

Faculteit Industriële
Ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen:
bouwkunde

Masterthesis

Ontwikkeling van een Autodesk Construction Cloud-platform voor (werf-)controlefiches
en/of safety- en kwaliteitsaudits, en uitwerken van een rapportering met Power BI

Joren Jannis
Jelle Vanderstraeten

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

PROMOTOR :
Prof. dr. ir. Herve DEGEE

PROMOTOR :
ir. Kurt SCHERPEREEL

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen | Agoralaan Gebouw H - Gebouw B | BE 3590 Diepenbeek

Universiteit Hasselt | Campus Diepenbeek | Agoralaan Gebouw D | BE 3590 Diepenbeek
Universiteit Hasselt | Campus Hasselt | Martelarenlaan 42 | BE 3500 Hasselt



2024
2025

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen:
bouwkunde

Masterthesis

Ontwikkeling van een Autodesk Construction Cloud-platform voor (werf-)controlefiches en/of safety- en kwaliteitsaudits, en uitwerken van een rapportering met Power BI

Joren Jannis

Jelle Vanderstraeten

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

PROMOTOR :

Prof. dr. ir. Herve DEGEE

PROMOTOR :

ir. Kurt SCHERPEREEL



KU LEUVEN

Woord vooraf

Met veel waardering en dank willen wij enkele mensen bedanken voor hun waardevolle bijdrage aan het tot stand komen van deze thesis.

Allereerst gaat onze dank uit naar Prof. dr. ir. Hervé Degée, onze interne promotor, voor zijn begeleiding en constructieve feedback gedurende het volledige traject.

Daarnaast zijn we ir. Kurt Scherpereel, onze externe promotor, zeer erkentelijk voor zijn ondersteuning. Zijn coördinatie en advies waren van groot belang voor de structuur en uitvoering van ons onderzoek.

Verder gaat onze dank uit naar ing. Tom Peeters, die ons praktische ondersteuning bood op de werf. Dankzij zijn toelichting en begeleiding konden we de processen op de werf beter begrijpen en een duidelijke verbinding maken met de theoretische achtergrond.

Ook willen we Kris Aerts bedanken voor zijn hulp bij het oplossen van IT-gerelateerde problemen. Zijn technische expertise en ondersteuning maakten het mogelijk om zonder al te veel vertragingen verder te werken.

Tot slot willen we ook Marc Van der Aerschot bedanken voor zijn begeleiding op de werf en zijn waardevolle inzichten in de dagelijkse praktijk. Met zijn ervaring konden we de vertaalslag naar de praktijk maken en ons onderzoek hierop afstemmen.

Zonder hun bijdragen was deze thesis niet geworden wat die nu is. We zijn hen allen oprecht dankbaar voor hun tijd, inzet en betrokkenheid.

Inhoudsopgave

Inhoud

Woord vooraf	1
Lijst van tabellen.....	5
Lijst van figuren.....	7
Verklarende woordenlijst	9
Abstract	11
Abstract in English.....	13
1. Inleiding	15
1.1 Situering	15
1.2 Probleemstelling.....	17
1.3 Doelstellingen	18
2. Literatuurstudie	19
2.1 Vergelijkbare low-code platformen.....	19
2.2 Autodesk Construction Cloud en Microsoft Power BI	20
2.3 ACC-implementatie bij andere bedrijven	21
2.4 Conclusie.....	22
3. Methode	23
3.1 Analyse huidige werking en mogelijkheden software	23
3.2 Ontwikkeling van de applicatie.....	24
3.2.1 Voorbereidende werken	24
3.2.2 Digitaliseren van de processen	24
3.2.3 Integratie met Power BI en rapportering	29
3.3 Toegepast op de werf	35
3.3.1 Toegepaste applicatie in ACC.....	35
3.3.2 Visualisatie in Power BI	44
3.4 Implementatie voor meerdere projecten	47
4. Resultaten en bespreking	49
4.1 Resultaat van de applicatie.....	49
4.2 Bedenkingen.....	50
4.3 Toekomstig gebruik voor meerdere werfprocessen binnen TUC RAIL?	51
4.4 Gebruikersfeedback.....	51
5. Besluit	53

5.1	Mogelijkheden voor verder onderzoek	54
	Referentielijst	55
	Bijlagen	59
	Bijlage A: Technische uitwerking van de applicatie (User Manual)	60
	Bijlage B: Bouwkundig controleplan	77
	Bijlage C: Functionaliteiten NCF	80
	Bijlage D: Power BI-model	81

Lijst van tabellen

Tabel 1: Formulierenweergave in Power BI-model.....	45
Tabel 2: RFI-weergave in Power BI model	45
Tabel 3: NCF-weergave in Power BI model.....	46

Lijst van figuren

Figuur 1: Controleplan van bouwkundige kunstwerken [19]	25
Figuur 2: Stoppunt 1 van het bouwkundig controleplan [23].....	26
Figuur 3: Template controlefiche – Stoppunt 1	27
Figuur 4: Mappenstructuur Assets – Boomstraat.....	28
Figuur 5: Geïntegreerde planning – Boomstraat.....	28
Figuur 6: Power BI-templates in ACC.....	30
Figuur 7: Power BI – Assets Dashboard-template.....	31
Figuur 8: Opbouw tabel in Power BI-model	32
Figuur 9: Import van gegevens in Power BI vanuit ACC.....	32
Figuur 10: Upload van bestanden in “02 Uploadzone Aannemer”.....	35
Figuur 11: Goedkeuringsflow bestanden	36
Figuur 12: Beoordeling bestanden	36
Figuur 13: Eindbeoordeling bestanden	37
Figuur 14: Toegewezen taken in Planning-sectie	38
Figuur 15: Asset van projectonderdeel	38
Figuur 16: Templatekeuze aanmaken formulier	39
Figuur 17: Ingediend controleformulier	40
Figuur 18: Flow - Uitvoeringscontrole	40
Figuur 19: RFI met foto en visualisatie op plan	41
Figuur 20: Flow RFI	41
Figuur 21: Aangemaakt NCF	42
Figuur 22: Functionaliteiten NCF	43
Figuur 23: Flow NCF	43
Figuur 24: Power BI- model	44
Figuur 25: Formulierendiagram in Power BI-model	45
Figuur 26: NCF-diagram.....	46
Figuur 27: Aanmaak van project-sjabloon.....	47

Verklarende woordenlijst

Pilootproject	Is een proefproject of een eerste testversie van een groter project. Bedoeld om in een beperkte en gecontroleerde omgeving te onderzoeken of een idee, product of proces werkt zoals bedoeld.
Power BI-service	Is de online omgeving van Power BI-desktop waarin je die rapporten kunt publiceren, delen en beheren. Het fungeert als het centrale platform om samen te werken, toegang te verlenen aan collega's en dashboards overal en op elk apparaat beschikbaar te maken.
Direct Query	Een methode waarmee data rechtstreeks uit een externe databron (zoals een database of datawarehouse) wordt opgevraagd, zonder dat de gegevens eerst worden geïmporteerd. De gegevens zijn altijd up-to-date, maar performance is afhankelijk van de bron.
Workflowmanagement	Het plannen, uitvoeren en monitoren van opeenvolgende taken en processen binnen een organisatie. Workflowmanagementsystemen zorgen voor automatisering, taakverdeling en transparantie in werkprocessen.
Microflows	Visueel ontworpen logica binnen low-code platforms (zoals Mendix), waarmee ontwikkelaars complexe processen en beslissingen modelleren via drag-and-drop elementen. Ze worden meestal op de server uitgevoerd.
Nanoflows	Een lichtere variant van microflows, bedoeld voor snelle, eenvoudige logica die op het apparaat (bijvoorbeeld op een mobiel toestel) wordt uitgevoerd.
Domeinmodel	Een visuele representatie van de structuur van gegevens binnen een applicatie. Het toont entiteiten (zoals gebruikers, producten, projecten) en de relaties daartussen. Het domeinmodel vormt de basis voor de gegevensopslag.
Solution Gallery	Een verzameling van vooraf gebouwde sjablonen, modules of apps die beschikbaar zijn binnen een platform. Gebruikers kunnen hieruit kiezen om sneller een oplossing te bouwen of aan te passen.
Drag-and-drop	Een gebruiksvriendelijke interface-interactie waarbij elementen (zoals knoppen, velden of logica) met de muis of touch eenvoudig worden versleept naar een gewenste locatie binnen een ontwerpgebied.
Supporttickets	Digitale meldingen of registraties van problemen, vragen of verzoeken die door gebruikers worden ingediend bij een helpdesk of technische dienst.

Klik-en-selecteer	Een eenvoudige interactievorm waarbij gebruikers opties kiezen door te klikken op vooraf gedefinieerde keuzes, vaak binnen een grafische interface. Typisch voor low-code tools met beperkte technische input.
SharePoint-lijsten	Een onderdeel van Microsoft SharePoint waarmee je gegevens in lijstvorm kunt opslaan en beheren, vergelijkbaar met een Excel-tabel maar met uitgebreidere functies zoals versiebeheer, toegangsrechten en automatisering.

Abstract

De bouwsector maakt een digitale transformatie door, maar veel bedrijven blijven vasthouden aan papieren processen en statische Excel-bestanden. Ook binnen TUC RAIL werden deze traditionele werkwijzen nog toegepast. Dit onderzoek had als doel te analyseren hoe de digitalisering van werfprocessen met behulp van Autodesk Construction Cloud (ACC) en Microsoft Power BI kan bijdragen aan een verbeterde kwaliteits- en veiligheidsopvolging, zonder daarbij afhankelijk te zijn van een IT-afdeling. Centraal stond het ontwikkelen van een werkende applicatie die een meerwaarde creëert voor het projectbeheer.

Eerst werd de bestaande werkwijze in kaart gebracht, met nadruk op inefficiënties en gebrekkige dataconsistentie. Vervolgens werd een digitale applicatie gebouwd en toegepast op een pilootwerf met betrekking tot de vervanging van spoorwegovergangen. De applicatie digitaliseert controlefiches, documentbeheer en communicatie over werfincidenten. Rollen zoals site inspector en aannemer kregen specifieke functionaliteiten, terwijl Power BI automatische rapportering verzorgde.

De toepassing resulteerde in een efficiëntere en foutreductieve werfopvolging met gecentraliseerde documentatie en verbeterde traceerbaarheid. Het project toont aan dat low-code tools zoals ACC breed inzetbaar zijn binnen TUC RAIL en schaalbaar naar andere werven. Voor een succesvolle implementatie zijn echter begeleiding, interne richtlijnen en een digitale werfcoördinator essentieel.

Abstract in English

The construction sector is undergoing a digital transformation, yet many companies continue to rely on paper-based processes and static Excel spreadsheets. These traditional working methods were still in use at TUC RAIL. This study aimed to analyze how the digitization of construction site processes using Autodesk Construction Cloud (ACC) and Microsoft Power BI can contribute to improved quality and safety monitoring without depending on an IT department. The central objective was to develop a functional application that adds value to project management.

Initially, the existing workflow was mapped out, with a focus on inefficiencies and a lack of data consistency. Subsequently, a digital application was developed and applied to a pilot construction site related to the replacement of level crossings. The application digitizes control forms, document management, and communication regarding site incidents. Roles such as site inspector and contractor received dedicated functionalities, while Power BI provided automated reporting.

The implementation resulted in more efficient and error-reducing site monitoring, with centralized documentation and improved traceability. The project demonstrates that low-code tools like ACC are widely applicable within TUC RAIL and can be scaled to other sites. However, successful implementation requires guidance, internal guidelines, and a dedicated digital site coordinator.

1. Inleiding

1.1 Situering

Digitalisering speelt een steeds belangrijkere rol in de bouwsector, doordat digitale technologieën in toenemende mate worden toegepast [1]. Deze trend sluit aan bij de groeiende populariteit van technologieën zoals Building Information Modeling (BIM), digitaal bouwen, automatisering en laserscanning, die frequenter worden ingezet om processen te verbeteren en de efficiëntie te verhogen [2]. Om traditionele werkwijzen binnen TUC RAIL te vervangen en zo fouten te minimaliseren en processen te versnellen, is het noodzakelijk om de bestaande werfprocessen te analyseren en te digitaliseren. Binnen het bedrijf wordt momenteel nog gebruikgemaakt van verouderde papieren processen en statische Excel-bestanden bij werfprocessen, wat resulteert in inefficiëntie, fouten en versnipperde informatie [3]. Het digitaliseren van deze processen kan leiden tot een snellere en betrouwbaardere opvolging van kwaliteits- en veiligheidsaspecten.

Binnen dit project werden de mogelijkheden van Autodesk Construction Cloud (ACC) en Microsoft Power BI onderzocht, evenals de manieren waarop deze software kan worden ingezet voor het digitaliseren van werfcontroles en rapportering. Dit onderzoek is relevant omdat het aantoont hoe low-code tools zoals ACC en Power BI de efficiëntie en betrouwbaarheid van werfopvolging kunnen verbeteren. Voor TUC RAIL biedt dit project een concreet voorbeeld om papierstromen om te zetten in een digitale workflow, met minder fouten en snellere rapportage. Daarnaast wordt er bekeken hoe digitale oplossingen schaalbaar kunnen worden toegepast op andere werven [3].

TUC RAIL, gevestigd in Brussel, is een Belgisch ingenieursbureau dat gespecialiseerd is in spoorweginfrastructuur en geavanceerde spoorwegtechnologie. Het bedrijf, dat sinds 1992 bestaat, werd opgericht voor de aanleg van de eerste hogesnelheidstrein in België. Ondertussen telt het bedrijf meer dan 1000 medewerkers en heeft al meer dan 400 spoorwegprojecten gerealiseerd, zowel in binnen- als buitenland. TUC RAIL biedt zijn klanten een breed scala aan diensten, waaronder gespecialiseerde expertise in burgerlijke bouwkunde, spoorbouw, elektrificatie en stroomvoorziening. Het bedrijf biedt daarnaast ook ondersteuning bij het beheer van spoorweginfrastructuur. Duurzaamheid staat voorop bij TUC RAIL, wat zich vertaalt in een sterke focus op het gebruik van hernieuwbare energiebronnen zoals zonnepanelen en windmolens. Sinds 2017 is het bedrijf ook actief als consultancydienst op het vlak van ICT, engineering en seininrichting. Het bedrijf voert voornamelijk opdrachten uit voor Infrabel, de bijna volledige aandeelhouder van TUC RAIL, maar bedient daarnaast ook internationale klanten. Enkele grote infrastructuurprojecten waar het bedrijf een grote rol in speelde zijn: de Diabolo- en Liefkenshoekverbinding, de Watermaal-Schuman-Josafattunnel, het GEN (Gewestelijk ExpresNet), en de bypass in Mechelen [4].

Voor een realistische ontwikkeling van de applicatie is gewerkt binnen een concrete projectcontext: een werf in Bilzen, waar TUC RAIL in samenwerking met BESIX

verantwoordelijk is voor de vervanging van zeven spoorwegovergangen. Het project voorziet in de aanleg van twee bruggen, vier tunnels en twee delen fietssnelweg ter vervanging van de overwegen. De werken worden gefaseerd uitgevoerd en nemen naar verwachting drie jaar in beslag, met oplevering gepland begin 2027. De contractwaarde bedraagt ongeveer €31 miljoen [5]. Bijzonder in dit project is het gebruik van innovatieve bouwtechnieken. Zo worden geprefabriceerde betonelementen ingezet om de verkeershinder te beperken. Drie tunnels bestaan uit een geprefabriceerde tunnelbuis van 450 ton die onder de sporen wordt geschoven. De vierde tunnel wordt gebouwd volgens de Stross-methode, waarbij de wanden eerst worden gerealiseerd, gevolgd door het dak, en vervolgens wordt de grond onder het dak uitgegraven. Daarnaast worden specifieke funderingstechnieken toegepast, zoals damwanden, grondmixwanden, micropalen, groutankers, schroefpalen en betonnen heipalen. De werkzaamheden omvatten ook de ontmanteling van de bovenleidingen en de rails, waterdichting, uitvoering van belastingtesten en de herinstallatie van de spoorinfrastructuur. BESIX Infra staat in voor de riolering, graafwerken en wegeaanleg [6]. Voor de realisatie van de applicatie is grotendeels gebruikgemaakt van de werf aan de Boomstraat in Bilzen. Hier wordt één van de twee bruggen aangelegd, bedoeld als vervanging van een bestaande spoorwegovergang [7].

1.2 Probleemstelling

TUC RAIL is in haar huidige werking vaak afhankelijk van een IT-afdeling voor de ontwikkeling van business apps en rapportages die essentieel zijn voor haar dienstverlening. Deze afhankelijkheid veroorzaakt vertragingen in de doorgaans dynamische werkomgeving waarin het bedrijf opereert. Daarnaast worden nog steeds verouderde methoden gebruikt, zoals papieren processen. Ook wordt er vaak gewerkt met statische Excel-sheets die via e-mail gedeeld worden, wat minder efficiënt is dan het gebruik van een gedeelde database [3].

Bestaande applicaties blijken vaak in de praktijk inefficiënt te zijn voor gebruik op de werven, waar de specifieke omstandigheden niet altijd aansluiten bij standaardoplossingen. Tegelijkertijd blijken geavanceerdere alternatieven niet alleen een suboptimale prijs-kwaliteitverhouding te hebben, maar vergen ze bovendien ook veel tijd om af te stemmen voor een bepaald doel. Een bijkomend knelpunt is het gebrek aan gestructureerde mogelijkheden om op de werf gegevens te verzamelen. In de huidige werking ontbreekt ook een duidelijke visualisatie van veiligheidsopvolging en kwaliteitsopvolging van bepaalde werfprocessen [3].

De centrale onderzoeksvraag in deze studie luidt: Hoe kunnen Autodesk Construction Cloud en Microsoft Power BI worden ingezet om bepaalde werfgerelateerde processen binnen TUC RAIL te digitaliseren en te optimaliseren? De motivatie voor het gebruik van deze software wordt toegelicht in de literatuurstudie. Het doel is om te onderzoeken op welke manier deze technologieën de medewerkers in staat kunnen stellen om efficiënter te werken met behulp van geavanceerde apps, geoptimaliseerde workflows en gestroomlijnde rapportages. Deze hoofdvraag wordt verder onderzocht met volgende deelvragen:

- Welke specifieke werfgerelateerde processen lenen zich het best voor digitalisering met behulp van low-code platforms;
- Op welke manier kan Autodesk Construction Cloud papieren processen en statische Excel-sheets vervangen door foutloze digitale oplossingen;
- Hoe kan de verzamelde data vanuit digitale applicaties worden geïntegreerd en gevisualiseerd in BI-rapportages voor kwaliteits- en veiligheidsopvolging.

1.3 Doelstellingen

Het hoofddoel van dit onderzoek is om te bepalen in hoeverre het mogelijk is om bepaalde werfgerelateerde processen binnen TUC RAIL te digitaliseren met behulp van low-code applicaties (ACC en Power BI). Dit omvat het ontwikkelen van gebruiksvriendelijke tools als prototype. Hiermee wordt onderzocht of het haalbaar is om applicaties te ontwikkelen die medewerkers, verantwoordelijk voor de werfopvolging bij TUC RAIL (zoals site inspectors en site leaders), effectief kunnen ondersteunen. De opzet is om te bepalen of deze medewerkers zelfstandig data kunnen verzamelen, analyseren en rapporteren. Op die manier kunnen ze hun werk gedigitaliseerd uitvoeren zonder volledig afhankelijk te zijn van een IT-afdeling. Hieruit worden de volgende nevendoelstellingen opgesteld:

- Tegen het einde van de masterthesis is al het nodige gedigitaliseerd voor het uitvoeren van werfcontroles op de werf in Bilzen;
- De ontwikkelde applicatie kan actief worden gebruikt op de werf. Volgens TUC RAIL biedt de applicatie een meerwaarde voor het werkproces;
- De data wordt correct en up-to-date verwerkt in een centrale database en de BI-rapportage voldoet aan de eisen van de organisatie.

2.Literatuurstudie

Door een tekort aan professionele ontwikkelaars, nemen low-code platforms toe in populariteit [8]. Deze platforms staan toe software te ontwikkelen zonder diepgaande programmeerkennis. Een belangrijk voordeel van deze soort software is dat bedrijven sneller kunnen inspelen op veranderingen, omdat low-code toelaat om snel en flexibel oplossingen te maken en aan te passen [9]. Voor de aanvang is hierover een literatuurstudie uitgevoerd. Hierbij was de doelstelling om de mogelijkheden van low-codeapplicaties te achterhalen in de context van het onderzoek. Om een breder beeld te krijgen zijn verschillende vergelijkbare software en hun functies onderzocht. Verder wordt de specifieke focus gelegd op Autodesk Construction Cloud en Microsoft Power BI, omdat ervoor gekozen is om deze te gebruiken binnen het project. Daarnaast is onderzocht hoe andere bedrijven ACC hebben geïmplementeerd en wat hun ervaringen daarmee zijn.

2.1 Vergelijkbare low-code platformen

Enkele populaire vergelijkbare platformen zijn Microsoft Power Platform, Mendix en OutSystems [8]. Deze worden hieronder in de volgende alinea's toegelicht.

Mendix werkt met visuele tools, waarbij blokken, diagrammen en invulvelden worden gebruikt in plaats van traditionele code. Het platform is opgedeeld in meerdere onderdelen die nauw met elkaar samenwerken. De ontwikkeling start bij het domeinmodel, waarin de gegevenstypes en hun onderlinge relaties worden gedefinieerd. Op conceptueel niveau bestaan er entiteiten; deze vertegenwoordigen elk een specifiek gegevenstype. Aan deze entiteiten worden attributen gekoppeld die dieper ingaan op de aard en de eigenschappen van de gegevens. Vervolgens kunnen aan de entiteiten associaties worden toegevoegd, waarmee de relaties tussen de verschillende gegevens worden vastgelegd. Om informatie uit dit datamodel beschikbaar te maken voor de gebruiker, is er de gebruikersinterface. Deze kan volledig zelf worden opgebouwd met widgets zoals knoppen, tabellen en tekstvelden. De werking van deze widgets wordt ondersteund door microflows en nanoflows. Deze flows vormen de brug tussen de gebruikersinterface en het domeinmodel. Ze bepalen bijvoorbeeld welke gegevens moeten worden weergegeven wanneer de gebruiker op een knop drukt. Voor complexere bedrijfsprocessen biedt Mendix de Workflow Editor, waarin meerdere microflows en gebruikersinteracties gecombineerd kunnen worden. Dit maakt het mogelijk om bijvoorbeeld goedkeuringsprocessen op te zetten, waarbij taken aan gebruikers worden toegewezen en beslissingen automatisch worden afgehandeld door de applicatiel logica. Al deze onderdelen komen samen in het Developer Portal. Hier werken ontwikkelaars en andere betrokkenen samen aan een project. Het portaal biedt functionaliteiten zoals taakverdeling, rolbeheer, machtigingen en versiebeheer [10]. Ontwikkelde componenten kunnen bovendien als sjabloon worden opgeslagen. Daarnaast biedt Mendix een solution gallery met vooraf gebouwde toepassingen, wat vooral handig is voor minder complexe projecten [8].

De basis van een applicatie in OutSystems ligt bij het datamodel. Dit is vergelijkbaar met Mendix op het vlak van entiteiten. Deze entiteiten kunnen dynamisch of statisch zijn. Dynamische entiteiten bevatten bijvoorbeeld gegevens over gebruikers of projecten, terwijl statische entiteiten vaste waarden zoals statussen bevatten. OutSystems genereert daarnaast automatisch systeem entiteiten, bijvoorbeeld voor het beheer van gebruikers. Net zoals in Mendix wordt de gebruikersinterface van OutSystems opgebouwd met blokken en sjablonen voor het ontwerpen van dashboards. De data hiervoor wordt opgehaald uit de database met behulp van aggregaties en lokale variabelen. Aggregaties zijn grafisch opgebouwde query's waarmee gegevens uit de database kunnen worden geselecteerd, gefilterd of samengevoegd zonder dat er programmeercode aan te pas komt. Lokale variabelen zorgen ervoor dat tijdelijke gegevens kunnen worden bijgehouden en doorgegeven tussen schermen of processen binnen de applicatie. De werking van de applicatie wordt verder gedefinieerd via acties en logica, die met behulp van visuele stroomdiagrammen worden opgesteld. Deze diagrammen bepalen hoe de applicatie reageert op gebruikersinteracties, bijvoorbeeld welke berekeningen moeten worden uitgevoerd of welke data moet worden opgehaald. De verwerking van deze flows gebeurt volledig via deze visuele diagrammen. Daarnaast ondersteunt OutSystems het modelleren van bedrijfsprocessen, zoals goedkeuringsflows. Hiermee kunnen processen geautomatiseerd worden, zodat bijvoorbeeld documenten automatisch bij de juiste persoon terechtkomen voor verdere verwerking of goedkeuring [11].

Microsoft Power Apps is opgebouwd uit drie onderdelen: applicatieontwikkeling, een database en verbindingen met andere platforms. In plaats van drag-and-drop, zoals bij de andere platforms, werkt Power Apps met een klik-en-selecteer-aanpak [8]. Power Apps maakt gebruik van aangepaste formulieren, enquêtes en checklijsten, afhankelijk van de toepassing [8]. In de software kan data worden gekoppeld aan SharePoint-lijsten om technische supporttickets te beheren. Via deze supporttickets kunnen problemen gemeld worden, die vervolgens in een SharePoint-lijst worden opgeslagen. Zo kan een overzicht worden gemaakt van alle issues die opgelost dienen te worden [12]. Voor het ophalen van data kunnen er koppelingen worden gelegd met andere softwarepakketten van Microsoft. De apps zijn zowel op desktop als op mobiele apparaten te gebruiken, wat handig is voor gebruik op de werf [12].

2.2 Autodesk Construction Cloud en Microsoft Power BI

Om te analyseren hoe werfcontroles met ACC gedigitaliseerd kunnen worden, zijn de mogelijkheden bekeken van de beschikbare functies binnen het platform. Deze worden hieronder opgesomd:

- Met de Formulieren-functie kunnen controlelijsten, inspectieformulieren en auditrapporten direct op locatie digitaal worden ingevuld. Elk formulier kan worden afgestemd op het type controle, met vooraf ingestelde velden. Controleurs hebben tijdens de controle de mogelijkheid om foto's toe te voegen, opmerkingen in te voeren en direct aanduiden op bouwtekeningen waar problemen zich voordoen. De

activiteiten worden automatisch bijgehouden, wat resulteert in een veilige en traceerbare omgeving;

- De Sheets-module wordt gebruikt voor het opslaan van plannen. Bij een werfcontrole kan een controleur direct op een plan aanduiden waar een issue zich bevindt. Doordat offline toegang mogelijk is, blijven inspecties doorgaan zelfs wanneer er tijdelijk geen internet beschikbaar is op de werf;
- Voor het plannen van controles biedt het platform Planning-tools. Controleurs behouden hiermee het overzicht over geplande momenten en weten precies wat er op de agenda staat;
- Indien tijdens een controle onduidelijkheden ontstaan of aanvullende informatie nodig is, kan er een Request For Information worden aangemaakt. Dit geeft controleurs de mogelijkheid om rechtstreeks te communiceren met projectverantwoordelijken, zonder te vervallen in losse e-mails of niet-traceerbare mondelinge afspraken;
- Autodesk Docs zorgt voor een centraal database waar alle gegevens van de controles wordt opgeslagen. Dit kunnen de ingevulde formulieren, gekoppelde foto's, tekeningen en RFI's zijn. Zo kan bij onenigheid altijd terug gekoppeld worden aan voorbije documenten. Ook kunnen werfcontroleurs via deze weg met de laatste, goedgekeurde documenten werken.

Power BI is een programma van Microsoft dat gebruikt wordt om gegevens te analyseren en duidelijke rapporten te maken. Het helpt gebruikers om sneller inzichten te krijgen in data, door een visuele weergave [14], [15]. Het programma werkt in verschillende stappen. Eerst worden gegevens ingeladen, bijvoorbeeld uit Excel-bestanden, tekstbestanden of databases [15]. Met behulp van Power Query kunnen deze gegevens worden aangepast, gefilterd en samengevoegd. Daarna worden de gegevens in een datamodel geplaatst. Dit model is opgebouwd als een tabelstructuur vergelijkbaar met Excel, wat het voor veel mensen herkenbaar maakt [15].

Na het modelleren kunnen grafieken en tabellen worden toegevoegd aan een rapport. Dit kunnen onder andere lijngrafieken, staafdiagrammen, kaarten of matrix-tabellen zijn. Alle elementen kunnen met elkaar verbonden worden [15]. Power BI heeft zijn eigen rekentool waarmee bijvoorbeeld gemiddelde of totaal formules gebruikt kunnen worden. Ook is er de mogelijkheid om aangepaste formules te maken. Wanneer de rapporten volledig zijn kunnen deze gedeeld worden met andere werknemers via Power BI-service [14].

2.3 ACC-implementatie bij andere bedrijven

Tim Kelly Group wilde meer controle over hun projectbeheer en koos daarom voor een digitale aanpak. Ze implementeerden Autodesk Construction Cloud, met een focus op Autodesk Docs en de Model Coordination-module. Deze combinatie maakte het mogelijk om documenten centraal te beheren en modelclashes automatisch op te sporen.

Op de werf werd er gewerkt met mobiele toestellen, waardoor iedereen beschikte over actuele plannen en issues onmiddellijk konden worden opgevolgd [16].

Autodesk Construction Cloud werd ingezet als centrale toepassing door John Holland Group, met als doel dubbel werk te vermijden en het overzicht te behouden in elke fase van het project. Door alle projectdata samen te brengen op één platform, werd de samenwerking tussen teams en partners versterkt. Beslissingen konden sneller worden genomen, wat de efficiëntie en voortgang van de projecten aanzienlijk ten goede kwam. [17].

Om tijdens gevelinspecties foto's te koppelen aan locaties gebruikte Arcadis Autodesk Build. Hiermee kunnen ze direct op de bouwplaats en de foto's werden meteen aan het juiste modelonderdeel gekoppeld. Zo was alle informatie snel beschikbaar voor collega's en klanten. Ze gebruikte daarbij ook eigen sjablonen om alles overzichtelijk te houden [18].

2.4 Conclusie

Low-code platforms winnen sterk aan populariteit, vooral door het tekort aan professionele ontwikkelaars en de noodzaak om snel en flexibel in te spelen op veranderende bedrijfsbehoeften. Uit de literatuurstudie blijkt dat platforms zoals Mendix, OutSystems en Microsoft Power Apps het ontwikkelen van applicaties vereenvoudigen door visuele interfaces en vooraf gebouwde componenten aan te bieden. Deze platforms ondersteunen complexe bedrijfsprocessen zonder uitgebreide programmeerkennis, waardoor organisaties sneller kunnen schakelen.

Binnen dit onderzoek is specifiek ingezoomd op Autodesk Construction Cloud en Microsoft Power BI als tools om werfcontroles en data-analyses te digitaliseren. ACC biedt krachtige functies zoals formulieren, sheets, planning-tools en een centrale documentendatabase, waarmee inspecties traceerbaar en efficiënt verlopen. Power BI biedt daarnaast de mogelijkheid om data overzichtelijk te visualiseren en te analyseren, wat waardevolle inzichten oplevert voor het projectbeheer. Voor het uitvoeren van werfgerelateerde controles vormt de integratie van deze software dus een waardevolle ondersteuning.

Praktijkvoorbeelden bij bedrijven zoals Tim Kelly Group, John Holland Group en Arcadis tonen aan dat de implementatie van ACC leidt tot verbeterde samenwerking, actuele informatievoorziening en efficiënter projectbeheer. Dit benadrukt de relevantie en meerwaarde van low-code toepassingen, zeker in een sector die steeds sneller moet reageren op uitdagingen en veranderingen.

3.Methode

Het project werd uitgevoerd aan de hand van vier fasen. De eerste fase bestond uit een analyse van de huidige processen rond kwaliteitsopvolging, waarbij werd onderzocht welke mogelijkheden voor verbetering zich voordeden met de inzet van de software. De tweede fase omvatte het beschrijven van het gebruik van de software voor de ontwikkeling van de applicatie. De derde fase betrof het toepassen van de applicatie in de praktijk. Tot slot werd in de vierde fase onderzocht in welke mate de ontwikkelde oplossing ook toepasbaar is op andere werven binnen vergelijkbare contexten.

3.1 Analyse huidige werking en mogelijkheden software

Als eerste onderzoeksfase werd een analyse uitgevoerd van de bestaande werkwijzen rond kwaliteitsopvolging op de werf. Deze analyse baseerde zich op terreinbezoeken en overlegmomenten met werfmedewerkers. De analyse bracht de volgende aandachtspunten en optimalisatiemogelijkheden aan het licht:

- Controlefiches werden handmatig op papier ingevuld en nadien ingescand, wat resulteerde in inefficiënte processen en verhoogde administratieve werklast;
- Projectgerelateerde informatie was verspreid over uiteenlopende opslaglocaties en systemen, waaronder e-mail, papieren documenten en diverse softwaretoepassingen. Deze versnippering bemoeilijkte zowel de consistente verwerking als de vlotte toegankelijkheid van gegevens;
- Er bestond geen centrale digitale oplossing voor het beheren en opvolgen van kwaliteitscontroles en werfgerelateerde documenten;
- Rapportages over kwaliteits- en veiligheidsaspecten waren afhankelijk van manuele interpretatie, wat de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van deze data ondermijnde.

Parallel aan deze analyse werd onderzocht in hoeverre het ACC-platform kan worden ingezet om deze processen te digitaliseren en efficiënter te structureren. Deze verkenning bouwde voort op inzichten uit de eerder uitgevoerde literatuurstudie. Dit leidde tot de identificatie van de volgende concrete toepassingen:

- Digitaal uitvoeren en registreren van kwaliteitscontroles op de werf;
- Verhelderen van onduidelijkheden in plannen en uitvoeringsdocumenten via het platform;
- Systematisch registreren van kwaliteitsinbreuken met bijhorende informatie;
- Gecentraliseerd beheren van projectgegevens in één digitale omgeving;
- Automatisch doorsturen van informatie en documenten naar de juiste betrokkenen via systeemgestuurde flows;
- Genereren van efficiënte, betrouwbare rapportages op basis van de verzamelde gegevens.

3.2 Ontwikkeling van de applicatie

Om de haalbaarheid van de digitalisering van werfgerelateerde processen concreet te onderzoeken, werd in het kader van deze studie een op maat gemaakte digitale applicatie ontwikkeld. Deze ontwikkeling vond plaats binnen een pilootproject (werf in de Boomstraat), in samenwerking met TUC RAIL. De applicatie had als doel de in punt 3.1 vermelde toepassingen te vertalen naar een digitale werkomgeving. De technische uitwerking van de applicatie wordt stapsgewijs weergegeven in Bijlage A. In de volgende secties worden de overwegingen, keuzes en onderliggende redeneringen achter het ontwerp en de ontwikkeling van de applicatie toegelicht.

3.2.1 Voorbereidende werken

Binnen het project werden er gebruikersrollen gedefinieerd voor de digitale applicatie. Voor elke rol werd een e-mailadres en een Autodesk-account aangemaakt, zodat de rollen binnen de softwareomgeving actief gebruikt konden worden. Bij het vastleggen van de rolverdeling werd geanalyseerd welke functies cruciaal zijn voor het uitvoeren van werfcontroles en het opstellen van kwaliteitsrapportages. Op basis van deze analyse werden drie sleutelrollen geïdentificeerd: site inspector, site leader en aannemer. De eerste twee functies worden vervuld door medewerkers van TUC RAIL. De taken en verantwoordelijkheden die aan elk van deze rollen zijn verbonden binnen de werfcontext, worden hieronder weergegeven:

- Site inspector: Deze rol fungeert als primaire gegevensleverancier. De site inspector is verantwoordelijk voor het uitvoeren van controles op het terrein en het registreren van observaties, zoals Requests For Information (RFI's) bij onduidelijkheden. Ook stelt hij of zij rapporten op over non-conformiteiten (NCF), die verplicht moeten worden opgesteld bij kwaliteitsinbreuken;
- Site leader: Vervult een coördinerende functie, waarbij hij de overkoepelende opvolging van kwaliteits- en veiligheidsprocessen bewaakt. Voor deze rol is vooral de toegang tot gestructureerde en visueel interpreteerbare gegevens, via Power BI-rapportering, van belang;
- Aannemer: Is betrokken als uitvoerende partij en moet in staat zijn om formulieren te consulteren, te ondertekenen en op RFI's en NCF's te reageren.

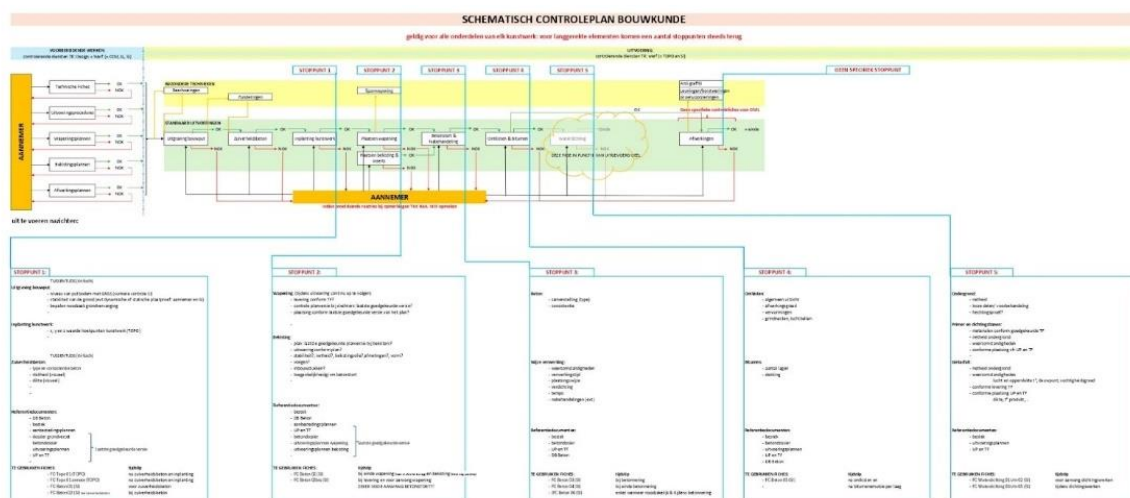
3.2.2 Digitaliseren van de processen

Binnen ACC zijn verschillende functionaliteiten gebruikt om de werfprocessen te digitaliseren, waaronder Bestanden, Assets, RFI's, Formulieren, Issues, Beoordelingen en Planning. Hoewel deze functies door Autodesk zijn ontwikkeld, bieden ze dankzij low-code programmatie de flexibiliteit om ze naar eigen behoefte aan te passen. Zo kunnen templates en gebruikersflows worden aangemaakt, machtigingen ingesteld en communicatieprocessen geautomatiseerd. De integraties worden in de volgende paragrafen verder toegelicht.

In de Bestanden-sectie werd een mappenstructuur opgezet om het documentbeheer op de werf te ondersteunen. Deze structuur stelt aannemers in staat om alle relevante documenten te uploaden, zoals technische tekeningen, uitvoeringsplannen en technische fiches. Er werd een goedkeuringsmechanisme ontwikkeld om onderscheid te maken tussen documenten die nog beoordeeld moeten worden en documenten die reeds gecontroleerd en goedgekeurd zijn. Concreet werd hiervoor binnen de Bestanden-sectie een submap "02 Uploadzone Aannemer" gecreëerd, bedoeld als inleverzone voor de aannemer. Vervolgens werd in de beoordelingssectie een workflow geïmplementeerd die de bestanden, eenmaal geüpload, automatisch toewijst aan de verantwoordelijke werfmedewerkers van TUC RAIL. Bij definitieve goedkeuring verhuizen deze documenten automatisch naar de submap "01 Gecontroleerd TUC RAIL", zodat duidelijk zichtbaar is dat ze gereed zijn voor projectgebruik.

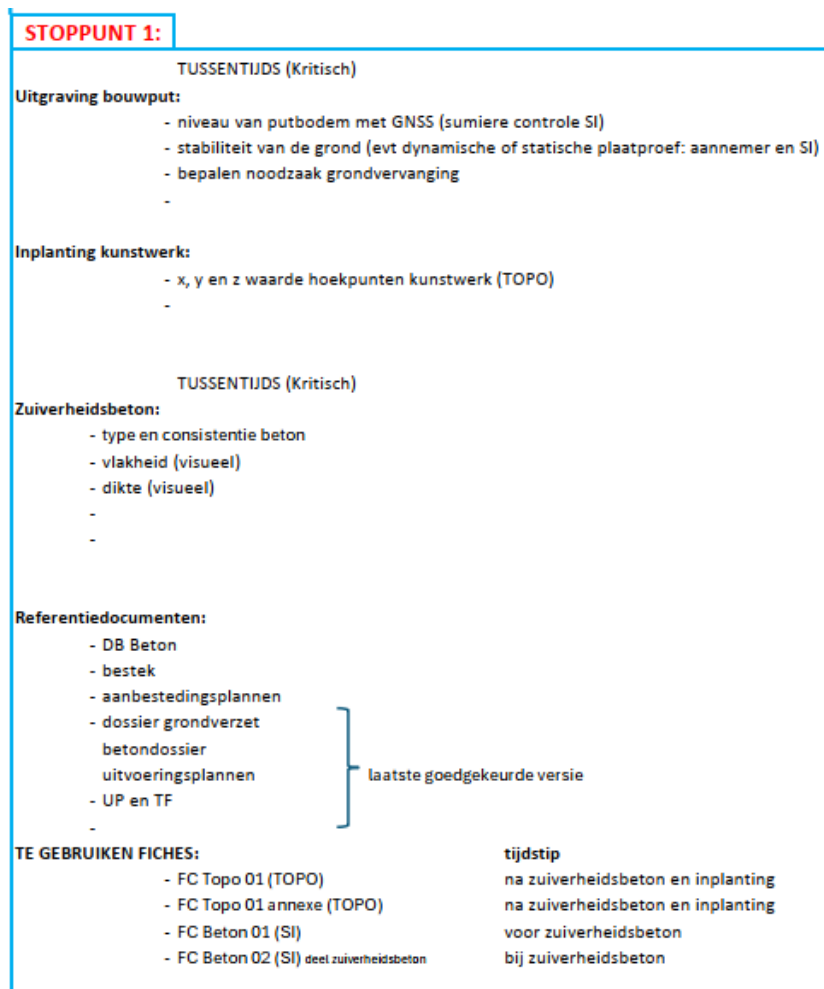
Het is een meerwaarde om annotaties, zoals het aanduiden van RFI's of NCF's, rechtstreeks op de plannen toe te voegen tijdens controles of andere werfactiviteiten. Daarom werden de goedgekeurde plannen uit de Bestanden-sectie geïmporteerd naar de Sheets-sectie. Op die manier kunnen de plannen tijdens deze controles als referentiemateriaal worden gebruikt en bewerkt.

De kernfunctionaliteit van de applicatie richtte zich op het digitaliseren van werfcontroles via digitale controlefiches. Deze zijn gecreëerd aan de hand van het controleplan voor bouwkundige kunstwerken (Figuur 1).



Figuur 1: Controleplan van bouwkundige kunstwerken [19]

Dit controleplan, opgenomen in Bijlage B, is modulair opgebouwd rond stoppunten (kritieke momenten binnen het bouwproces waarop een kwaliteitscontrole verplicht is alvorens verdere uitvoering mag plaatsvinden). Het stoppunt na het uitgraven van een bouwput is weergegeven in Figuur 2. Voor elk van deze stoppunten dient een controlefiche ingevuld en gearchiveerd te worden als bewijs van de uitgevoerde controle.



Figuur 2: Stoppunt 1 van het bouwkundig controleplan [23]

De controlefiches, die oorspronkelijk in papieren vorm werden gebruikt, zijn omgezet naar interactieve sjablonen (zie Figuur 3 voor het fiche van stoppunt 1). Dit werd gerealiseerd door de bestaande formulieren te digitaliseren in de vorm van slimme PDF's. Hierdoor werden de oorspronkelijke, met pen in te vullen kaders vervangen door invulkaders die digitaal kunnen worden ingevuld.

TUC RAIL BELGIAN RAIL ENGINEERING		CONTROLEFICHE Aanvaardingsfiche aanzet	
DETAILS		SPECIEKE INFORMATIES	
CF	FC_Beton	Opdracht	142309
Nr	FC_Beton_01	Kunstwerk	OW47-KW165 - MOLENSTRAAT
		Deel kunstwerk	Funderingen
			landhoofd zuid
OPMERKINGEN			
Controle van de aanzet			
Controlefiche 'Stabiliteit van het werkplatform'	☐ Ja ☐ Neen	Fiche:	
Noodzaak van grondvervang	☐ Ja ☐ Neen		
Afmetingen van de grondvervang	L: B: H:		
Niveau van de aanzet (zie FC_Topo_01) (DBBeton)	☐ Ja ☐ Neen	FC_Topo_01	
Inplanting (zie FC_Topo_01) ('DBBeton)	☐ Ja ☐ Neen		
Afmetingen (zie FC_Topo_01) ('DBBeton)	☐ Ja ☐ Neen		
Netheid	☐ Ja ☐ Neen		
Opmerkingen - Waarnemingen:			
Opheffing stoppunt : "Toestemming aanbrengen zuiverheidsbeton"			
☐ Ja ☐ Neen			
VISA/CONTROLE			
CCM	Aannemer	Interne Derde	
Datum			
Naam	I.O. Marc Van der Aerschot SI		
Handtekening		(Ref doc/brief)	

Figuur 3: Template controlefiche – Stoppunt 1

Voor elk van de stoppunten in het bouwproces werd op deze manier een digitale template ontwikkeld. Wanneer een controle uitgevoerd moest worden, kon de site inspector op basis van deze templates automatisch een nieuw, oningevuld formulier genereren dat afgestemd was op het betreffende controlepunt. Om het proces efficiënt en gecontroleerd te laten verlopen, werd een reeks van functionaliteiten bij de formulieren ingesteld:

- Gebruikersflow die ervoor zorgt dat het formulier automatisch doorgestuurd wordt naar de juiste betrokkenen;
- Enkel bewerkbaar door de site inspector;
- Automatisch opgeslagen in het systeem na voltooiing van de controle;
- Digitale ondertekening door zowel de site inspector als de aannemer.

De Assets-functionaliteit werd gebruikt om alle gegevens met betrekking tot een projectonderdeel te centraliseren en overzichtelijk te structureren. Er werd een hiërarchische structuur opgezet, opgebouwd rond het bouwproject in de Boomstraat in Bilzen (zie Figuur 4). Substructuren werden gecreëerd die aansloten bij de technische opdeling van de constructie (liggerbrug), waaronder de fundering, vloerplaat, landhoofd, wanden en kolommen, dakplaat, brugdek en vlotplaten. Voor elk stoppunt binnen een subonderdeel werd een afzonderlijke Asset aangemaakt. Een Asset is een digitaal geregistreerd element dat een fysiek onderdeel van een bouwproject representeert, inclusief alle relevante documentatie en statusinformatie voor de opvolging ervan. Hier werden de relevante bouwtekeningen aan gekoppeld, waardoor per controlepunt een digitale informatiecluster ontstond waarin alle benodigde data gecentraliseerd beschikbaar is.

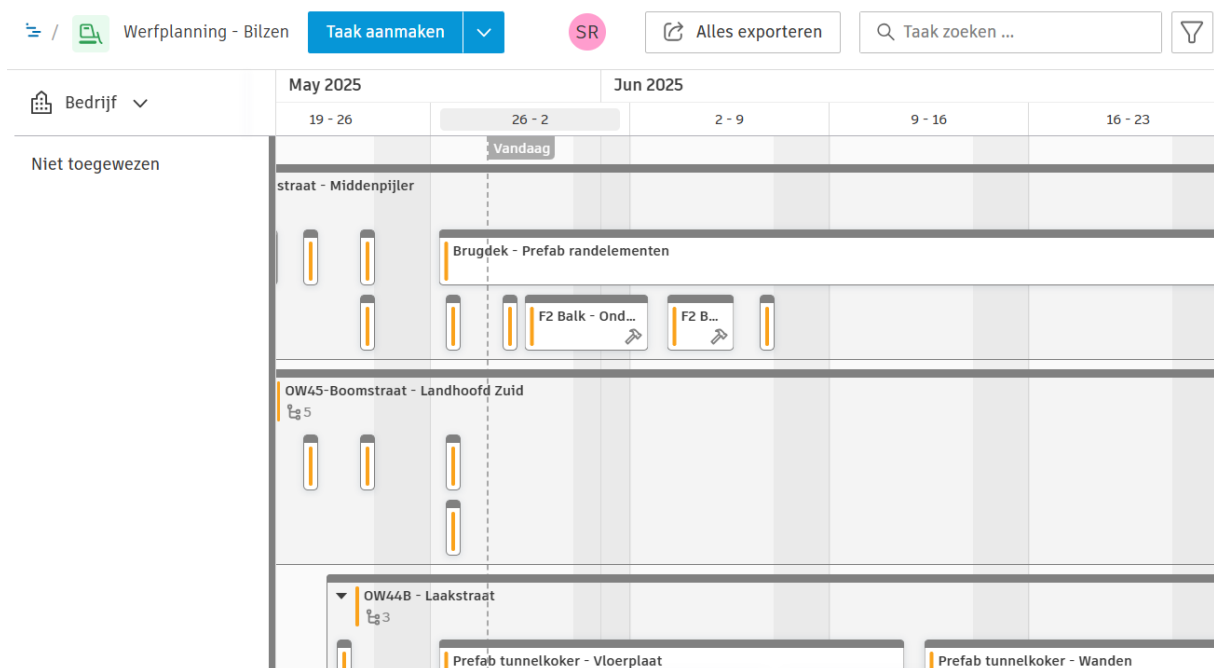
Assets

Assets	Systemen
Alle categorieën	+ Asset aanmaken v
▼ OW45 - Boomstraat	
▼ 01 - Noord	
01 - Fundering	
02 - Vloerplaat	
03 - Landhoofd	
04 - Wanden e...	
05 - Dakplaat	
06 - Brugdek	
07 - Vlotplaten	
► 02 - Zuid	

☐	Naam	↑	Categorie	Status
☐	01 - Aanvaarding aanzet		... > 01 - Fundering	Specified
☐	02 - Controle bekisting-wapeni...		... > 01 - Fundering	Specified
☐	03 - Controle betonnering		... > 01 - Fundering	Specified
☐	04 - Controle Tempo betonneri...		... > 01 - Fundering	Specified
☐	05 - Controle ontlasting		... > 01 - Fundering	Specified
☐	06 - Opname - proeven op beto...		... > 01 - Fundering	Specified

Figuur 4: Mappenstructuur Assets – Boomstraat

Daarnaast werd gebruikgemaakt van de planningsfunctionaliteit binnen ACC. Er werd een nieuwe planning opgesteld, waarin de bestaande werfplanning van de Boomstraat werd geïntegreerd (Figuur 5). Zo werden de dagelijkse taken van de site inspector hierin ingepland. Aan elke controletaak werden de relevante Assets gekoppeld, zodat elke taak in de digitale planning directe toegang bood tot de bijbehorende gegevens.



Figuur 5: Geïntegreerde planning – Boomstraat

Voor verduidelijkingen die op de werf vereist zijn, werd een functionaliteit voorzien waarmee site inspectors een Request For Information kunnen aanmaken. Deze functionaliteit maakt standaard deel uit van de ACC-software en werd actief benut.

Hiermee kan een gerichte vraag worden gesteld, ondersteund door relevante documenten en visueel gemarkeerde fragmenten uit bouwplannen. Daarnaast werd een flow geconfigureerd waardoor deze verzoeken automatisch worden doorgestuurd naar de verantwoordelijke binnen het projectteam. Deze flow omvat het volgende: de door de site inspector aangemaakte RFI wordt eerst ter beoordeling toegewezen aan de aannemer, waarna het antwoord teruggekoppeld wordt aan de site inspector. Voor een gestructureerde opvolging en verwerking werden verschillende categorieën van RFI's gedefinieerd:

- Documentatieconflict,
- Ontwerp coördinatie,
- Onvolledige documentatie,
- Uitvoerbaarheid,
- Veldomstandigheden,
- Overig.

Verder werd de mogelijkheid voorzien om afwijkingen die niet voldoen aan de vooraf vastgelegde kwaliteitseisen formeel te registreren. Hiertoe kon de site inspector via de Issues-module van ACC een rapport van non-conformiteit aanmaken. Hiervoor werden templates gecreëerd voor verschillende categorieën, waarin informatie zoals betrokken partijen, locatie en visuele elementen worden opgenomen. Deze issues werden automatisch toegewezen aan de verantwoordelijke en voorzien van opvolgdeadlines. Ook werd er voor elke categorie al een bijhorende beschrijving vermeld in de templates. De volgende categorieën van NCF's werden geïntegreerd in de software:

- Verkeerd materiaal,
- Fout van de fabrikant,
- Installatie,
- Bouwbaarheid,
- Ontwerpfout,
- Ongeschikt materiaal.

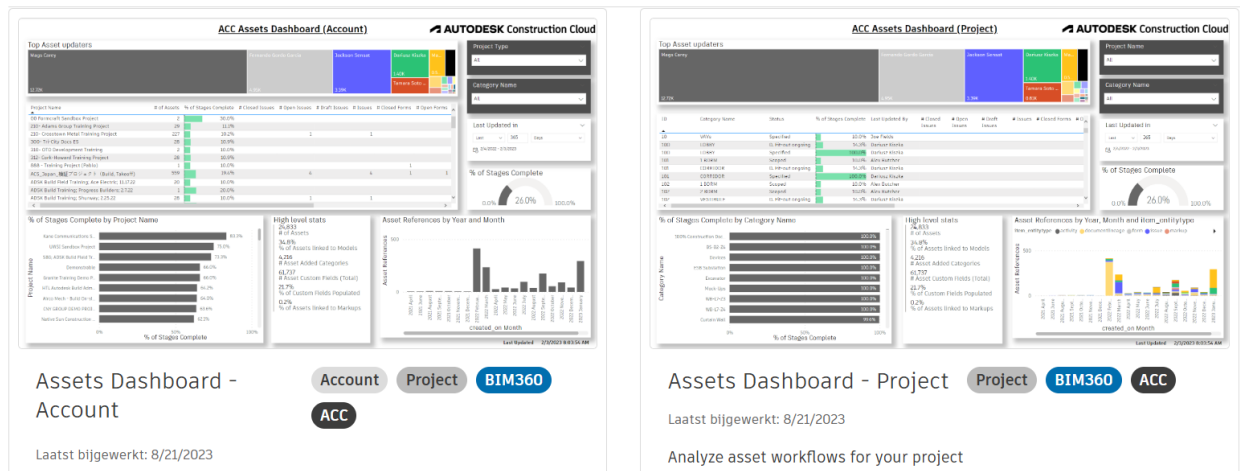
3.2.3 Integratie met Power BI en rapportering

Voor het analyseren visualiseren van data werd ACC werd gelinkt met Microsoft Power BI (beschreven in de literatuurstudie). Door deze integratie konden de gegevens die tijdens de werfprocessen in ACC werden verzameld, zoals controleformulieren, meldingen van kwaliteitsinbreuken en Requests for Information, op een overzichtelijke en interactieve manier worden gerapporteerd.

Allereerst werd in ACC een planning opgesteld voor het uitvoeren van data-extracties van de gegevens die tijdens het project werden verwerkt. Dit zorgde ervoor dat de informatie altijd actueel beschikbaar was voor analyse in Power BI. Binnen ACC zijn standaard Power BI-templates beschikbaar via de Data Connector (Figuur 6), een koppeling die het mogelijk maakt om gegevens rechtstreeks vanuit ACC naar Power BI

te halen. Deze sjablonen sluiten aan op de datastructuur van ACC en bestaan uit interactieve dashboards.

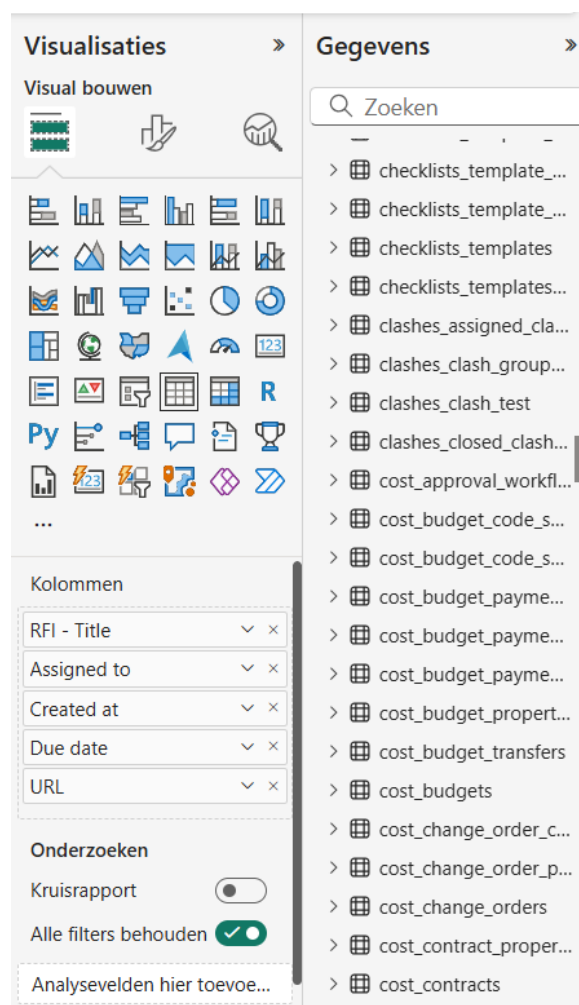
Power BI-templetegalerie



Figuur 6: Power BI-templates in ACC

Voor de visualisatie in Power BI werd bewust gebruikgemaakt van deze project-templates. Zoals weergegeven in Figuur 7 was er telkens voor elk type gegevens (Assets, Issues, Formulieren, Bestanden, ...) de mogelijkheid om deze op account- of projectniveau te koppelen. In dit onderzoek werd gekozen voor project-templates, omdat het project slechts betrekking had op één werf. Daarnaast biedt ACC de mogelijkheid om gegevens te koppelen via een CSV-template of een Connector-template. Er werd besloten om de Connector-template te gebruiken, omdat deze automatisch gekoppeld is aan de extracties die rechtstreeks uit ACC komen. De CSV-template daarentegen vereist dat gegevens handmatig worden geëxporteerd en vervolgens geüpload, wat omslachtiger is.

de titel, de verantwoordelijke persoon, de aanmaakdatum, de deadline en een rechtstreekse link naar het document in ACC zijn opgenomen.



Figuur 8: Opbouw tabel in Power BI-model

Het was hierbij essentieel om uitsluitend de gegevens te gebruiken die direct afkomstig waren van de ACC-extracties, zodat de meest actuele informatie werd weergegeven. Deze gegevens werden via DirectQuery ingeladen, zoals te bemerken op Figuur 9.



Figuur 9: Import van gegevens in Power BI vanuit ACC

Het voltooide datamodel in Power BI-desktop werd nadien opnieuw gepubliceerd naar de Power BI-service. Parallel werd binnen ACC een extractieplanning geconfigureerd, waarbij op vaste tijdstippen gegevens automatisch uit het platform werden geëxporteerd. Deze extractie vond dagelijks plaats om 05:00 uur. Zo zijn de gegevens van de voorbije dag(en) tijdig beschikbaar voor verwerking in de software, voordat de werkdag begon. In de Power BI-service werd voor elk van de geïmporteerde modellen een automatische gegevensvernieuwing ingesteld. Deze werd dagelijks om 05:30 uur uitgevoerd, na de extractie van de ACC-gegevens was voltooid.

In ACC werd voor de site leader een dashboard ingericht waarin het hoofdmodel werd geïntegreerd met behulp van een Power BI-kaart. Deze kaart maakte het mogelijk om het rapport rechtstreeks in het dashboard te visualiseren en te raadplegen. Dit werd gerealiseerd door het Power BI-rapport als webpagina in te sluiten en de bijbehorende URL vervolgens in ACC te plaatsen.

3.3 Toegepast op de werf

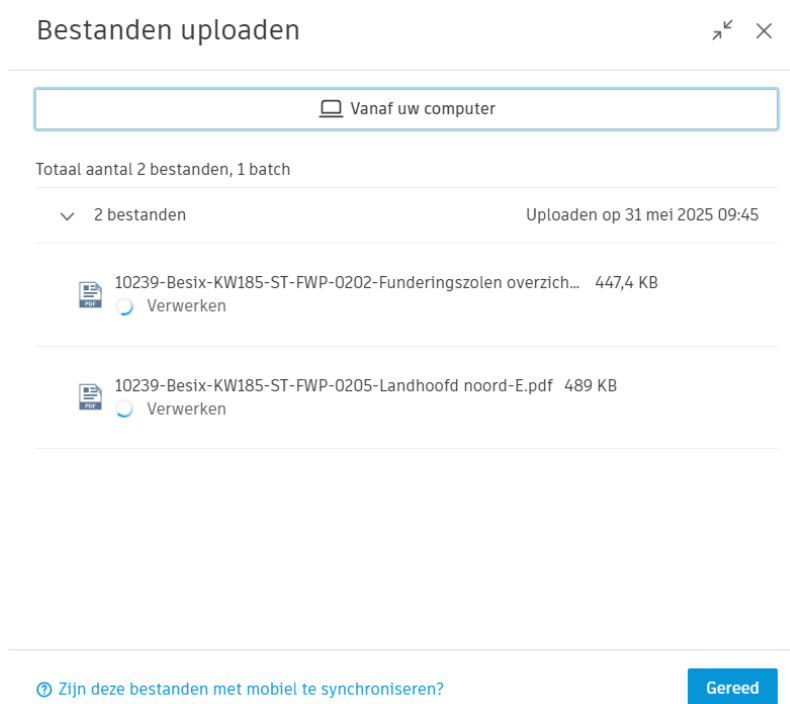
3.3.1 Toegepaste applicatie in ACC

De werkzaamheden van de site inspector worden hoofdzakelijk uitgevoerd via een mobiel toestel met behulp van de ACC-applicatie. De taken van de aannemer en de site leader worden daarentegen voornamelijk beheerd via de webomgeving van ACC. De volgende werfprocessen konden uitgevoerd worden met behulp van de applicatie:

- Controleren en goedkeuren van documenten geleverd door de aannemer;
- Controleren van uitvoeringen op de werf;
- Verduidelijking omtrent zaken op de werf;
- Meldingen van kwaliteitsinbreuken.

3.3.1.1 Het controleren en goedkeuren van documenten geleverd door de aannemer

Binnen de applicatie is een gestroomlijnde document-workflow opgezet voor de indiening en goedkeuring van plannen in het kader van werfcontroles. De aannemer levert de noodzakelijke documenten in door deze te uploaden in de map “02 Uploadzone Aannemer” binnen de gedeelde bestandsstructuur zoals weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10: Upload van bestanden in “02 Uploadzone Aannemer”

Vervolgens maakt de aannemer een beoordeling aan voor de ingediende bestanden. Hij selecteert hierbij de vooraf ingestelde goedkeuringsflow (Figuur 11), waarin de werfmedewerkers van TUC RAIL zijn aangewezen als beoordelaars en goedkeurders.

Indienen ter beoordeling



Goedkeuringsworkflow *
 Goedkeuren ingeleverde documenten

Overzicht

Beoordelaar(s) en goedkeurder(s) ⓘ
 Eindbeoordeling kandidaat-goedkeurders:
 JJ joren jannis
 SI Site Inspector

Actie bij voltooiing
 Goedgekeurde bestanden met gepubliceerde opmerkingen kopiëren naar de volgende map wanneer alle bestanden in de beoordeling zijn goedgekeurd
 Projectbestanden/01 Gecontroleerd TUC RAIL

Naam beoordeling *
 Opmerkingen

Annuleren
 Indienen

Figuur 11: Goedkeuringsflow bestanden

De site inspector en site leader ontvangen een melding zodra de bestanden zijn ingediend. Vervolgens controleren en beoordelen zij de ingediende bestanden, zoals geïllustreerd in Figuur 12.

Algemene informatie ⓘ

Workflownotities Geen notities toegevoegd	Naam workflow Goedkeuren ingeleverde documenten	Leden aan de huidige stap (1/1) JJ joren jannis (Gestart)	Huidige stapkar JJ joren jan SI Site Insp
--	--	--	---

☐ Naam ↑	Pad	Opmerkingen	Beoordelingsstatus *	Omsch...
☐ 10239-Besix-KW185-ST-FWP-0202-...	Projectbestanden/02 Upload...	Nog geen opmer... Toevoegen	Selectere... ▼	--
☐ 10239-Besix-KW185-ST-FWP-0205-...	Projectbestanden/02 Upload...	Nog geen opmer... Toevoegen	Selectere... ▲	--

✓ Goedgekeurd
 ✗ Afgewezen
 🗨 Goedgekeurd met opm...

Figuur 12: Beoordeling bestanden

Bij een positieve beoordeling worden de bestanden automatisch gekopieerd naar de map “01 Gecontroleerd TUC RAIL”, te bemerken in de rode kader in Figuur 13.

Beoordeling indienen

×

OPEN

⌚ Resterende tijd: 3 dagen

#1 - Eindbeoordeling

Uw beoordeling voor stap Eindbeoordeling in #1 wordt ingediend en gesloten.

Uw opmerkingen en markeringen zijn zichtbaar voor andere leden van de beoordeling. Zodra u de beoordeling verzendt, kunt u geen opmerkingen meer toevoegen en uw bestaande opmerkingen niet meer bewerken of verwijderen.

Goedgekeurde bestanden worden gekopieerd naar:

📁

Projectbestanden/01 Gecontroleerd TUC RAIL

wanneer alle bestanden in de beoordeling zijn goedgekeurd

☒

Alle gepubliceerde markeringen bij goedgekeurde bestanden opnemen

Meer leden informeren

👤 Site Inspector

×

👤 joren jannis

×

▼

Leden en kandidaat-beoordelaars worden standaard vermeld voor e-mailmeldingen. De initiatiefnemer ontvangt deze e-mailmelding altijd.

Annuleren

Indienen

Figuur 13: Eindbeoordeling bestanden

3.3.1.2 Het controleren van uitvoeringen op de werf

De dagelijkse planning van de site inspector met betrekking tot werfcontroles werd volledig geïntegreerd binnen het ACC-platform. Hierdoor volstaat het voor de site inspector om enkel gebruik te maken van de planningsfunctionaliteit binnen de applicatie voor het uitvoeren van controles. In de functionaliteit staat een overzicht per werkdag van de toegewezen taken (Figuur 14).

Bij het uitvoeren van een controle op de werf maakt de site inspector een controleformulier aan voor het betreffende stoppunt, waarbij hij kan kiezen uit vooraf ingestelde templates (Figuur 16). Deze wordt rechtstreeks gelinkt aan de Asset.

Annuleren
Selecteer een template

Alle templates

 (template) TUC RAIL testForm1	+
 Aanvaardingsfiche aanzet	+
 Controlefiche Tempo betonnering	+
 Controlefiche bekisting-wapening	+
 Controlefiche betonnering	+
 Controlefiche ontkisting	+
 Levering wapening	+
 NCF	+
 Opnamefiche - proeven op betonkubussen	+

Figuur 16: Templatekeuze aanmaken formulier

Het formulier wordt ingevuld, voorzien van eventuele toelichtingen en visueel gemarkeerde foto's, en vervolgens ondertekend door de site inspector. Na het indienen van het formulier wordt automatisch een e-mailnotificatie naar de aannemer verstuurd, alsook weergegeven in ACC. Via de meegestuurde link kan de aannemer het ingevulde formulier raadplegen, inclusief opmerkingen en bijlagen. De aannemer wordt vervolgens verzocht het formulier mede te ondertekenen, waarna het document definitief wordt opgeslagen en niet langer bewerkbaar is. Tegelijkertijd ontvangt ook de site leader een melding, met toegang tot een alleen-lezen versie van het formulier om de voortgang op te volgen. Na ondertekening door beide partijen wordt het automatisch gearchiveerd onder het bijhorende Asset, inclusief tijdstempel en versiebeheer (Figuur 17).

< Vorige

Controlefiche betonnering

Handtekening

Formulier gesloten
Aannemer B. heeft dit formulier ondertekend op 26 mei 2025, 13:49

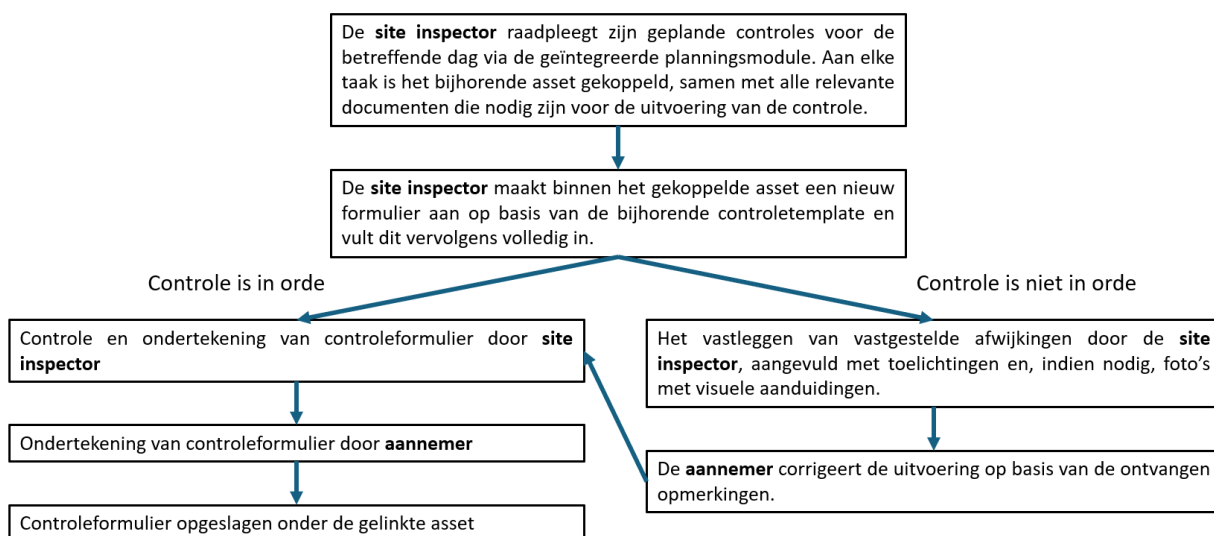
Naam Aannemer B.

Datum en tijd 26 mei 2025 at 13:49

Verwijder referentie

Figuur 17: Ingediend controleformulier

De onderstaande flow in Figuur 18 toont het volledige proces, inclusief de extra stappen die volgen wanneer een controle niet in orde is.

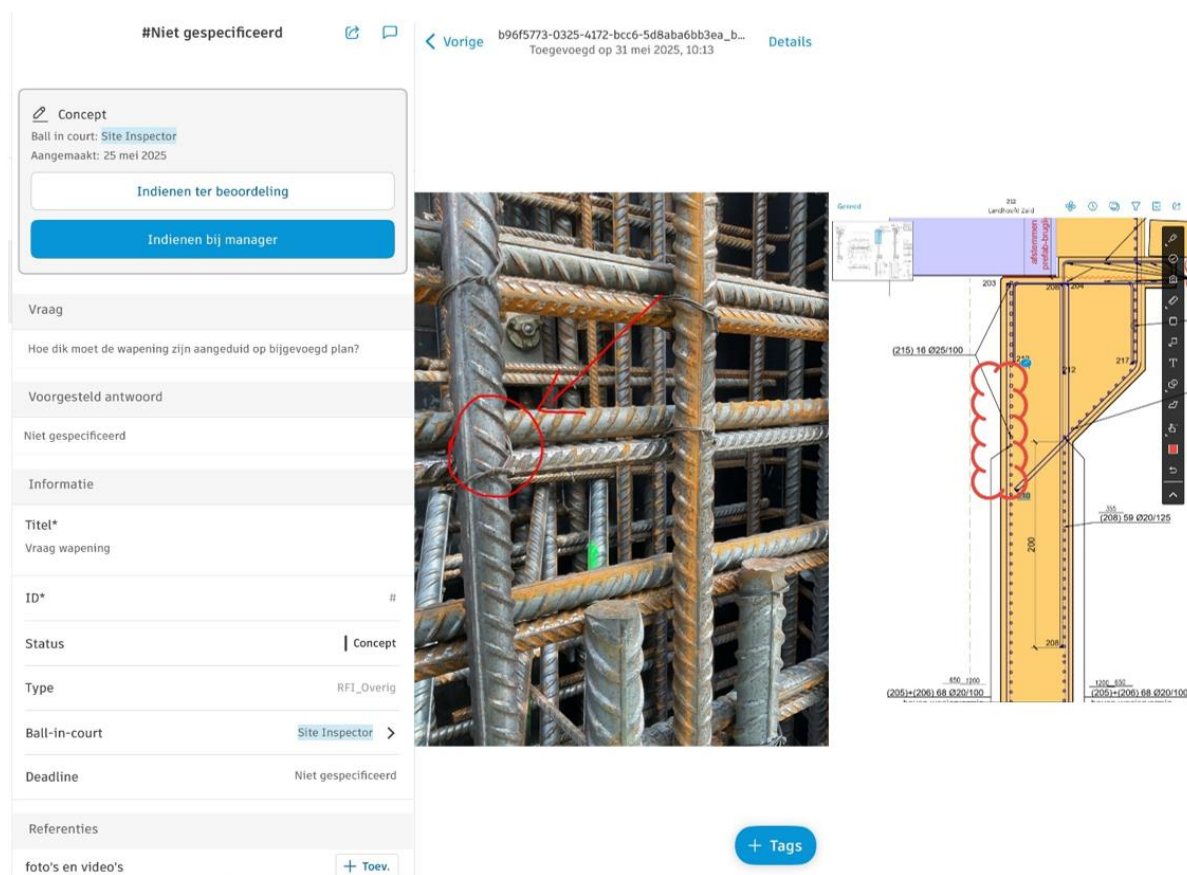


Figuur 18: Flow - Uitvoeringscontrole

3.3.1.3 Verduidelijking omtrent werfgerelateerde activiteiten

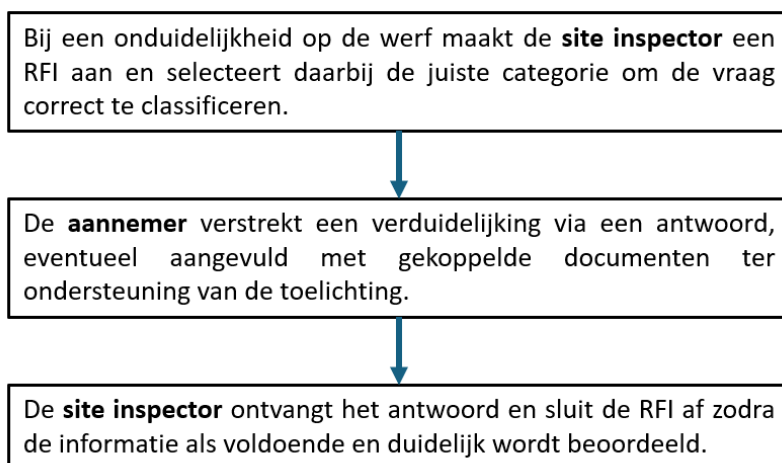
Het werd de site inspector ook mogelijk gemaakt om technische vragen of onduidelijkheden te communiceren via de RFI-functionaliteit. Er dient een vraag te worden geformuleerd, met eventueel ondersteunende visualisaties van foto's of

aanduidingen op plannen (Figuur 19). Ook het instellen van een deadline tegen wanneer het beantwoord moet zijn.



Figuur 19: RFI met foto en visualisatie op plan

Deze request word automatisch doorgestuurd naar de aannemer of het ontwerpteam, weergegeven in onderstaande flow (Figuur 20) en wordt na goedkeuring opgeslagen in het ACC-project.



Figuur 20: Flow RFI

3.3.1.4 Melding van kwaliteitsinbreuk

Wanneer de site inspector een non-conformiteit vaststelde, kan hij in de Issues-module een rapport aanmaken met behulp van een vooraf gedefinieerd sjabloon. Bij het selecteren van de oorzaakscategorie werd de bijbehorende beschrijving van de inbreuk automatisch ingevuld, zoals merkbaar in Figuur 21.

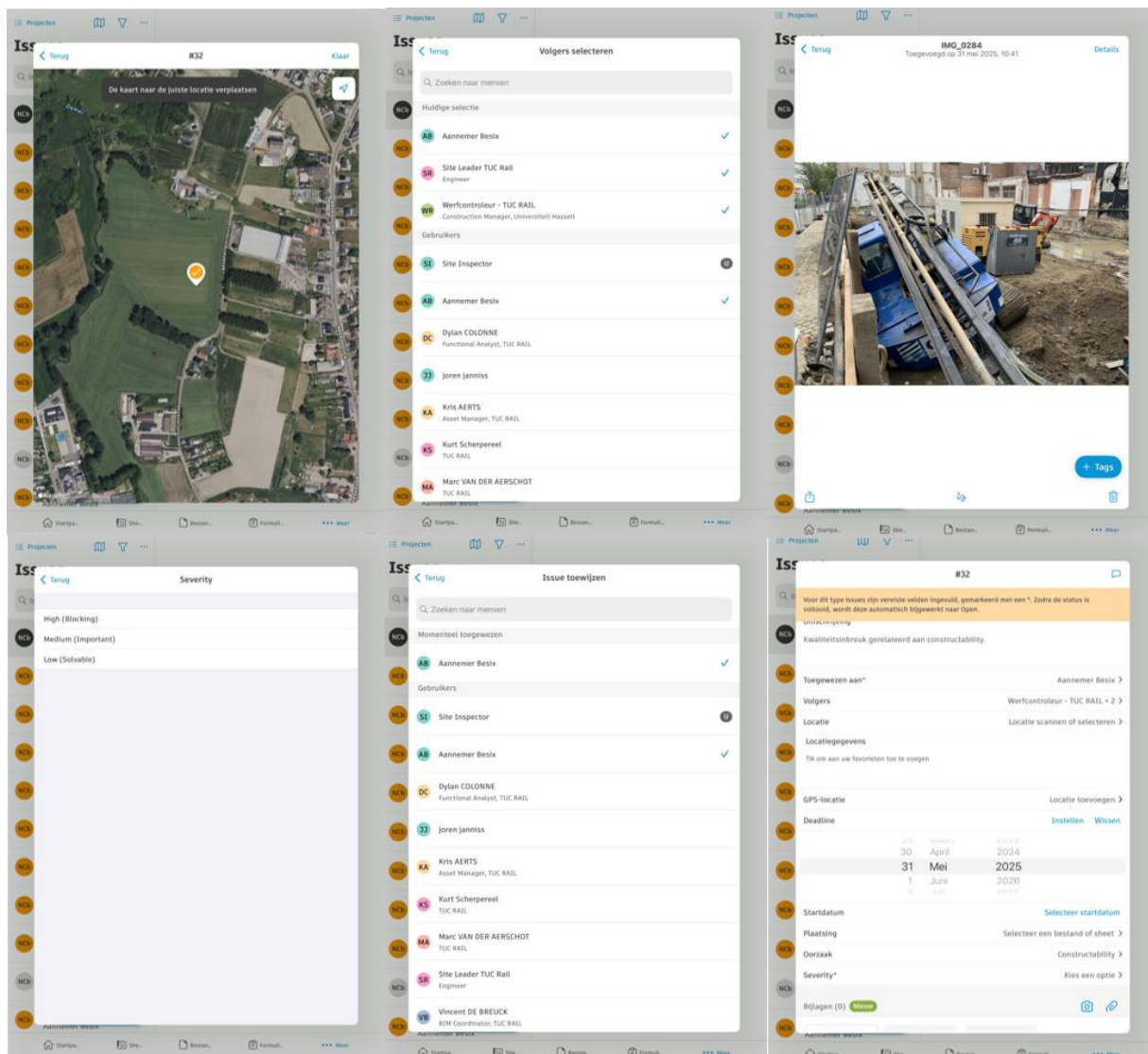
The screenshot shows a mobile application interface for creating a Non-Conformity (NCF) report. The form is titled "NCF_Constructability" and is identified by "#32". A yellow banner at the top states: "Voor dit type issues zijn vereiste velden ingevuld, gemarkeerd met een *. Zodra de status is voltooid, wordt deze automatisch bijgewerkt naar Open." The form fields include:

- Status:** Set to "Concept".
- Type:** Set to "Non-Conformity (blocking)".
- Omschrijving:** "Kwaliteitsinbreuk gerelateerd aan constructability."
- Toegewezen aan*:** A field for assigning responsibility.
- Volgers:** "Werfcontroleur - TUC RAIL + 1".
- Locatie:** "Locatie scannen of selecteren".
- Locatiegegevens:** "Tik om aan uw favorieten toe te voegen".
- GPS-locatie:** "Locatie toevoegen".
- Deadline:** "Deadline selecteren".
- Startdatum:** "Selecteer startdatum".
- Plaatsing:** "Selecteer een bestand of sheet".
- Oorzaak:** "Constructability".
- Severity*:** "Kies een optie".
- Aannemer desix:** A field for the contractor.

The bottom navigation bar includes icons for "Startpagina", "Sheets", "Bestanden", "Formulieren", and "Meer".

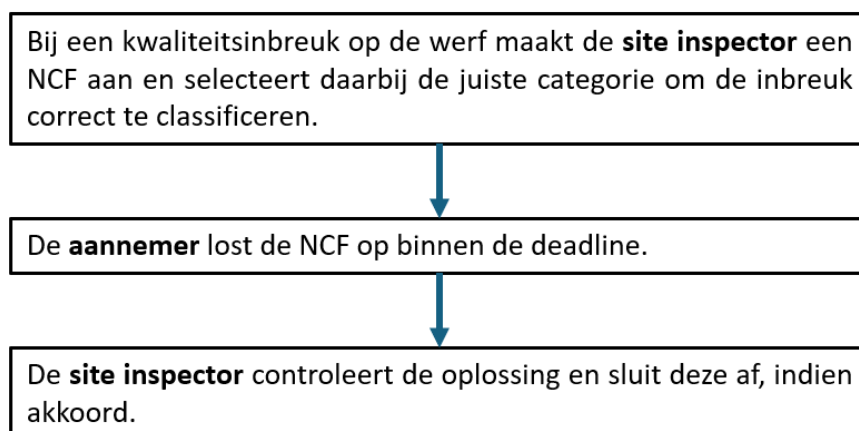
Figuur 21: Aangemaakt NCF

Hierin werden GPS-locatie, volgers, visuele bijlagen en ernst van het probleem geregistreerd. Deze NCF werd toegewezen aan de verantwoordelijke aannemer, met een deadline voor correctie. Deze functionaliteiten zijn op onderstaande Figuur 22 en in Bijlage C weergegeven.



Figuur 22: Functionaliteiten NCF

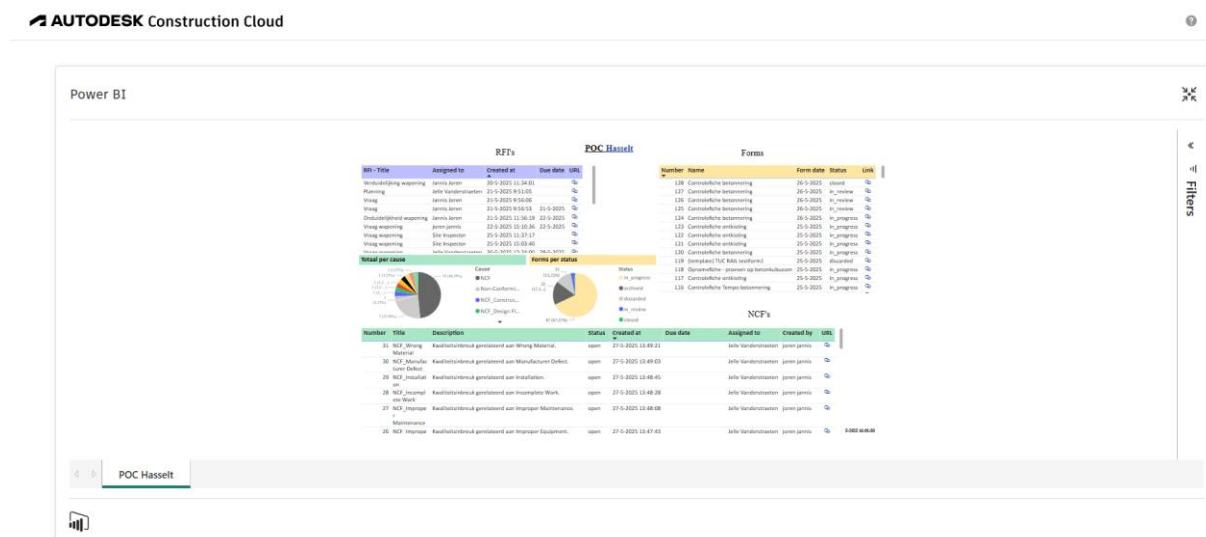
Na uitvoering van de corrigerende maatregel volgde een hercontrole en werd de issue, indien goedgekeurd, afgesloten binnen het platform. Deze flow is weergegeven op onderstaande Figuur 23.



Figuur 23: Flow NCF

3.3.2 Visualisatie in Power BI

De relevante gegevens van de werf in de Boomstraat, die via ACC zijn verzameld, zijn geïntegreerd en gevisualiseerd in Power BI. De site leader heeft toegang tot deze gegevens op zijn dashboard. Dit dashboard biedt een actueel inzicht in belangrijke indicatoren zoals kwaliteitscontroles, meldingen van non-conformiteiten en de opvolging van openstaande RFI's. Figuur 24 en Bijlage D geven het gerealiseerde Power BI-model weer, geïntegreerd in het beginscherm van ACC.



Figuur 24: Power BI-model

De volgende onderdelen beschrijven welke gegevens en rapportages in het Power BI-model zijn opgenomen. Ze zijn telkens opgedeeld per functionaliteit binnen ACC, zoals formulieren, RFI's en NCF's.

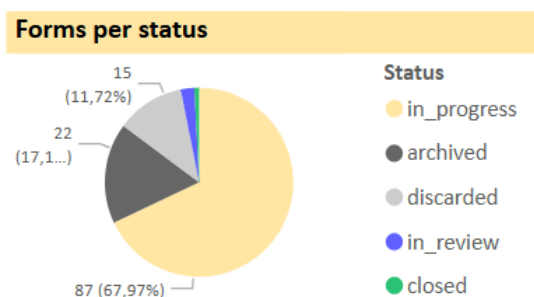
3.3.2.1 Formulieren

In Tabel 1 worden alle aangemaakte formulieren weergegeven, inclusief volgnummer, de titel, de datum van aanmaak, de huidige status en een directe link naar het bijbehorende formulier in ACC.

Tabel 1: Formulierenweergave in Power BI-model

Number	Name	Form date	Status	Link
128	Controlefiche betonnering	26-5-2025	closed	Link
127	Controlefiche betonnering	26-5-2025	in_review	Link
126	Controlefiche betonnering	26-5-2025	in_review	Link
125	Controlefiche betonnering	26-5-2025	in_review	Link
124	Controlefiche betonnering	26-5-2025	in_progress	Link
123	Controlefiche ontlasting	25-5-2025	in_progress	Link
122	Controlefiche ontlasting	25-5-2025	in_progress	Link
121	Controlefiche ontlasting	25-5-2025	in_progress	Link
120	Controlefiche betonnering	25-5-2025	in_progress	Link
119	(template) TUC RAIL testForm1	25-5-2025	discarded	Link
118	Opnamefiche - proeven op betonkubussen	25-5-2025	in_progress	Link
117	Controlefiche ontlasting	25-5-2025	in_progress	Link
116	Controlefiche Tempo betonnering	25-5-2025	in_progress	Link

Daarnaast werd een diagram ontwikkeld waarin het aantal aangemaakte formulieren per status wordt weergegeven (Figuur 25). Dit diagram biedt een visueel overzicht van de verdeling tussen formulieren die bijvoorbeeld nog in behandeling zijn, goedgekeurd of afgewezen werden.



Figuur 25: Formulierendiagram in Power BI-model

3.3.2.2 RFI's

In onderstaande Tabel 2 wordt per RFI de titel, de toegewezen verantwoordelijke persoon, de aanmaakdatum en de uiterste indieningsdatum weergegeven. Daarnaast bevat de tabel een directe link naar het betreffende RFI-document in ACC.

Tabel 2: RFI-weergave in Power BI model

RFI - Title	Assigned to	Created at	Due date	URL
Verduidelijking wapening	Jannis Joren	20-5-2025 11:34:01		Link
Planning	Jelle Vanderstraeten	21-5-2025 9:51:05		Link
Vraag	Jannis Joren	21-5-2025 9:56:06		Link
Vraag	Jannis Joren	21-5-2025 9:56:53	21-5-2025	Link
Onduidelijkheid wapening	Jannis Joren	21-5-2025 11:56:19	22-5-2025	Link
Vraag wapening	joren jannis	22-5-2025 15:10:36	22-5-2025	Link
Vraag wapening	Site Inspector	25-5-2025 11:37:17		Link
Vraag wapening	Site Inspector	25-5-2025 15:03:40		Link
Vraag wapening	Jelle Vanderstraeten	26-5-2025 12:24:00	28-5-2025	Link

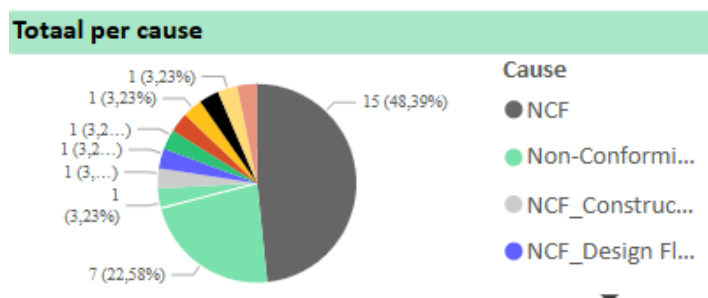
3.3.2.3 NCF's

Voor de kwaliteitsinbreuken werd een tabel en diagram gevisualiseerd. In Tabel 3, hieronder weergegeven, word per item het aanmaaknummer, de titel, een beschrijving, de huidige status, de aanmaakdatum, de opgelegde oplosdatum, de toegewezen verantwoordelijke, de opsteller en een directe link naar de non-conformiteit in ACC weergegeven.

Tabel 3: NCF-weergave in Power BI model

Number	Title	Description	Status	Created at	Due date	Assigned to	Created by	URL
31	NCF_Wrong Material	Kwaliteitsinbreuk gerelateerd aan Wrong Material.	open	27/05/2025 13:49:21		Jelle Vanderstraeten	joren jannis	Link
30	NCF_Manufacturer Defect	Kwaliteitsinbreuk gerelateerd aan Manufacturer Defect.	open	27/05/2025 13:49:03		Jelle Vanderstraeten	joren jannis	Link
29	NCF_Installation	Kwaliteitsinbreuk gerelateerd aan Installation.	open	27/05/2025 13:48:45		Jelle Vanderstraeten	joren jannis	Link
28	NCF_Incomplete Work	Kwaliteitsinbreuk gerelateerd aan Incomplete Work.	open	27/05/2025 13:48:28		Jelle Vanderstraeten	joren jannis	Link
27	NCF Improper Maintenance	Kwaliteitsinbreuk gerelateerd aan Improper Maintenance.	open	27/05/2025 13:48:08		Jelle Vanderstraeten	joren jannis	Link
26	NCF Improper Equipment	Kwaliteitsinbreuk gerelateerd aan Improper Equipment.	open	27/05/2025 13:47:43		Jelle Vanderstraeten	joren jannis	Link

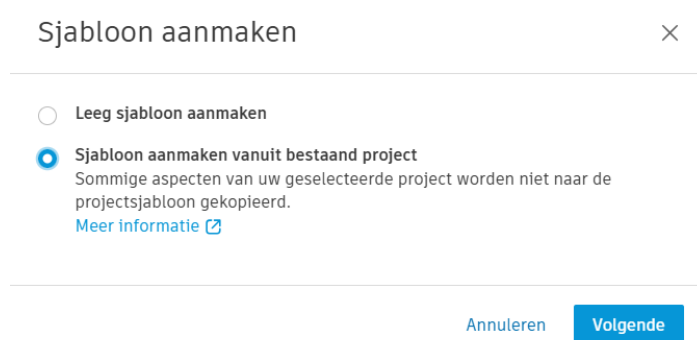
Het diagram (Figuur 26) laat de NCF's zien per oorzaakscategorie. In deze visualisatie worden deze ingedeeld op basis van de vastgestelde oorzaak, zoals bijvoorbeeld verkeerd materiaal, foutieve installatie of een ontwerpfout. Dit diagram maakt het mogelijk om in één oogopslag te zien welke oorzaken het meest voorkomen.



Figuur 26: NCF-diagram

3.4 Implementatie voor meerdere projecten

Na de ontwikkeling van het project voor de werf in Bilzen werd onderzocht in welke mate Autodesk Construction Cloud en Power BI schaalbaar zijn naar andere werven. Binnen ACC werd hiervoor gebruikgemaakt van projecttemplates: gestandaardiseerde sjablonen waarin de volledige projectstructuur, zoals de mappenindeling, toegangsrechten, rollen en vooraf ingestelde workflows, is vastgelegd. Zoals geïllustreerd in Figuur 27 kunnen teams hiermee snel nieuwe werven opzetten en zorgen voor consistentie in kwaliteits- en beoordelingsflows. Bovendien kunnen deze templates eenvoudig worden aangepast aan project-specifieke behoeften, bijvoorbeeld door het toevoegen van extra issue-types, rollen of machtigingen, zodat elk project voldoet aan de organisatiepraktijken.



Figuur 27: Aanmaak van project-sjabloon

Binnen deze projecttemplates kunnen ook formulieren worden opgeslagen, zodat controlefiches, NCF's en RFI's slechts één keer ontworpen hoeven te worden en daarna geïmporteerd kunnen worden in nieuwe projecten.

Power BI ondersteunt deze standaardisatie verder met dashboards die projectonafhankelijk werken. Door account-templates te gebruiken in het BI-model, kunnen visualisatiemodellen worden ontwikkeld die data uit meerdere projecten combineren. Zo ontstaan uniforme analyses en rapportages die gegevens van verschillende werven vergelijkbaar maken.

4.Resultaten en bespreking

4.1 Resultaat van de applicatie

De ontwikkelde digitale applicatie in Autodesk Construction Cloud heeft een bijdrage geleverd aan het digitaliseren en optimaliseren van de werfprocessen bij TUC RAIL. Deze applicatie vervangt grotendeels de papieren processen en versnipperde Excel-sheets die voorheen werden gebruikt, en biedt een geïntegreerde, gebruiksvriendelijke oplossing voor alle betrokken partijen. In de volgende alinea's worden de belangrijkste functionaliteiten en resultaten samengevat.

De applicatie maakt het mogelijk om controlefiches, die traditioneel op papier werden ingevuld, volledig digitaal af te handelen. Site inspectors kunnen via interactieve formulieren stoppunten in het bouwproces vastleggen. Elk stoppunt is gekoppeld aan een specifiek bouwonderdeel (Asset) binnen ACC. Hierdoor ontstaat een centrale en overzichtelijke administratie van kwaliteitscontroles, inclusief digitale ondertekening door zowel de site inspector als de aannemer. Deze digitalisering vermindert de administratieve last doordat stappen zoals het inscannen en het opstellen van e-mails voor ondertekeningen niet langer nodig zijn. Daarnaast verkleint het de kans op fouten die ontstaan bij het handmatig verspreiden van documenten, doordat de applicatie automatisch de juiste gegevens naar de betrokken personen stuurt.

Ook het beheer en de goedkeuring van documenten is verbeterd doordat het duidelijk is welke documenten al geëvalueerd zijn. Aannemers kunnen hun documenten uploaden via een vooraf ingestelde uploadzone, waarna deze via een goedkeuringsflow automatisch wordt toegewezen aan de bevoegde medewerkers voor beoordeling. Hierna worden deze opgeslagen in de juiste map. Dankzij dit transparant proces is het altijd duidelijk welke documenten actueel en goedgekeurd zijn.

De implementatie van RFI's en NCF's in de applicatie zorgt voor een vlottere communicatie tussen de projectpartners. De applicatie voorziet in een efficiëntere manier om technische vragen op de werf te behandelen via de RFI-functionaliteit. Doordat de functionaliteit het mogelijk maakt om vragen visueel te verduidelijken met annotaties of foto's, die vervolgens automatisch naar de juiste verantwoordelijke worden doorgestuurd. Eveneens bij kwaliteitsproblemen, kan de site inspector via een gestandaardiseerd sjabloon een non-conformiteit registreren. Hierbij worden relevante gegevens, zoals oorzaakcategorie, locatie, verantwoordelijke aannemer en deadline voor correctie, vastgelegd. Dankzij de automatische toewijzing en digitale opvolging is er altijd zicht op de status van meldingen en de voortgang van de corrigerende acties.

Alle gegevens die tijdens de werfprocessen in ACC worden verzameld, zoals controlefiches, RFI's, NCF's en documenten, worden dagelijks automatisch geëxporteerd naar Power BI. Hierdoor beschikt de site leader over een realtime dashboard waarin de voortgang en kwaliteit van de werfactiviteiten helder in beeld zijn. Zo kan hij of zij sneller inspelen op eventuele afwijkingen en proactief bijsturen, zonder

tijd te verliezen aan het opzoeken van verspreide gegevens in verschillende kanalen. Belangrijke indicatoren, zoals de status van formulieren, het aantal openstaande RFI's en de verdeling van NCF's per oorzaakcategorie, worden hierdoor overzichtelijk weergegeven.

Het gebruik van projecttemplates binnen ACC maakt het mogelijk om de ontwikkelde structuur en workflows eenvoudig toe te passen op andere, soortgelijke projecten. Dit betekent dat de digitale workflows niet beperkt zijn tot de proefwerf in Bilzen, maar snel uitgerold kunnen worden naar andere werven binnen TUC RAIL. Power BI ondersteunt deze schaalbaarheid door gebruik te maken van account-templates, waarmee data van meerdere werven gecombineerd en vergeleken kan worden.

Door alle functies samen te brengen in één digitaal platform, ontstaat een centrale plek waar alle betrokkenen op een gestructureerde manier kunnen samenwerken. De applicatie zorgt er eveneens voor dat de traceerbaarheid van gegevens daardoor verbetert, door de verspreiding onder meerdere kanalen tegen te gaan. Bovendien worden medewerkers minder afhankelijk van handmatige procedures en tijdrovende communicatie, waardoor de efficiëntie en betrouwbaarheid toenemen.

4.2 Bedenkingen

Een belangrijke vraag bij de implementatie van een digitale oplossing zoals Autodesk Construction Cloud is of aannemers verplicht kunnen worden om dit systeem te gebruiken. In theorie kan TUC RAIL het gebruik van ACC afdwingen via het bestek of via contractuele voorwaarden, waardoor de aannemer verplicht is om zijn documenten en communicatie via het platform te beheren. Het is belangrijk om digitale samenwerking al vanaf de projectstart expliciet te maken, bijvoorbeeld tijdens een opstartvergadering waarin de digitale werkwijze wordt toegelicht. Daarnaast kan TUC RAIL inzetten op opleiding en technische ondersteuning om aannemers mee te nemen in de digitale transitie.

Het gebruik van de applicatie vereist enige technische kennis. Dit kan mogelijk lastig zijn voor werknemers die hier niet in thuis zijn. Daarom is een grondige uitleg en introductie van de toepassingen binnen de applicatie noodzakelijk. In het beste geval is er steeds iemand beschikbaar met brede kennis van de applicatie, zodat bij fouten snel kan worden ingegrepen. Dit omdat sommige verkeerd ingeleverde documenten nadien niet meer aangepast kunnen worden.

In het onderzoek wordt er gebruik gemaakt van maar één applicatie voor het uitvoeren van de werfprocessen. Dit brengt echter het risico van vendor lock-in met zich mee. Vendor lock-in betekent dat men sterk afhankelijk wordt van één specifieke softwareleverancier of platform, waardoor overstappen naar een andere oplossing moeilijk, tijdrovend of kostbaar kan worden. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren doordat de dataformaten, workflows of integraties specifiek zijn afgestemd op ACC, waardoor migratie naar een ander platform extra inspanning en investeringen vereist.

De applicatie is ontwikkeld met behulp van low-code technologie, wat betekent dat de mogelijkheden tot maatwerk beperkt zijn. Wanneer bepaalde functionaliteiten ontbreken, is het niet mogelijk om deze er zelf bij te programmeren. In zulke gevallen zijn integraties met andere software noodzakelijk, wat kan leiden tot dataspreiding en een minder centrale gegevensopslag.

4.3 Toekomstig gebruik voor meerdere werfprocessen binnen TUC RAIL?

Het onderzoek toont aan dat een generieke projecttemplate in grote lijnen volstaat voor de implementatie op andere werven van TUC RAIL, aangezien voor de controle van bouwkundige kunstwerken een uniform controleplan wordt gehanteerd. Dankzij de sjablonen en standaardstructuren van ACC kunnen nieuwe projecten vlot worden opgestart met een vooraf gedefinieerde set controleformulieren, Assets en rapportages. Toch blijft aanvullende begeleiding noodzakelijk, vooral bij de integratie van de werfplanning en andere projectspecifieke elementen. De ervaring op de werf in Bilzen bevestigt dat lokale ondersteuning essentieel is, met name voor het correct configureren van de werkomgeving en het begeleiden van de gebruikers. Daarom is het aan te raden om bij elke nieuwe implementatie een digitale werfcoördinator aan te stellen. Deze persoon is verantwoordelijk voor de initiële set-up van het systeem, de ondersteuning van de gebruikers en de kwaliteitscontrole van de ingevoerde data.

Verder kan, bij de gelijktijdige uitvoering van meerdere projecten, een overkoepelend dashboard in Power BI worden opgezet. Dit vergroot de mogelijkheden voor projectopvolging en rapportering op bedrijfsniveau, doordat meerdere werven op een overzichtelijke en vergelijkbare manier kunnen worden gemonitord.

Uit de resultaten blijkt dat de ontwikkelde applicatie breed inzetbaar is voor andere projecten binnen TUC RAIL. Door gebruik te maken van gestandaardiseerde templates voor controlefiches, RFI's en NCF's kan het systeem eenvoudig worden uitgerold naar andere werven, waardoor een uniforme werkwijze over verschillende projecten heen wordt gegarandeerd.

4.4 Gebruikersfeedback

Voor de evaluatie van de applicatie is er feedback gevraagd aan betrokken medewerkers van TUC RAIL op de werf in Bilzen. Hier kwam de volgende reactie op:

De ontwikkeling van deze applicatie is een meerwaarde voor TUC RAIL. Dit is een volgende stap in het digitaliseren van processen, zoals ook eerder binnen TUC RAIL werd doorgevoerd met betrekking tot het dagboek der werken (applicatie Journal of Works).

Tot voor de ontwikkeling van deze applicatie, werd het kwaliteitsplan ter opvolging van de werken, samen met zeer veel controlefiches, als bijlage toegevoegd aan het bestek.

Dit vormde een kluwen van Excel-lijsten en PDF-bestanden die het overzicht voor een kwalitatieve werfopvolging vertroebelde.

Met de ontwikkeling van deze applicatie is een eerste stap gezet om de werfteams van TUC RAIL toe te laten om digitaal, en efficiënt op de werf deze kwaliteitscontroles uit te voeren, en hiervoor via het portaal in direct contact te staan met de aannemer. Het toevoegen van goedgekeurde plannen en technische fiches, de mogelijkheid tot aanduiden van opmerkingen op de plannen, het toevoegen van foto's, en het integreren van de planning zijn hierbij nog eens extra toevoegingen op het reeds bestaande systeem.

5. Besluit

De scriptie beschrijft een onderzoek naar de digitalisering van werfprocessen binnen TUC RAIL met behulp van Autodesk Construction Cloud en Microsoft Power BI. De centrale onderzoeksvraag was of en hoe deze tools konden bijdragen aan een verbeterde kwaliteits- en veiligheidsopvolging zonder afhankelijkheid van een IT-afdeling.

Uit de uitvoering blijkt dat de ontwikkelde digitale applicatie inderdaad een meerwaarde biedt: papieren processen en statische Excel-bestanden zijn succesvol omgezet naar een gebruiksvriendelijke digitale workflow. Hierdoor zijn controlefiches, documentbeheer en communicatie over werfincidenten gedigitaliseerd, met duidelijke voordelen zoals verminderde administratieve last, foutreductie, betere traceerbaarheid en snellere rapportage. De applicatie is bovendien zo ontworpen dat medewerkers zelf data kunnen verzamelen, analyseren en rapporteren, wat de zelfstandigheid van de site inspectors en site leaders vergroot.

De doelstellingen zoals geformuleerd in de inleiding zijn behaald:

- Digitalisering van werfcontroles in Bilzen: Alle noodzakelijke controlefiches zijn succesvol omgezet naar digitale formulieren en geïntegreerd in de applicatie, waardoor de werf digitaal kon worden opgevolgd;
- Actief gebruik op de werf: De applicatie werd effectief ingezet op de werf in Bilzen en ondersteunt de dagelijkse activiteiten van zowel site inspectors als aannemers;
- Data-integratie en rapportage: Data wordt correct en up-to-date verwerkt in een centrale database, en de rapportage in Power BI voldoet aan de eisen van TUC RAIL.

Daarnaast werd de schaalbaarheid naar andere werven onderzocht. De implementatie via projecttemplates maakt het mogelijk om de oplossing eenvoudig uit te rollen naar toekomstige projecten. Wel is aanvullende begeleiding nodig, met name voor de correcte opzet van de werkomgeving en het trainen van gebruikers.

Kanttekeningen zijn er ook: het gebruik van één specifiek platform brengt een risico op vendor lock-in met zich mee. Daarnaast vereist het gebruik van de applicatie enige digitale vaardigheid, wat betekent dat gebruikers goed moeten worden begeleid en ondersteund. Ook is het maatwerk beperkt door de low-code benadering.

Samengevat kan worden gesteld dat de digitalisering van de werfprocessen met ACC en Power BI succesvol is gebleken en bijdraagt aan een efficiëntere en betrouwbaardere werfopvolging bij TUC RAIL. De vooropgestelde doelstellingen zijn dus ruimschoots behaald, en het project vormt een solide basis voor verdere implementatie en uitbreiding binnen de organisatie.

5.1 Mogelijkheden voor verder onderzoek

Enkele onderwerpen die de onderzoekers aanbevelen voor vervolgonderzoek zijn:

- Uniforme projectstructuren: Hoewel Autodesk Construction Cloud gestandaardiseerde sjablonen ondersteunt, is er behoefte aan diepgaand onderzoek naar de manier waarop die uniformiteit kan worden geborgd op niet enkel bouwkundige kunstwerken maar gehele werfprojecten. Hierbij kan onderzocht worden hoe workflows, rechtenstructuren en documentbeheer op een consistente manier kunnen worden uitgerold over verschillende projecttypes;
- Data-analyse op bedrijfsniveau: Het combineren van gegevens uit meerdere projecten in overkoepelende Power BI-dashboards. Verdere studie kan zich eveneens richten op uitgebreidere data-integratie en visualisatie in Power BI;
- Gebruikservaring bij andere aannemers of stakeholders: De implementatie van ACC kan variëren afhankelijk van de digitale maturiteit van de verschillende partijen. De gebruikservaring bij externe partners en aannemers onderzoeken bij bijvoorbeeld aannemers die minder vertrouwd zijn met digitale tools;
- Integratie van BIM-functionaliteiten: De mogelijkheden rond BIM-integratie binnen ACC zijn veelbelovend. Hierbij kan worden onderzocht hoe deze in de context van werven bij TUC RAIL kunnen worden toegepast;
- Meetstaat en kostenbewaking: ACC biedt ook economische toepassing waarin de meetstaat kan worden bijgehouden en de kosten kunnen worden bewaakt. Hoewel dit aspect buiten de scope van dit onderzoek viel, vormt het een belangrijk aandachtspunt voor verder onderzoek.

Referentielijst

- [1]: D. Vararean-Cochisa, *The digital transformation of the construction industry: a review*, 2021. [Online]. Beschikbaar: https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=cdi_doaj_primary_oai_doaj_org_article_494ef91fb26d49e5b166b37a5e94d5bd&context=PC&vid=32KUL_KUL:KULeuven&lang=en&search_scope=All_Content&adaptor=Primo%20Central&tab=all_content_tab&query=any,contains,The%20Digital%20Transformation%20of%20the%20Construction%20Industry:%20A%20Review&offset=0. [Geraadpleegd: 2 juni 2025].
- [2]: C. Aigbavboa, *Towards a Sustainable Construction Industry: The Role of Innovation and Digitalisation: Proceedings of 12th Construction Industry Development Board (CIDB) Postgraduate Research Conference*, 2023. [Online]. Beschikbaar: https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=cdi_scopus_primary_2_s2_0_85206141620&context=PC&vid=32KUL_KUL:KULeuven&lang=en&search_scope=All_Content&adaptor=Primo%20Central&tab=all_content_tab&query=any,contains,Towards%20a%20sustainable%20construction%20industry:&offset=0&pcAvailability=false. [Geraadpleegd: 25 april 2025].
- [3]: TUC RAIL NV, "Ontwikkeling van een Power platform voor (werf-)controlefiches en/of safety- en kwaliteitsaudits, en uitwerken van een rapportering met Power BI," Masterproefinformatie, Brussel, België, z.d.
- [4]: TUC RAIL, *Wie zijn wij?*, TUC RAIL. [Online]. Beschikbaar: <https://www.tucrail.be/nl/wie-zijn-wij/>. [Geraadpleegd: 1 juni 2025].
- [5] VRT NWS, "Werkzaamheden aan overwegenproject Bilzen-Hoeselt zitten goed op schema," 22 februari 2025. [Online]. Beschikbaar: <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2025/02/22/werkzaamheden-aan-overwegenproject-bilzen-hoeselt-zitten-goed-op>. [Geraadpleegd: 2 juni 2025].
- [6] BESIX Infra, "BESIX en BESIX Infra starten werken voor de vervanging van overwegen in Bilzen." [Online]. Beschikbaar: <https://www.besixinfra.com/nl/news/besix-en-besix-infra-starten-werken-voor-de-vervanging-van-overwegen-in-bilzen>. [Geraadpleegd: 1 juni 2025].
- [7] Infrabel, "Bilzen: vernieuwingswerken aan de overwegen." [Online]. Beschikbaar: <https://infrabel.be/nl/bilzen>. [Geraadpleegd: 8 juni 2025].
- [8]: K. Jacobs, *Low code development platforms: A comparative study*, 2023. [Online]. Beschikbaar: https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=alma9994468672201488&context=L&vid=32KUL_KUL:KULeuven&lang=en&search_scope=All_Content&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=all_content_tab&query=any,contains,low%20code&offset=0. [Geraadpleegd: 20 april 2025].
- [9]: Microsoft, "Low-code and no-code development platforms," Microsoft Power Platform, [Online]. Beschikbaar: <https://www.microsoft.com/en-us/power-platform/products/power-apps/topics/low-code-no-code/low-code-no-code-development-platforms> [Geraadpleegd: 26 april 2025].

- [10]: M. Hermans and P. Mileff, "Introduction to Mendix," *Production Systems and Information Engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 64–84, 2023. [Online]. Beschikbaar: https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=cdi_proquest_journals_2922568162&context=PC&vid=32KUL_KUL:KULeuven&lang=en&search_scope=All_Content&adaptor=Primo%20Central&tab=all_content_tab&query=any,contains,mendix. [Geraadpleegd: 15 mei 2025].
- [11]: R. Martins, An overview on how to develop a low-code application using OutSystems, 2020. [Online]. Beschikbaar: https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=cdi_ieee_primary_9277404&context=PC&vid=32KUL_KUL:KULeuven&lang=en&search_scope=All_Content&adaptor=Primo%20Central&tab=all_content_tab&query=any,contains,outsystems&offset=0 [Geraadpleegd: 30 mei 2025].
- [12]: J. M. Rhodes, *Creating Business Applications with Microsoft 365: Techniques in Power Apps, Power BI, SharePoint, and Power Automate*, 2nd ed. Colorado Springs, CO, USA: Apress, 2022. [Online]. Beschikbaar: https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=alma9993171692501488&context=L&vid=32KUL_KUL:KULeuven&lang=en&search_scope=All_Content&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=all_content_tab&query=any,contains,microsoft%20power%20apps&offset=0 [Geraadpleegd: 4 mei 2025].
- [13]: Autodesk Construction Cloud Help," Autodesk Help, 2025. [Online]. Beschikbaar: <https://help.autodesk.com/view/BUILD/ENU/>. [Geraadpleegd: 27 april 2025].
- [14]: D. Ding, *Transitioning to Microsoft Power Platform: An Excel User Guide to Building Integrated Cloud Applications in Power BI, Power Apps, and Power Automate*, Apress, 2023. [Online]. Beschikbaar: https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=alma9993457381701488&context=L&vid=32KUL_KUL:KULeuven&lang=en&search_scope=All_Content&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=all_content_tab&query=any,contains,Power%20BI&offset=0 [Geraadpleegd: 25 mei 2025].
- [15]: D. Clark, *Beginning Microsoft Power BI: A Practical Guide to Self-Service Data Analytics*, 3e editie, Apress, 2020. [Online]. Beschikbaar: https://kuleuven.limo.libis.be/discovery/fulldisplay?docid=alma9992500266801488&context=L&vid=32KUL_KUL:KULeuven&lang=en&search_scope=All_Content&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=all_content_tab&query=any,contains,Beginning%20Microsoft%20Power%20BI&offset=0 [Geraadpleegd: 15 mei 2025].
- [16]: D. Harpur, "Autodesk Construction Cloud Case Study: Tim Kelly Group," *NTI Diatec*, Jun. 16, 2023. [Online]. Beschikbaar: <https://ntidiatec.com/blogs/case-study/autodesk-construction-cloud-case-study> [Geraadpleegd: 26 april 2025]
- [17]: Autodesk, "How a Simplified Tech Stack Improved Efficiency at John Holland Group," *Autodesk Construction Cloud*, 2024. [Online]. Beschikbaar: <https://construction.autodesk.com/resources/customer-success-stories/how-a-simplified-tech-stack-improved-efficiency-at-john-holland-group/> [Geraadpleegd: 3 april 2025]
- [18]: Autodesk, "Arcadis Transforms Site Inspections With Autodesk Build," *Autodesk Construction Cloud*, 2023. [Online]. Beschikbaar:

<https://construction.autodesk.com/resources/customer-success-stories/arcadis-transforms-site-inspections-with-autodesk-build/> [Geraadpleegd: 30 april 2025]

[19]: "Excel-bestand controleplan bouwkunde," intern document, TUC RAIL, Brussel, België, mei 2025.

Bijlagen

Bijlagenlijst:

Bijlage A: Technische uitwerking van de applicatie (User Manual)

Bijlage B: Bouwkundig controleplan

Bijlage C: Functionaliteiten NCF

Bijlage D: Power BI-model

Bijlage A: Technische uitwerking van de applicatie (User Manual)

User Manual: project “POC Hasselt”

Handleiding voor het technisch opzetten en beheren van de digitale projectomgeving in Autodesk Construction Cloud en Microsoft Power BI.

Inhoudsopgave

1. Inleiding
2. Projectsetup
3. Documentbeheer
4. Interactieve bouwtekeningen
5. Controleformulieren
6. Assetbeheer
7. Planning
8. Beheer van non-conformiteiten
9. RFI-proces
10. Rapportage via Power BI

1. Inleiding

In deze handleiding wordt stapsgewijs uitgelegd hoe een digitale projectomgeving wordt opgezet en beheerd binnen de software. Het document is bedoeld voor projectmedewerkers die verantwoordelijk zijn voor het opzetten, beheren en onderhouden van projectdocumenten, workflows en rapportages.

Doel:

- Professionaliseren en structureren van projectprocessen;
- Centraliseren van documenten, Assets en workflows;
- Realiseren van heldere rapportages;
- Verbeteren van samenwerking tussen projectleden.

2. Projectsetup

2.1 Aanmelden en project aanmaken

Navigeer naar de inlogpagina van Autodesk Construction Cloud en meld je aan met je Autodesk-account.

Klik op “Nieuw project aanmaken” en vul alle relevante projectgegevens in (projectnaam, locatie, startdatum, contactpersonen).

Bevestig door op “Project maken” te klikken.

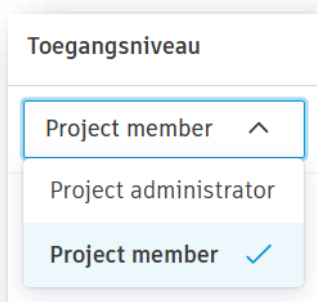
2.2 Rollen en rechten toewijzen

Ga naar het tabblad “Project Admin” en klik op “Deelnemers”.

Klik op “Deelnemer toevoegen” en voeg de Autodesk-accounts toe van de teamleden.

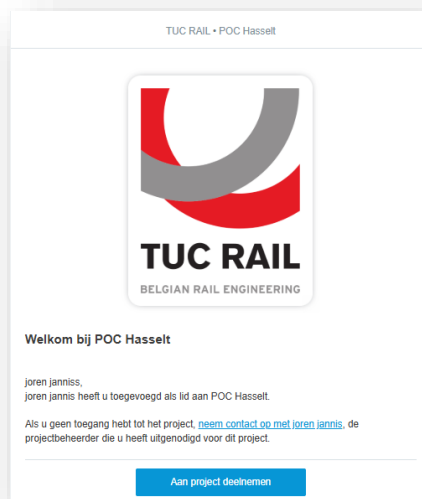
Ken de juiste rol toe (Figuur 1):

- Project Administrator: voor kernteamleden (maximale toegangsrechten).
- Project Member: voor overige deelnemers (beperkte rechten).



Figuur 1: Toegangsniveau – Rollen

De uitnodiging wordt automatisch verstuurd per e-mail (Figuur 2).



Figuur 2: Automatische uitnodiging – E-mail

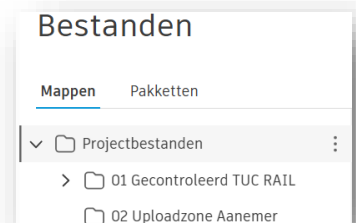
3. Documentbeheer

3.1 Structuur opzetten

Navigeer naar “Build” en selecteer “Bestanden”.

Klik op “Submap toevoegen” en maak de hoofdmappen aan (Figuur 3):

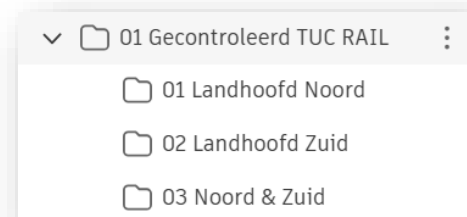
- 01 Gecontroleerd TUC RAIL
- 02 Uploadzone Aannemer



Figuur 3: Aangemaakte hoofdmappen - Bestanden

Maak binnen “01 Gecontroleerd TUC RAIL” submappen aan per projectonderdeel (Figuur 4):

- 01 Landhoofd Noord
- 02 Landhoofd Zuid
- 03 Noord en Zuid



Figuur 4: Aangemaakt submappen - Bestanden

3.2 Bestanden uploaden

Klik op de gewenste submap en selecteer “Bestanden uploaden”.

Upload alle essentiële documenten en voeg de correcte naamgeving en versies toe.

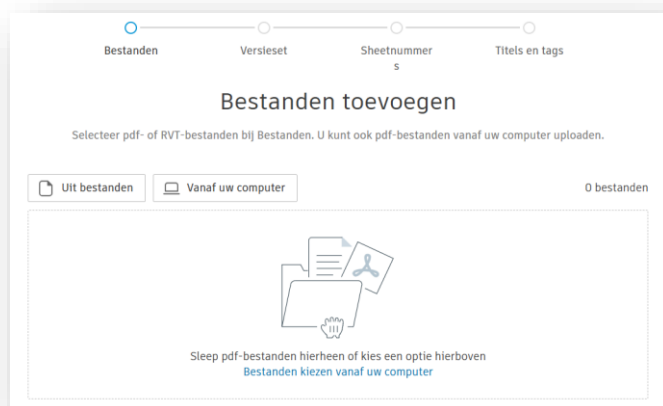
4. Interactieve bouwtekeningen

4.1 Conversie naar Sheets

Ga naar de “Sheets”-sectie in “Build”.

Klik op “Sheets toevoegen” en selecteer de te converteren bestanden (Figuur 5).

Ken een versieset, sheetnummer en titel toe. Voeg tags toe voor herkenbaarheid.



Figuur 5: Uploadzone – Bestanden

Klik op “Sheets publiceren” om de documenten beschikbaar te maken voor alle teamleden.

5. Controleformulieren

5.1 Templates aanmaken

Ga naar “Build”, kies “Formulieren” en klik op “Templates”.

Klik op “Aanmaken” en selecteer “Upload een bestaand PDF-formulier”.

Voeg een naam en type toe aan het template, gebaseerd op het controlefiche (Figuur 6).

STAP 3 VAN 4
Uw formuliersjabloon instellen

Naam formuliersjabloon

Sjabloontype
Selecteer een type ▼

Formulieronderdelen

Weer

☐ Voeg automatisch weer gebaseerd op uw projectadres toe

Opmerkingen

☐ Neem een opmerkingsveld op aan de onderzijde van elk formulier

TUC RAIL		CONTOLEFICHE	
SECURITEIT RAIL ENGINEERING		Controlefiche waterdichting	
DETAILS		SPECIFIEKE INFORMATIE	
FC	FC Beton	Opdracht	142309
W	FC Waterdichting OS	Kunstwerk	
		Deel kunstwerk	
REFERENTIEDOCUMENTEN		Document	
		Plans	
OPMERKINGEN			
Controle van het draagvlak		Beschrijving / Type	OK geweldig
Zuiverheid van het draagvlak			
Voorbehandeling draagvlak			
Primer		OK	geweldig
Product conform TIF			
Plaatting conform UPTIF			

TERUG Volgende

Figuur 6: Instellen van formuliersjabloon

Selecteer het samenwerkingsmodel: Sequentieel. Hierdoor kan het formulier doorverwezen worden naar andere personen (Figuur 7).

SAMENWERKINGSMODEL

Kies een samenwerkingsmodel

☐ Enkele bijdrager
Eén bijdrager maakt elk formulier en dient dit in.

☒ Sequentieel
De maker van het formulier bewerkt eerst het formulier en wijst het vervolgens toe aan andere editors. Slechts één editor kan het formulier tegelijkertijd invullen.

TERUG Volgende

Figuur 7: Samenwerkingsmodel formulier

Wijs bewerkings- en raadpleegrechten toe: alleen site inspector bewerken, anderen alleen raadplegen (Figuur 8).

Samenwerkingsmodel / Rechten

Machtigingen voor de workflow instellen ⓘ

Bewerken

Iedereen met bewerkingrechten kan formulieren maken en invullen.

Bedrijven, rollen of leden selecteren ▼

Beoordelen ⓘ Uit ☐

Bekijken

Iedereen met weergavemachtigingen kan ingediende formulieren bekijken en rapporten creëren met de gegevens die zij kunnen bekijken.

Bedrijven, rollen of leden selecteren ▼

☐ Geef kijkers de mogelijkheid om formulieren te zien voordat ze worden verzonden.

TERUG **Aanmaken**

Figuur 8: Instellen van formuliermachtigingen

Klik op “Aanmaken”.

Herhaal deze stappen voor alle controlefiches.

6. Assetbeheer

6.1 Structuur opzetten

Ga naar “Build” en open “Assets”.

Klik op “Instellingen” en daarna op “Assetcategorieën”.

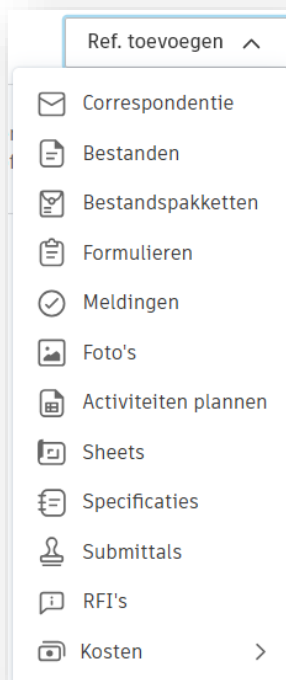
Maak een nieuwe bedrijfscategorie aan voor elk bouwdeel (bijvoorbeeld: Landhoofd Noord).

Voeg per categorie subcategorieën toe voor technische segmentatie (Figuur 9).

✓ 01-Noord	✓ Actief
> 01-Fundering	✓ Actief
> 02-Vloerplaat	✓ Actief
> 03-Landhoofd	✓ Actief
> 04-Wanden en kolommen	✓ Actief
> 05-Dakplaat	✓ Actief
> 06-Brugdek	✓ Actief
> 07-Vlotplaten	✓ Actief
Subcategorie van assets maken	

Figuur 9: Subcategorieën Assets

Klik op een aangemaakte Assetcategorie en selecteer “Referenties” om relevante bouwtekeningen te koppelen (Figuur 10).



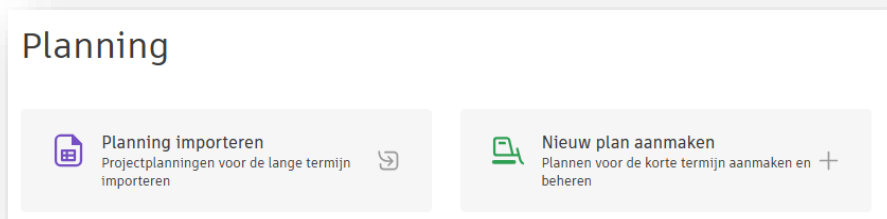
Figuur 10: Toevoeging van referenties aan Asset

7. Planning

7.1 Taken en subtaken toevoegen

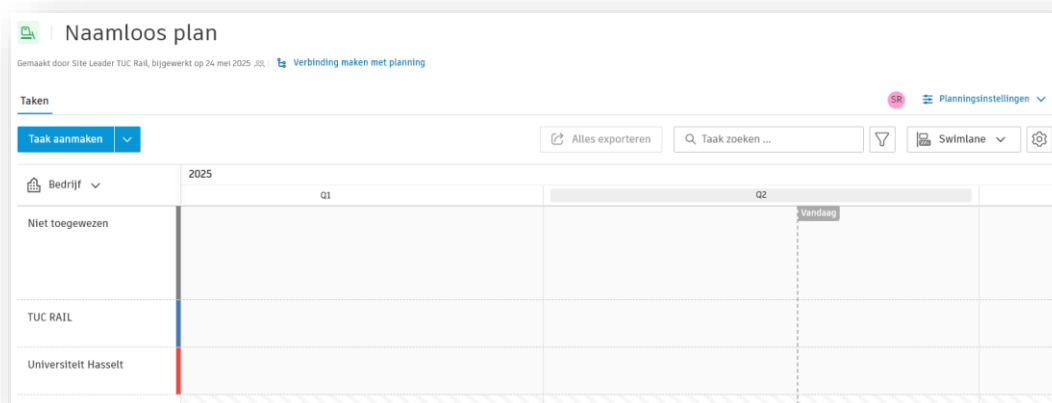
Open de “Planning”-sectie in “Build”.

Klik op “Nieuw plan aanmaken” en geef het plan een naam (Figuur 11). Er is de mogelijkheid om planningen te importeren vanuit andere software zoals Microsoft Project, Primavera P6 en Asta Powerproject.



Figuur 11: Aanmaken van nieuw plan

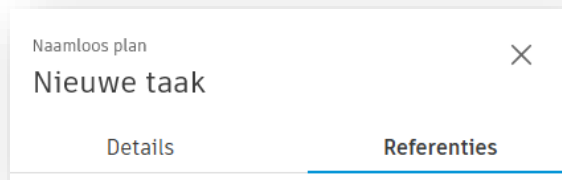
Voeg taken toe met start- en voltooidatum (Figuur 12).



Figuur 12: Toevoegen van taken aan het plan

Voeg eventueel subtaken toe door op “Subtaak toevoegen” te klikken.

Koppel Assets aan taken via “Referenties” (Figuur 13).



Figuur 13: Koppelen van Assets aan taken

8. Beheer van non-conformiteiten

8.1 Issues-template aanmaken

Open de “Issues”-module in “Build” en ga naar “Instellingen”.

Klik op “Issuetemplate aanmaken”.

Vul de titel, omschrijving en toegewezen partij in (bijvoorbeeld de aannemer) (Figuur 14).

Figuur 14: Aanmaken van Issuetemplate

Wijs volgers toe en definieer de verschillende mogelijke oorzaken.

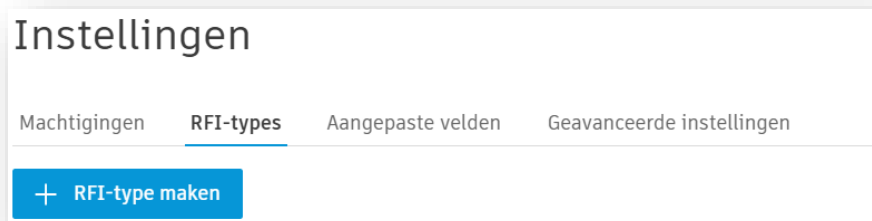
Klik op “Aanmaken”.

9. RFI-proces

9.1 RFI-template instellen

Navigeer naar “Build” > “RFI’s” > “Instellingen”.

Klik op “RFI-type maken” (Figuur 15).



Figuur 15: Aanmaken van RFI-type

Vul de titel, workflowtype, beoordelaar en manager in (Figuur 16).

Figuur 16: RFI-type instellen

Voeg de mogelijke categorieën toe.

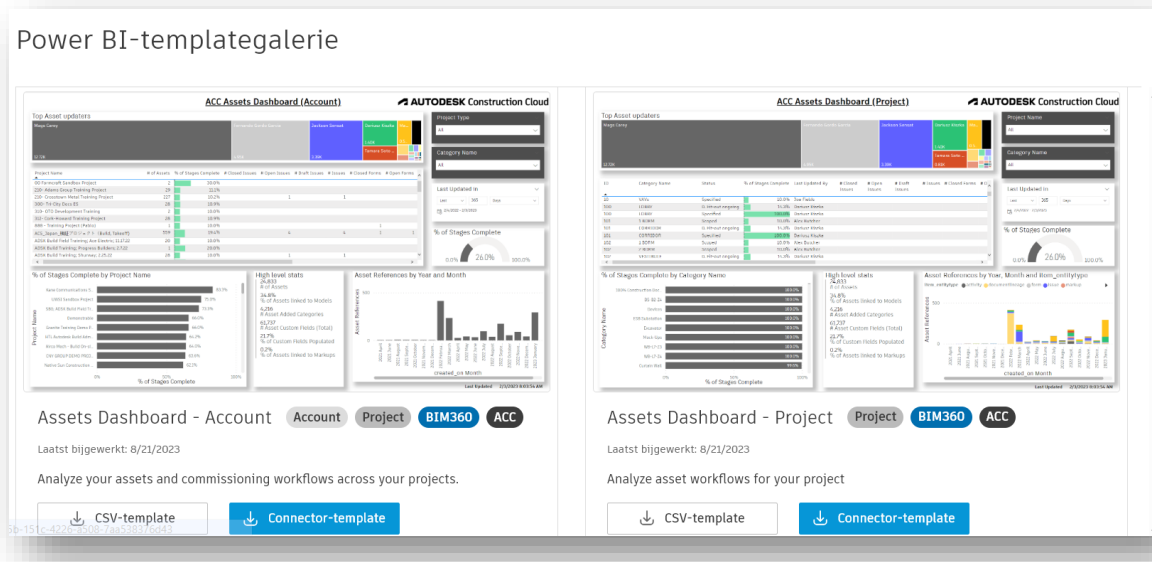
Klik op “Aanmaken”.

10. Rapportage via Power BI

10.1 Data koppelen en rapporteren

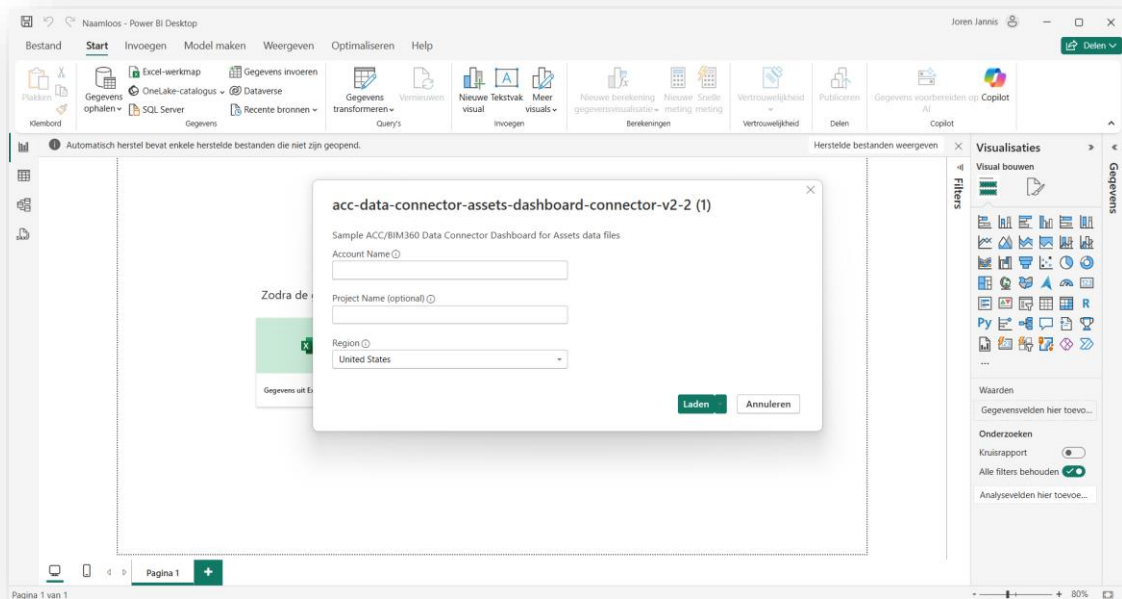
Ga naar “Insight” en open “Dataconnector”.

Selecteer “Power BI-templates” en download het gewenste template (Figuur 17).



Figuur 17: Downloadbare Power BI-templates

Open het template in Power BI desktop en vul de projectgegevens in (Projectnaam, regio, account) (Figuur 18). Zodat de gegevens vanuit het ACC-project gelinkt worden aan het Power BI-model.



Figuur 18: Invullen van projectgegevens ACC

Creëer een werkrumte in Power BI-service (bijvoorbeeld “POC Hasselt”) (Figuur 19).

Een werkrumte maken

Naam *

Geef een naam op voor deze werkrumte

Beschrijving

Deze werkrumte beschrijven

Domein

Toewijzen aan een domein (optioneel)

Leer meer over werkrumte-instellingen

Installatiekopie van de werkrumte

Uploaden

Opnieuw instellen

Geavanceerd

Toepassen

Annuleren

Figuur 19: Instellen van werkrumte in Power BI-service

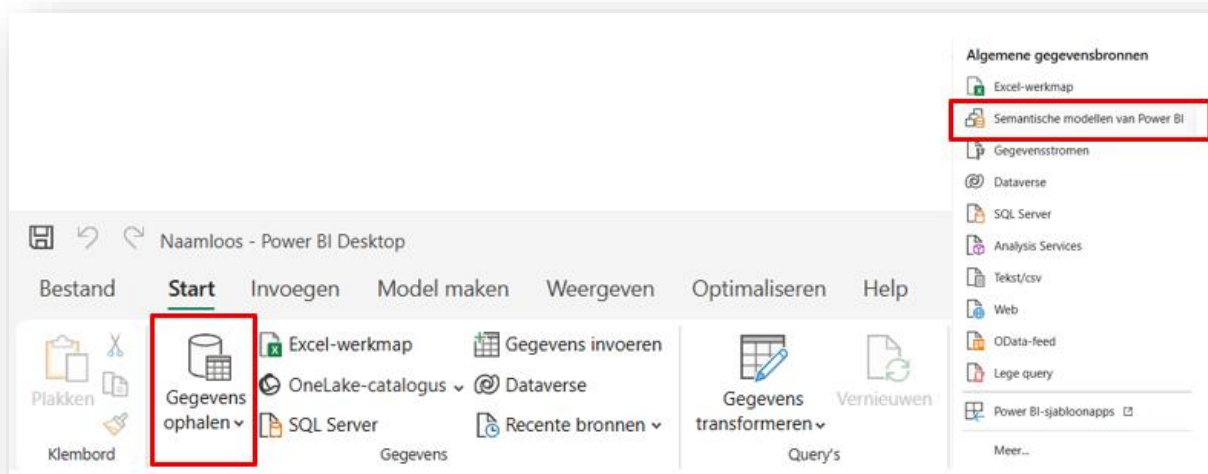
Publiceer het rapport naar deze Power BI-werkrumte.

Herhaal dit voor elke template waarvan de gegevens relevant zijn voor visualisatie.

74

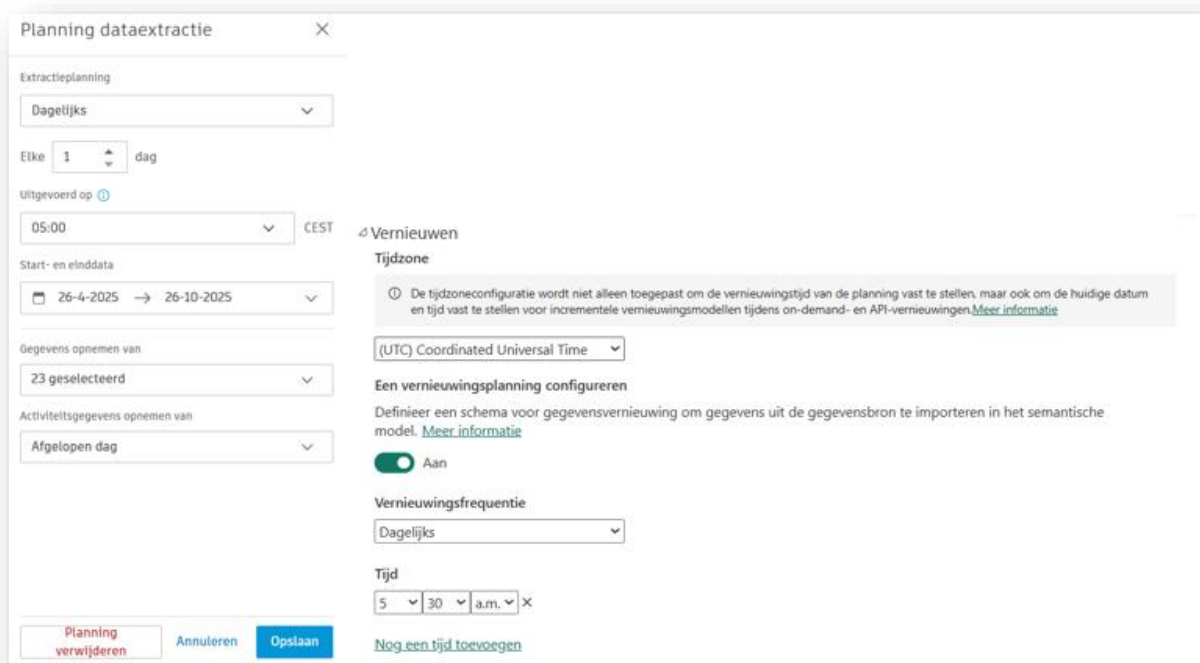
Maak een nieuw model in Power BI-desktop aan (bijvoorbeeld “POC Hasselt”).

Link de gegevens van de andere modellen via “Gegevens ophalen” > “Semantische modellen van Power BI”. Kies de werkruimte en verbind alle templates (Figuur 20).



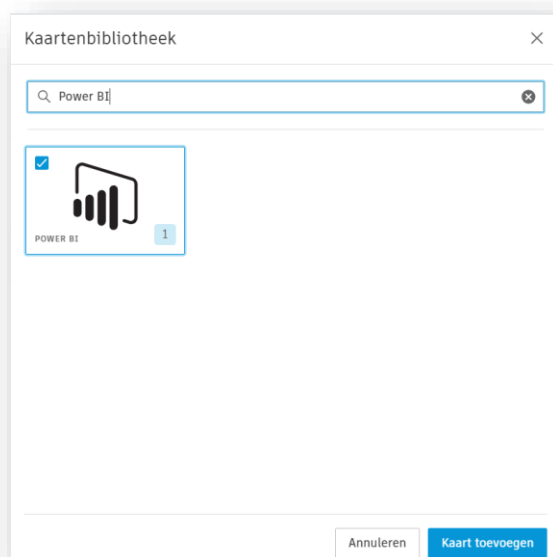
Figuur 20: Linken van gegevens tussen meerder Power BI-modellen

Stel een automatische vernieuwingsplanning in via planningsextractie van ACC en in de Power BI-service (Figuur 21).



Figuur 21: Instellen van automatische vernieuwingsplanning in ACC en Power BI-service

Koppel Power BI terug aan ACC door een kaart toe te voegen in “Kaartenbibliotheek” in de “My Home”-sectie (Figuur 22).

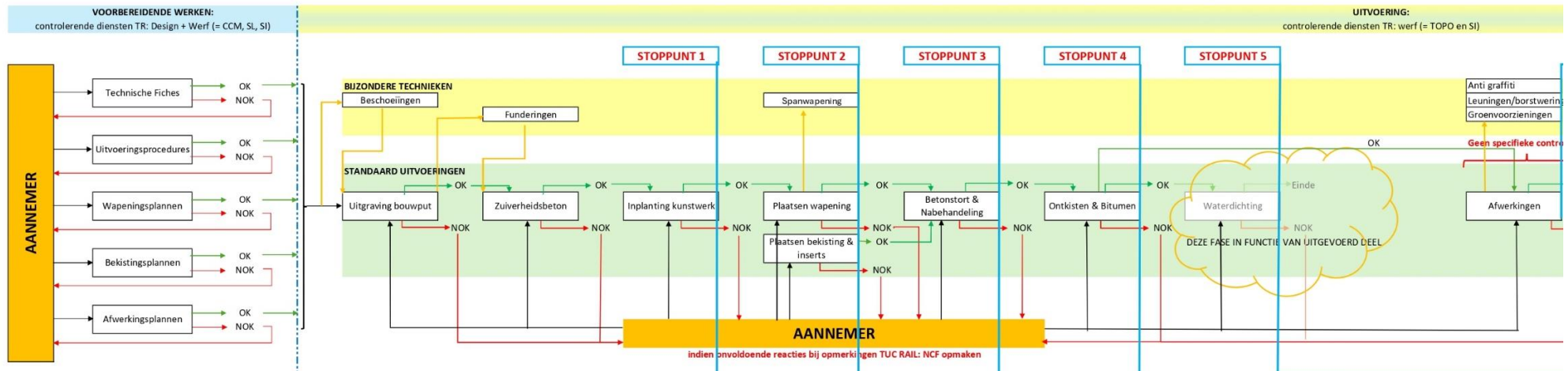


Figuur 22: Terugkoppeling Power BI aan ACC

Bijlage B: Bouwkundig controleplan

SCHEMATISCH CONTROLEPLAN BOUWKUNDE

geldig voor alle onderdelen van elk kunstwerk: voor langgerekte elementen komen een aantal stoppunten steeds:



uit te voeren nazichten:

STOPPUNT 1:

TUSSENTIJD (Kritisch)

Uitgraving bouwput:

- niveau van putbodem met GNSS (sumiere controle SI)
- stabiliteit van de grond (evt dynamische of statische plaatproef: aannemer en SI)
- bepalen noodzaak grondvervanging

Inplanting kunstwerk:

- x, y en z waarde hoekpunten kunstwerk (TOPO)

TUSSENTIJD (Kritisch)

Zuiverheidsbeton:

- type en consistentie beton
- vlakheid (visueel)
- dikte (visueel)

Referentiedocumenten:

- DB Beton
- bestek
- aanbestedingsplannen
- dossier grondverzet
- beton dossier
- uitvoeringsplannen
- UP en TF

laatste goedgekeurde versie

TE GEBRUIKEN FICHES:

- FC Topo 01 (TOPO)
- FC Topo 01 annexe (TOPO)
- FC Beton 01 (SI)
- FC Beton 02 (SI) deel zuiverheidsbeton

tijdstip
na zuiverheidsbeton en inplanting na zuiverheidsbeton en inplanting voor zuiverheidsbeton bij zuiverheidsbeton

STOPPUNT 2:

Wapening: (tijdens uitvoering continu op te volgen)

- levering conform TF?
- controle planversie bij vlechters: laatste goedgekeurde versie?
- plaatsing conform laatste goedgekeurde versie van het plan?

Bekisting:

- plan: laatste goedgekeurde planversie bij bekisters?
- uitvoering conform plan?
- stabiliteit?, netheid?, bekistingsole?, afmetingen?, vorm?
- voegen?
- inbouwstukken?
- toegankelijkheid ivm betonstort

Referentiedocumenten:

- bestek
- DB Beton
- aanbestedingsplannen
- UP en TF
- betondossier
- uitvoeringsplannen wapening
- uitvoeringsplannen bekisting

laatste goedgekeurde versie

TE GEBRUIKEN FICHES:

- FC Beton 02 (SI)
- FC Beton 02bis (SI)

tijdstip
bij einde wapening (voor sluiten bekisting) en bekisting (levering panden) bij levering en voor aanvang wapening
ZEKER VOOR AANVANG BETONSTORT!!!

STOPPUNT 3:

Beton:

- samenstelling (type)
- consistentie

Wijze verwerking:

- weersomstandigheden
- verwerkingstijd
- plaatsingswijze
- verdichting
- tempo
- nabehandelingen (evt)

Referentiedocumenten:

- bestek
- betondossier
- UP en TF
- DB Beton

TE GEBRUIKEN FICHES:

- FC Beton 03 (SI)
- FC Beton 04 (SI)
- FC Beton 06 (SI)

tijdstip
bij betonnering bij einde betonnering enkel wanneer noodzakelijk & tijdens betonnering

ten steeds terug



GEEN SPECIEFIEK STOPPUNT

STOPPUNT 4:

Ontkisten:

- algemeen uitzicht
- afwerkingsgraad
- vervormingen
- grindnesten, luchtbell

Bitumen:

- aantal lagen
- dekking

Referentiedocumenten:

- bestek
- betondossier
- uitvoeringsplannen
- UP en TF
- DB Beton

TE GEBRUIKEN FICHES:

- FC Beton 05 (SI)
-

tijdstip

na ontkisten en
na bitumenemulsie per laag

STOPPUNT 5:

Ondergrond:

- netheid
- losse delen/ voorbehandeling
- hechtingsproef?

Primer en dichtingsbanen:

- materialen conform goedgekeurde TF
- netheid ondergrond
- weersomstandigheden
- conforme plaatsing cfr UP en TF
-

Gietasfalt:

- netheid ondergrond
- weersomstandigheden
- lucht en oppervlakte t°, dauwpunt, vochtigheidsgraad
- conforme levering TF
- conforme plaatsing UP en TF
- dikte, t° produkt,...

Referentiedocumenten:

- bestek
- uitvoeringsplannen
- UP en TF

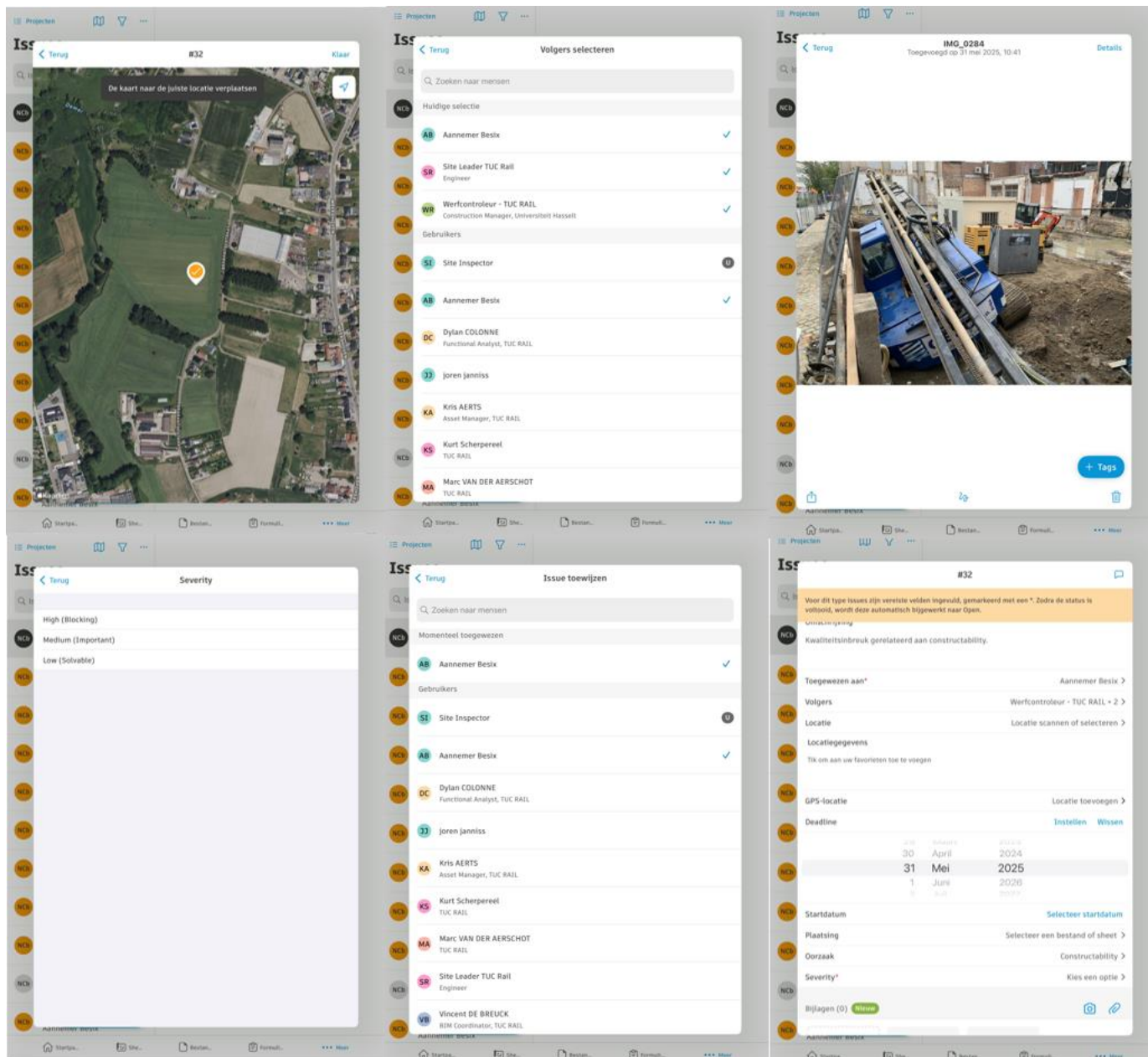
TE GEBRUIKEN FICHES:

- FC Waterdichting 01 t/m 02 (SI)
- FC Waterdichting 03 t/m 05 (SI)

tijdstip

voor aanvang dichtingswerken
tijdens dichtingswerken

Bijlage C: Functionaliteiten NCF



Bijlage D: Power BI-model

[illegible]

