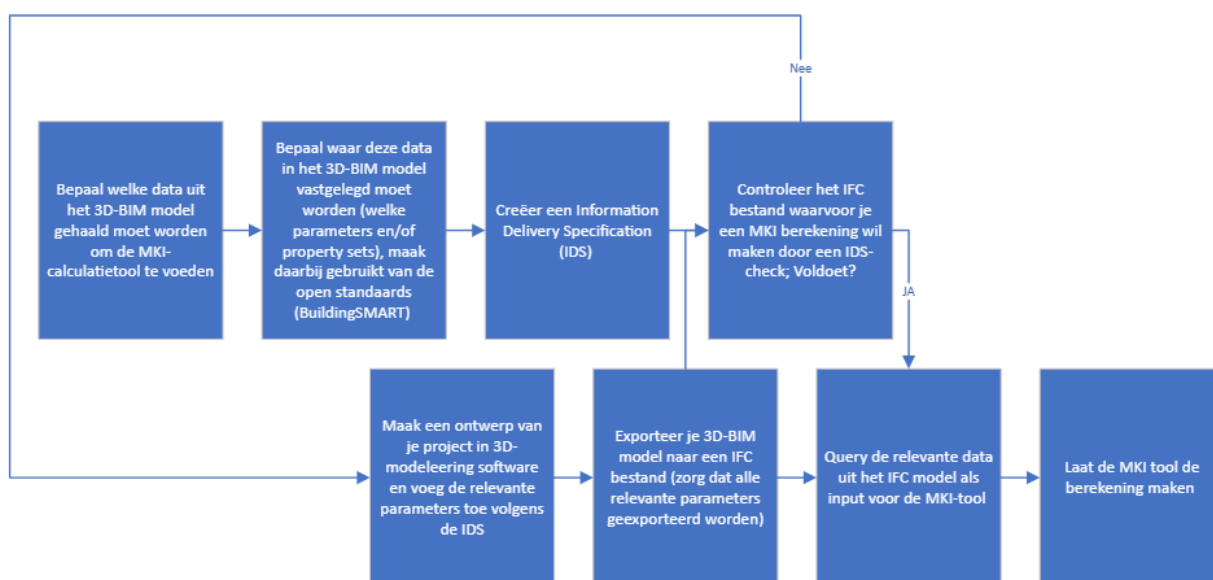
3. Resultaten emissies en deliverables

3.1. Resultaten emissieberekeningen

Deze sectie omschrijft de resultaten van het (semi-)automatisch berekenen van MKI scores op basis van 3D-BIM casco ontwerp modellen. De behoefte aan het inzicht van MKI scores komt voort uit het feit dat deze scores niet afhankelijk zijn van het materiaal (CLT) waarin gebouwd wordt, maar specifiek van het product (de leverancier waar het CLT vandaan komt) waardoor uitkomsten kunnen verschillen. Onduidelijk is hoe groot deze verschillen zijn tussen leveranciers en tussen verschillende constructie methodes (Beton, HSB, CLT).

Wederom is eerst het proces in kaart gebracht, wat in dit geval uit niets meer bestaat dan het laten berekenen van een ontwerp door een extern bureau waarin verschillende iteraties plaatsvinden. Vervolgens is er gekeken naar beschikbare plug-ins of software dat op basis van 3D-BIM modellen MKI berekeningen kan maken. Hier zijn meerdere voorbeelden van te vinden in de markt waarin getracht wordt MKI of LCA berekeningen te automatiseren, zie bijvoorbeeld MPG-toetshulp - BIMPact, BHOM project from Buro Happold, Reduzer, Circular EcoBIM, OneClickLCA, Tally en LCAByg.

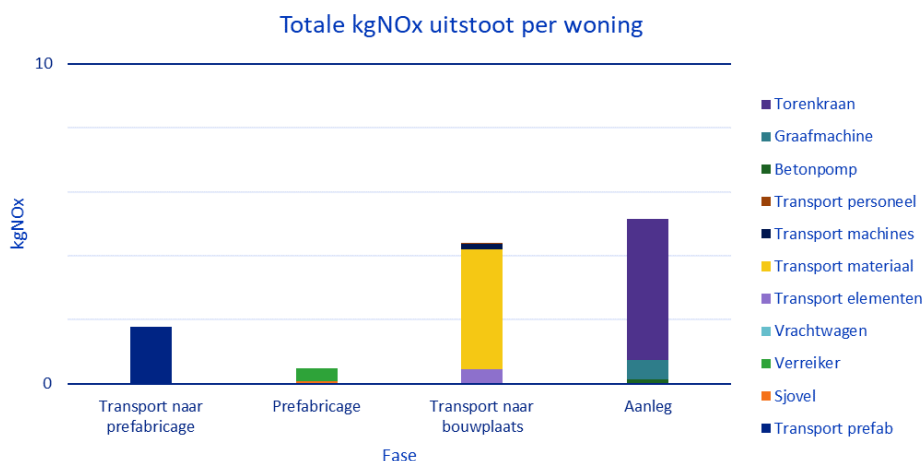
Echter, om een relevante output te hebben op basis van de berekeningen is het van essentieel belang dat de juiste data in het BIM model zit. Daartoe is een workflow beschreven waarmee gevalideerd kan worden of de juiste informatie in het model zit waarin gebruik gemaakt wordt van een Information Delivery Specification (IDS), zie figuur . Deze workflow is gebaseerd op open-BIM en dus applicatie onafhankelijk. De MPG-toetshulp van BIMPact werkt als een plug-in van Revit en dus niet in lijn met de open BIM principes. Daarbij is niet getest tot welk detailniveau deze tools berekeningen maken en hoe omgegaan wordt met materialen die niet gemodelleerd worden; denk aan folies, bevestigingsmiddelen, et cetera.



Figuur 11. Workflow voor het gebruik van een IDS t.b.v. MKI berekeningen in OpenBIM

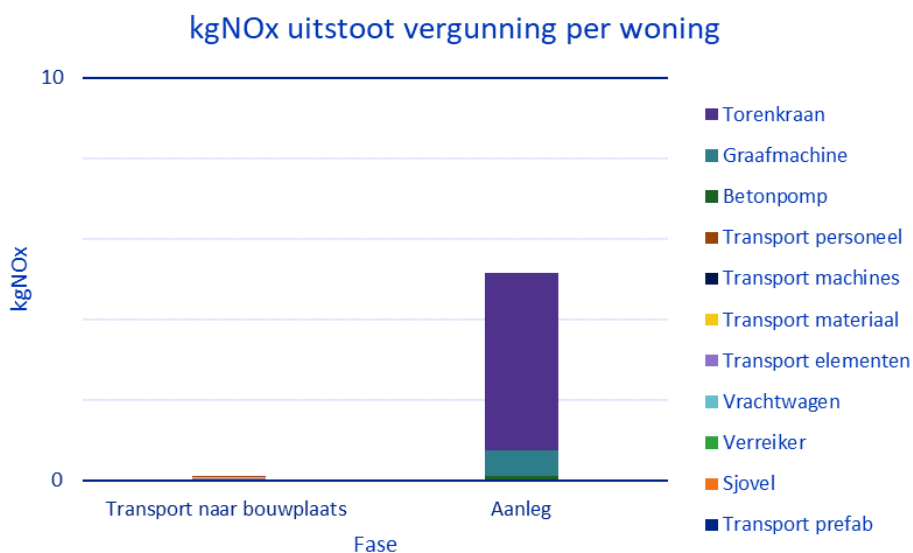
3.2. Resultaten emissies

In de onderstaande grafieken, **Grafiek 1** en **Grafiek 2**, wordt de NO_x-uitstoot per fase en per machine weergegeven. Hieruit blijkt dat het gros van de emissies plaatsvinden op de bouwplaats. Vooral de torenkraan is verantwoordelijk voor een groot deel van de totale uitstoot. Dit komt omdat dit een stageklasse 3 kraan is, met een hoog brandstofverbruik die relatief veel draaiuren heeft. Daarnaast zijn de emissies voor het transport naar de prefabricage hal en het transport van het materiaal naar de bouwplaats terug te leiden naar het CLT wat getransporteerd wordt vanuit Hallein in Oostenrijk naar Ooijen (prefabricage hal) en Wolfheze (projectlocatie) in Nederland.



Grafiek 1. NO_x uitstoot per woning (actual)

Wanneer er alleen naar de AERIUS scope gekeken wordt vallen de transport emissies bijna helemaal weg. Dit komt doordat het verkeer meegenomen is tot het wordt opgenomen in het heersend verkeersbeeld.



Grafiek 2. NO_x uitstoot per woning (vergunning)

3.3. Deliverables per werkpakket

3.3.1. WP1 Integrale digitalisering & industrialisering; voorspelling van prestaties

- Deliverable 1 (D1): Tooling op het gebied van digitalisering t.b.v. nieuwe toetsinstrument.
 - EB P7 Consortium rapportage werkpakket 1.pdf (activiteit 1)
 - Bijlage 1 - Engineering checklist en workflow
 - Bijlage 3 - 20230301_v1_Decision-tree structurele analyse
 - Bijlage 4 - Detail proces constructeur + oplossingsrichtingen
 - Bijlage 5 - Parametric-Building_Grasshopper-Revit
 - Bijlage 6 - Parametric-Building_Grasshopper-Axisvm
 - Bijlage 7 - Uitleg Grasshopper scripts
- Deliverable 2 (D2): Nieuwe standaarddetailering van bouwelementen opnemen in database waarmee BIM gevoed wordt.
 - EB P7 Consortium rapportage werkpakket 1.pdf (activiteit 2)
 - Bijlage 2 - 20230131_Variabelen constructieve vormgeving
 - Treetek configurator - Treetek: <https://treetek.nl/configurator/>
 - Extra bijlagen Treetek
- Deliverable 3 (D3): Digitaal instrument om de prestaties van een gebouw al in de ontwerpfase te kunnen toetsen
 - EB P7 Consortium rapportage werkpakket 1.pdf (activiteit 3)
 - Bijlage 8 - 220233_Berg en Dal Vijverhof_Model_230627
 - Bijlage 9 - 220233_Berg en Dal Vijverhof_Model_230627_IFC4x3
 - Bijlage 10 - IDS-Treetek_-_MKI_IFC4x3
 - Bijlage 11 - IDS verification report-MKI_IFC4x3
- Deliverable 4 (D4): Rapportage emissies
 - EB P7 Consortium rapportage werkpakket 1.pdf (activiteit 4)
 - Bijlage 12 - NOx berekening
 - Bijlage 13 - NOx Inventarisatie Wolfheze

3.3.2. WP2.1 Ontwikkeling van een droog vloersysteem

- Deliverable 5 (D5): Testprotocol van droge vloersystemen.
 - EB P7 240412 Consortium rapportage werkpakket 2.pdf
 - EB P7 Bijlage 1.1 Testprotocol Acoustics for Wood Constructions.pdf
 - EB P7 Bijlage 2.1 Gevels – KPI's.pdf
 - EB P7 Bijlage 2.2 Testprotocollen KPI's woning.pdf
- Deliverable 6 (D6): Rapportage van de resultaten van prestatiemetingen van droge vloersystemen.
 - *Zie WP3 Deliverable 11*
- Deliverable 7 (D7): Standaard detailering van het te ontwikkelen vloersysteem in de BIM Tooling
 - EB P7 Bijlage 3.1 CLT vloersystemen overzicht.xlsx

3.3.3. WP2.2 ontwikkeling van een prefab buitenschil (off-site)

- Deliverable 8 (D8): Testprotocol van nieuwe buitenschil
 - EB P7 240412 Consortium rapportage werkpakket 2.pdf
 - EB P7 Bijlage 1.1 Testprotocol Acoustics for Wood Constructions.pdf
 - EB P7 Bijlage 2.2 Testprotocollen KPI's woning.pdf

- Deliverable 9 (D9): Rapportage van de resultaten van prestatiemetingen nieuwe buitenschil
 - *Zie WP3 Deliverable 11 (D11)*
- Deliverable 10 (D10): Standaard detaillering diverse buitengevels in de BIM Tooling
 - EB P7 Bijlage 6.1 Keuze matrix gevel.xlsx
 - EB P7 Bijlage 6.2 Toelichting keuze matrix prefab gevel.pdf

3.3.4. WP3 Toetsing van bouwelementen in hun toepassing

- Deliverable 11 (D11): Rapportage met resultaten van testen en toetsen van de prestaties van de bouwelementen in hun toepassing
 - EB P7 240412 Consortium rapportage werkpakket 3
 - Bijlage 1.1 Bouwplaats bezoek Woodstone Heerhugowaard
 - Bijlage 1.2 Comfort en ventilatie metingen Heerhugowaard
 - Bijlage 1.3 Resultaten Geluidsmeting Heerhugowaard
 - Bijlage 1.4 Memo 231206 Metingen onbedoelde luchtlekken Heerhugowaard
 - Bijlage 1.5 Memo 231207 Waterdichtheid en Wateropname CLT
 - Bijlage 2.1 Bouwplaatsbezoek Woningen Wolfheze
 - Bijlage 2.2 Resultaten Geluidsmeting Wolfheze
 - Bijlage 2.3 Metingen onbedoelde luchtlekken Wolfheze
- Deliverable 12 (D12): Nieuwe methode om testresultaten en nieuwe parameters te gebruiken als input voor BIM tooling van nieuw geparametriseerde bouwelementen, om off-site en on-site productie aan te sturen
 - *Zie WP1 deliverable 3 (D3)*
- Deliverable 13 (D13): Rapportage van de toetsing van de (in het bijzonder ook emissie gerelateerde) prestaties van de nieuw gestandaardiseerde bouwelementen die zijn gegenereerd o.b.v. de BIM Tooling.
 - *Zie WP1 deliverable 3 (D3)*
 - Bijlage 3.1 Bouwplaats bezoek Common Woods
 - Bijlage 3.2 Blowerdoor rapport Common Woods
 - Bijlage 4.1 Bouwplaatsbezoek Dirk Loogenstraat

3.3.5. WP4 PL & Rapportage

- Deliverable 14 (D14): Rapport van dit deelconsortium waarin de gehele productieketen is meegenomen waarbij de stikstofemissie en CO2-footprint van de gebouwen met 2D houten elementen als casco.
 - EB P7 Consortium Eindrapportage.pdf

4. Wijzigingen en Afronding

4.1. Wijzigingen

Tijdens het project zijn een aantal wijzigingen geweest door diverse redenen hieronder de belangrijkste.

- De extra proefwoningen voor testen konden niet binnen de tijd worden gerealiseerd, hierdoor zijn mogelijke testen uitgevoerd op reeds uit te voeren projecten. Dit werkte beperkend richting enkele KPI's. Hiermee is mee ingezet op de beoordelen van het bouwproces en de efficiëntie hiervan en dat op te nemen in details en standaard procedures voor BIM, dan op specifieke prestatie KPI's terug te brengen naar BIM modelering.
- Er is van Standaarddetailering voor gevels overgestapt en niet een bundel standaard details te ontwikkelen die binnen afzienbare tijd mogelijk achterhaald zijn of niet dermate innoverend zijn dat hier de subsidie voor moet worden gebruikt. Er is naar de behoefte uit de markt naar Multi criteria afwegingen overgestapt voor materialisatie. Dit in om te ondersteunen met bevoegd gezag en link tussen wetgeving en lokale eisen inzichtelijk te maken betreffende gevelontwerp.

4.2. Mooie highlights:

- Bezoek van de commissie van Emissieloos Bouwen bij Woodstone Heerhugowaard (TNO + De Nijs)
- Vergelijk en Presentatie de Houten Leeuw vs. de Betonnen Leeuw (De Nijs)
- Start verkoop Woodstone Heerhugowaard (de Nijs)
- Lancering configurator op de Provada (Treetek)
- Oplevering diverse (casco)projecten binnen dit project met veel leermomenten (Treetek)
 - Wolfheze
 - Commonwoods
 - Dirk Loogenstraat