

AUTOMATISATIE EN DIGITALISERING VAN STELLINGVERHUUR

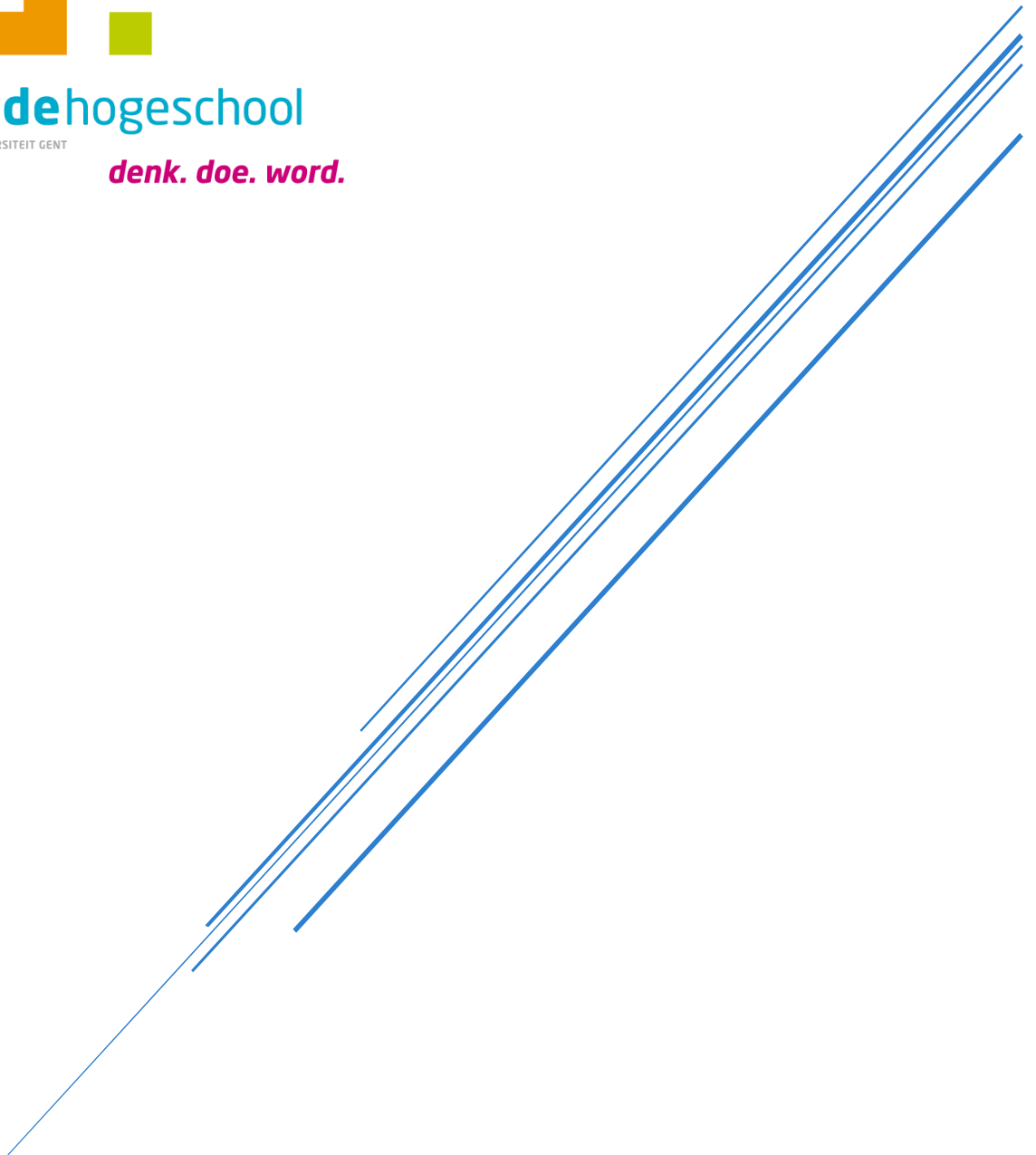
Afstudeer Project solo
IMD



arteveldehogeschool

LID VAN DE ASSOCIATIE UNIVERSITEIT GENT

denk. doe. word.



Sander Pollet
Interactive media development
2025-2026

Inhoudsopgave

1. Introductie	3
Aanleiding en Context: De Communicatiekloof in de Bouw	3
Doelstelling van het Project: De "Zero-Touch" Ervaring	4
Scope van het Project	4
2. Onderwerp en Onderzoek	5
Probleemstelling en Doelstelling	5
Informatie over de Opdrachtgever	5
Informatie over de Doelgroep	5
Methodologie.....	6
Aanpak.....	6
Resultaten en Conclusies	7
3. Concept en Strategie.....	8
Het Concept: DecoRent	8
De Link met de Onderzoeksresultaten	9
Aansluiting bij de Doelstelling, Doelgroep en Opdrachtgever	10
4. Ethiek en Duurzaamheid.....	10
Inleiding: Meer dan alleen Efficiëntie	10
Ethische Verantwoordelijkheid & Zorgplicht (Safety by Design)	10
Inclusiviteit en Toegankelijkheid (Universal Design)	11
Ecologische Duurzaamheid (Klimaat & Logistiek)	11
Sociale Duurzaamheid: De Lokale Economie	12
Reflectie: Negatieve Kanten Mitigeren	12
5. Presentatie van het Werk	13
Inleiding	13
De Tussentijdse Pitch (Week 4/5): 'The Medium is the Message'	13
Communicatie naar de Doelgroep	13
De Beursstand op de Juryexpo (De Chinastraat)	14
6. Productie en Architectuur	14
Vorstudies en UX/UI Ontwerpfase	14
Vaktechnische Keuzes en Cloud-Architectuur.....	15
De Rekenmodule: Algoritmes en Veiligheid (Safety by Design)	15
Iteraties, Bugfixing en Voortschrijdend Inzicht	16
Realisatie van Functionaliteiten (MVP Status).....	16
Architecturale Modules en Functionaliteiten	17

1. De Eindgebruiker (Klantportaal)	17
2. De Backoffice (Admin Control Center)	18
3. De Logistieke Hub (Warehouse Board).....	18
Conclusie: Synergie binnen het Ecosysteem.....	18
7. Conclusies.....	19
Reflectie op de Doelstelling.....	19
Het Eindresultaat	19
Belangrijkste Lessen en Inzichten	19
Eindconclusie.....	20
Dankwoord	20
Bronvermelding.....	21
Bijlagen	21

1. Introductie

Aanleiding en Context: De Communicatiekloof in de Bouw

De bouw- en verhuursector draait op volle toeren, maar op digitaal vlak loopt de branche vaak nog achter de feiten aan. Achter de schermen gebruiken bedrijven weliswaar zware administratieve systemen (zoals ERP), maar de online stap naar de klant ontbreekt. Dat is precies de dagelijkse frustratie bij mijn opdrachtgever, Deco Stellingbouw, zodra een particuliere doe-het-zelver aanklopt.

Het probleem is eigenlijk heel simpel: de klant en het verhuurbedrijf spreken letterlijk een andere taal. De klant denkt in oplossingen (*"ik wil mijn dakkapel schilderen"*), terwijl de expert en de software rekenen in losse stalen buizen, maximale draagkracht en strenge veiligheidsnormen. Deze kenniskloof leidt tot constante misverstanden. Een klassiek voorbeeld is de 'hoogteparadox': particulieren verwarren stelselmatig de hoogte van het platform met de werkhoogte waar ze met hun handen bij kunnen.

Voor de binnendienst van Deco Stellingbouw zorgt dit voor een enorme administratieve last. Zij zijn uren kwijt aan het telefonisch adviseren van leken en het handmatig uitrekenen en overtikken van ellenlange materiaallijsten in hun logge Adsolut-systeem. Dat proces moet en kan slimmer.

Doelstelling van het Project: De "Zero-Touch" Ervaring

Met dit afstudeerproject, genaamd 'DecoRent', wil ik deze administratieve rompslomp volledig elimineren. Mijn doel is het ontwikkelen van een "zero-touch" e-commerce platform. Dat betekent simpelweg: een bestelling van a tot z afronden zónder dat de binnendienst nog hoeft in te grijpen.

DecoRent is ontworpen om veel meer te zijn dan een digitaal bestelformulier; het is een intelligente poortwachter. Ik heb de jarenlange, menselijke vakkennis (het *fingerspitzengefühl*) van de stellingbouwer gepakt en deze omgezet in foutloze programmeerlogica. De applicatie pakt een vage klantvraag op en vertaalt deze volautomatisch naar een wiskundig kloppende, veilige en wettelijk goedgekeurde bestelling. Na de online betaling schiet het systeem de order vervolgens zelf direct het ERP-systeem in.

Scope van het Project

Om deze ambitieuze doelstelling te halen, breng ik in dit project verschillende disciplines samen. De scope rust op vier belangrijke pijlers:

- **Begrijpelijke UX/UI (De Klant Centraal):** Ik bescherm de gebruiker tegen 'keuzestress' door complexe lijsten met buizen te verbergen achter handige standaardpakketten. Taai vakjargon wordt hertaald naar normale mensentaal, en slimme visuele animaties helpen de klant om technische dimensies (zoals hoogtes) veel beter in te schatten.
- **Veiligheid in de Code (Safety by Design):** De applicatie fungeert als een onverbiddelijke, digitale veiligheidsinspecteur. De strenge Belgische ARAB-wetgeving zit hard in de code verankerd. Wil een particulier zelf een stelling van meer dan 8 meter bouwen? Dan blokkeert de site dit direct. Ook berekent het algoritme autonoom hoeveel muurankers of ballastgewichten er verplicht nodig zijn.
- **Een Ontkoppelde Cloud-Architectuur:** Om te voorkomen dat een traag ERP-systeem de webshop vertraagt, bouw ik een flexibele cloud-architectuur op Microsoft Azure. Een razendsnelle Next.js voorkant praat via een slimme bufferdatabase en Python-code met het systeem van Adsolut. Zo blijft de webshop altijd soepel draaien, zelfs als de achterkant even hapert.
- **Klaar voor de Toekomst (AI & Lokale Groei):** Het platform is technisch geoptimaliseerd om de lokale zoekresultaten in West-Vlaanderen te domineren. Daarnaast is de code onder de motorkap al voorbereid op de toekomst (via het *Model Context Protocol*). Hierdoor leg ik de fundering voor een toekomstige AI-assistent die tijdens een chatgesprek zélf stellingberekeningen voor de klant kan uitvoeren.

2. Onderwerp en Onderzoek

Probleemstelling en Doelstelling

Toen ik aan dit project begon, viel me meteen één ding op: er bestaat een enorme kenniskloof – een *cognitieve asymmetrie* – tussen een professionele stellingbouwer en een particuliere klant. Een doe-het-zelver denkt heel praktisch: *"ik wil mijn dakkapel schilderen."* Maar als die klant op een website geconfronteerd wordt met een administratief ERP-systeem zoals Adsolut, wordt er plotseling van hem verwacht dat hij denkt in losse technische componenten, statische belastbaarheid en ingewikkelde normeringen.

Dit gebrek aan kennis leidt in de praktijk tot constante misverstanden. Het beste voorbeeld hiervan is de 'hoogteparadox': klanten verwarren stelselmatig de fysieke hoogte van het stellingplatform met hun eigen werkhoogte (de hoogte waar ze met hun handen bij kunnen). Voor de binnendienst van Deco Stellingbouw betekent dit elke dag een enorme administratieve overload. Zij zijn uren kwijt aan het telefonisch adviseren van leken en het handmatig uitrekenen en overtikken van complexe materiaallijsten (de *Bill of Materials* of *BOM*).

Mijn doel met 'DecoRent' is om dit probleem volledig op te lossen door een *zero-touch* e-commerce platform te realiseren. Ik wil de impliciete vakkennis en het 'fingerspitzengefühl' van de expert omzetten in expliciete, waterdichte programmeerlogica. De applicatie moet zelfstandig, veilig en zonder menselijke tussenkomst een wiskundig correcte offerte en order in Adsolut kunnen genereren.

Informatie over de Opdrachtgever

Mijn opdrachtgever is Deco Stellingbouw, een ervaren en gerespecteerde speler in de steigerbouw onder leiding van zaakvoerder Mando. Hoewel het bedrijf intern goed georganiseerd is en werkt met de professionele ERP-software Adsolut van Wolters Kluwer, lopen ze operationeel tegen een muur aan zodra ze aan particulieren verhuren. Adsolut is simpelweg niet gebouwd voor directe interactie met onervaren consumenten. Het huidige verhuurproces is daardoor handmatig, foutgevoelig en absoluut niet schaalbaar. Aan mij de taak om hier de digitale brug te bouwen.

Informatie over de Doelgroep

De doelgroep voor DecoRent is de particuliere doe-het-zelver (B2C). Deze groep ervaart al snel cognitieve overbelasting en keuzeverlamming wanneer ze een traditionele verhuursite bezoeken en een lijst van tientallen losse stalen pijpen en koppelingen voor hun neus krijgen. Daarnaast is er een groot veiligheidsrisico: particulieren onderschatten de fysieke en juridische gevaren van stellingbouw structureel. Ze staan er niet bij stil wat de invloed van een zachte ondergrond is op de stabiliteit van een stelling, of dat er een verplichte vergunning nodig is zodra een steiger op het openbaar domein (de openbare weg of stoep) wordt geplaatst.

Methodologie

Om dit project op een professionele en wetenschappelijke manier aan te pakken (in het kader van *Competentie 4: Onderzoekende mediaontwerper*), heb ik bewust gekozen voor een combinatie van verschillende onderzoeksmethoden:

- **Kwalitatief onderzoek (Expert-interviews):** Dit was noodzakelijk om de jarenlange ervaring, informele rekenregels en marges uit het hoofd van zaakvoerder Mando te halen en te vertalen naar logische regels.
- **Kwantitatief onderzoek (Data-analyse):** Om te bewijzen dat de 'hoogteparadox' en andere klantfouten geen aannames waren, heb ik historische e-mails van Deco Stellingbouw en discussies op grote bouwfora (zoals Bouwinfo en Livios) geanalyseerd. Zo kon ik de meest frequente struikelblokken hardmaken met cijfers.
- **Literatuur- en Normenonderzoek:** Omdat we te maken hebben met zware, fysieke constructies waar mensen op hoogte op werken, moest ik de wetgeving induiken. Ik heb de Belgische ARAB-wetgeving, de Code van Goede Praktijk en de Europese EN-normeringen (zoals EN 1004-1:2020) uitgewerkt om de exacte wettelijke grenzen van zelfbouw te definiëren.
- **Concurrentieanalyse (Benchmark):** Ik heb een uitgebreide benchmark uitgevoerd onder grote verhuurders om het gat in de markt te identificeren en de *Unique Selling Proposition* (USP) van DecoRent te bepalen.
- **UX-Validatie:** Om te meten of mijn ontworpen interface ook écht werkt voor een leek, heb ik gebruikerstests gedaan met het *Retrospective Think Aloud* protocol en de *System Usability Scale* (SUS). Zo kon ik de gebruiksvriendelijkheid objectief kwantificeren.

Aanpak

De uitvoering van mijn onderzoek verliep in drie duidelijke fasen. Allereerst ben ik gestart met de **kennisextractie**. Tijdens diepgaande interviews met Mando heb ik zijn volledige calculatieproces gedeconstrueerd: hoe gaat hij om met afwijkende gevelbreedtes, hoe bepaalt hij het aantal vloerniveaus en wanneer zijn verankeringen verplicht?

Vervolgens ben ik de **technische specificaties** ingedoken. Ik heb de officiële montagehandleidingen van toonaangevende systemen (zoals Layher Allround en Blitz) geanalyseerd. Hierdoor wist ik exact met welke asmaten (2,57m, 3,07m) en pasvakken (0,73m, 1,09m) mijn rekenalgoritme rekening moest houden.

Tot slot heb ik een **API-verkenning** gedaan. Ik heb de complexe datastructuur van Wolters Kluwer Adsolut geanalyseerd om te begrijpen hoe samengestelde artikelen, prijsstaffels en borgsommen via een Python-middleware (beveiligd met OAuth2) feilloos gesynchroniseerd kunnen worden met een Azure SQL-bufferdatabase.

Resultaten en Conclusies

Mijn vooronderzoek heeft geleid tot vier cruciale resultaten die de directe blauwdruk vormden voor de uiteindelijke applicatie:

Resultaat 1: Marktanalyse (Het gat in de markt)

Uit de benchmark bleek dat grote retailers (zoals Boels of Loxam) alleen het huren van simpele, standaard rolsteigers hebben geautomatiseerd. Zodra een klant maatwerk voor een complete gevel nodig heeft, vallen alle concurrenten terug op ouderwetse, handmatige offertes via de mail. Een platform dat direct online de exacte onderdelen, staffelprijzen, transportkosten én veiligheidslogica berekent voor maatwerk, is uniek in de markt.

Resultaat 2: Wiskundige en Algoritmische logica

Het correct berekenen van een stelling bij een afwijkende gevelbreedte bleek een complex wiskundig probleem. Dit kun je niet oplossen met een simpele afronding naar boven (`Math.ceil()`), want dat leidt tot materiaalverspilling en gevaarlijke situaties. Het algoritme vereist *discrete optimalisatie* – vergelijkbaar met het bekende Knapzak-probleem (Knapsack problem). De code moet slim puzzelen met pasvakken van 0,73m of 1,09m om zo dicht mogelijk bij de gevelbreedte te komen. Daarnaast moet de software de draagkracht van consoles dynamisch kunnen aanpassen (bijvoorbeeld van 150 kg/m² naar 200 kg/m²) op basis van de toegevoegde schoren.

Resultaat 3: Harde Veiligheidsgrenzen (Safety by Design)

Wettelijk onderzoek wees uit dat de Europese EN 1004-norm de maximale platformhoogte voor particuliere rolsteigers buiten begrenst op 8 meter. Boven deze grens is zelfbouw simpelweg te gevaarlijk en wettelijk niet toegestaan zonder professionele keuring. Mijn applicatie moet hier optreden als een dwingende poortwachter en configuraties boven deze hoogte hardhandig blokkeren. Daarnaast dwingt het systeem op basis van de ondergrondkeuze verplichte extra's af in de winkelmand, zoals houten drukverdelers bij zachte aarde (gras) of extra lange spindels (80cm) bij hellende vlakken.

Resultaat 4: UX & Copywriting Transformatie

Om de keuzeverlamming bij de klant weg te nemen, heb ik *UX Scaffolding* toegepast. De complexe materiaallijst (BOM) wordt volledig verborgen achter heldere "Quick Choice" pakketten. Technisch jargon is volledig hertaald: een 'diagonaalschoor' heet in de UI een 'veiligheidsversteving' en een 'spindel' wordt een 'verstelbare steunvoet'. De hardnekkige 'hoogteparadox' heb ik opgelost door intern in het algoritme altijd de "2-meter-regel" toe te passen (werkhoogte is platformhoogte + 2 meter) en dit in de frontend visueel te ondersteunen met een dynamisch, menselijk GSAP-silhouet op de schaalverdeling. De gebruikerstests bevestigden het succes van deze aanpak met een uitstekende System Usability Scale (SUS) score van 80.3.

Algemene Conclusie

Het onderzoek bewijst dat de particuliere stellingverhuur fundamenteel te automatiseren valt. Door menselijke expertise om te bouwen tot slimme, discrete algoritmes en de wetgeving als een dwingende, maar gebruiksvriendelijke interactielaag in de User Experience te verwerken, is het zero-touch e-commerce model voor DecoRent zowel technisch haalbaar als commercieel een schot in de roos.

3. Concept en Strategie

Het Concept: DecoRent

Het concept dat ik in dit project heb uitgewerkt, draagt de naam '**DecoRent: The Zero-Touch Rental Experience**'. Dit is niet zomaar een webshop, maar een geavanceerd, ontkoppeld (*headless*) e-commerce ecosysteem. Het platform automatiseert het traditionele, handmatige verhuurproces van A tot Z. Ik heb DecoRent ontworpen als een intelligente, digitale poortwachter die de vakkennis van een menselijke steigerbouwer feilloos nabootst in code.

Het concept leunt op twee visuele pijlers en een robuuste technische fundering:

- **De "Quick Choice" (Standaardpakketten):** In plaats van de klant af te schrikken met een gortdroge materiaallijst (*Bill of Materials*), presenteert de interface kant-en-klare, taakgerichte oplossingen via *UX Scaffolding*. Klanten kiezen simpelweg een "Schilderspakket" of een "Dakgoot-pakket" met één heldere totaalprijs. Op de achtergrond reserveert de applicatie volautomatisch de tientallen benodigde losse onderdelen in de database.
- **De Maatwerk Calculator met Visuele Animaties:** Voor klanten met afwijkende projecten heb ik een interactieve configurator ontworpen. Hierbij pas ik *Progressive Disclosure* toe: informatie wordt pas getoond wanneer het relevant is. Dankzij vloeiende GSAP-animaties schaaft een virtuele 3D-stelling visueel mee met de ingegeven afmetingen. Om de schaal direct tastbaar te maken, heb ik een dynamisch menselijk silhouet aan de animatie toegevoegd.
- **De Decoupled Cloud Architectuur:** Om een bliksemsnelle gebruikerservaring te garanderen en het logge Adsolut ERP-systeem te ontlasten, draait het concept op een *headless* architectuur in Microsoft Azure. Een snelle Next.js frontend communiceert met een Python-middleware en een Azure SQL buffer-database. Dankzij het ingebouwde *Circuit Breaker* patroon worden orders lokaal veilig geparkeerd, mocht het ERP-systeem van Wolters Kluwer tijdelijk onbereikbaar zijn.
- **Toekomstgerichte AI-integratie (MCP):** Ik heb de rekenlogica in de Python-middleware zodanig opgebouwd dat deze functioneert als aanroepbare 'tools' via het *Model Context Protocol* (MCP). Hiermee is DecoRent nu al voorbereid op de toekomst: een AI-assistent kan straks autonoom de stellingwiskunde en voorraad raadplegen tijdens een realtime chatgesprek met de klant.

De Link met de Onderzoekresultaten

Elke functionaliteit in dit concept is een direct en logisch antwoord op de pijnpunten die ik in Hoofdstuk 2 heb blootgelegd:

- **Oplossing voor de "Hoogteparadox":** Uit de data-analyse bleek dat particulieren stelselmatig in de war raken tussen de platformhoogte en hun eigen werkhoogte. Ik heb dit opgelost door de "2-meter-regel" ($\text{werkhoogte} = \text{platformhoogte} + 2 \text{ meter}$) wiskundig te verankeren in de calculator. Het dynamische GSAP-silhouet op het scherm maakt deze abstracte berekening vervolgens in één oogopslag visueel duidelijk.
- **Oplossing voor de Semantische Kloof:** Het onderzoek wees uit dat ERP-vakjargon zorgt voor keuzestress en conversieverlies. Mijn concept lost dit op met een algoritmische vertaalslag: onder de motorkap (in de database) heet een onderdeel netjes een 'diagonaalschoor', maar de frontend vertaalt dit voor de bezoeker direct naar een begrijpelijke 'veiligheidsversteving'.
- **Oplossing voor Veiligheidsrisico's (Safety by Design):** Het normenonderzoek (ARAB en EN 1004) toonde aan dat de wettelijke stahoogte-limiet voor zelfbouw op 8 meter ligt. In plaats van dit te verstoppen in de algemene voorwaarden, bevat DecoRent een harde, digitale *safety-cap*. Typt een klant 9 meter in? Dan blokkeert de interface vloeiend de zelfbouw-optie en forceert het professionele montage. Ook zaken als verplichte muurankers of houten drukverdelers (bij een zachte ondergrond) worden door het concept autonoom aan de winkelmand toegevoegd.
- **Oplossing voor Maatwerk-complexiteit:** Om afwijkende gevels perfect uit te rekenen zonder menselijke inschatting, bevat de Python-middleware een geavanceerd combinatorisch optimalisatie-algoritme (gebaseerd op het *Knapsack problem*). Dit algoritme puzzelt feilloos met asmaten (2,57m en 3,07m) en pasvakken (0,73m en 1,09m) om voor elke gevel de meest efficiënte, veilige constructie te genereren met zo min mogelijk restruimte.

Aansluiting bij de Doelstelling, Doelgroep en Opdrachtgever

Dit concept brengt de belangen van alle betrokken partijen succesvol samen:

Voor de Opdrachtgever (Deco Stellingbouw)

Voor zaakvoerder Mando was de dagelijkse administratieve overload de grootste frustratie. Omdat DecoRent zorgt voor een naadloze synchronisatie via de Wolters Kluwer API, vallen wiskundig correcte offertes én betaalde orders nu volautomatisch in Adsolut. De binnendienst hoeft geen buizen meer te tellen of data over te tikken. Bovendien zorgt de ingebouwde lokale *Headless SEO* (voorzien van dynamische Schema Markup) ervoor dat Deco Stellingbouw online regionaal domineert in West-Vlaanderen, wat direct zorgt voor commerciële groei.

Voor de Doelgroep (De Particulier)

De particuliere doe-het-zelver zoekt zekerheid en transparantie, zonder geconfronteerd te worden met complexe wetgeving of onverwachte kosten. DecoRent biedt hen precies dat, dankzij de "Quick Choice" pakketten en het uiterst intuïtieve bestelproces. De klant wordt niet behandeld als een ervaren bouwvakker, maar ervaart de applicatie als een digitale gids die hem veilig, begrijpelijk en foutloos door zijn persoonlijke project leidt.

Voor de Doelstelling ("Zero-Touch")

Mijn uiteindelijke projectdoelstelling was het creëren van een frictieloos digitaal platform waarbij geen menselijk contact meer nodig is voor de verhuur. Door het combineren van de *Circuit Breaker* fouttolerantie in Azure, de slimme wiskundige rekenkern in Python en de dwingende veiligheidsinterfaces in Next.js, sluit dit concept de technische kloof definitief. DecoRent bewijst dat honderd procent "zero-touch" automatisering niet alleen haalbaar, maar ook veilig is binnen de stellingverhuur.

4. Ethiek en Duurzaamheid

Inleiding: Meer dan alleen Efficiëntie

Bij de ontwikkeling van DecoRent was technologie voor mij nooit een doel op zich. Het is een middel om een veiliger, transparanter en duurzamer verhuurecosysteem te creëren. De stellingbouw is een sector waar fysieke veiligheidsrisico's en zware arbeidsongevallen helaas aan de orde van de dag zijn. Dat digitaliseren brengt daarom een enorme ethische verantwoordelijkheid met zich mee. In dit hoofdstuk beschrijf ik hoe mijn project duurzaamheid in de breedste zin van het woord omarmt: van de fysieke veiligheid van de eindgebruiker tot ecologische keuzes, en blik ik kritisch terug op de mogelijke keerzijde van radicale automatisering.

Ethische Verantwoordelijkheid & Zorgplicht (Safety by Design)

De absolute kern van mijn ethische visie ligt in de 'zorgplicht'. Ik vind het ethisch onverantwoord om consumenten zonder bouwkundige kennis zomaar toegang te geven tot professioneel klimmaterieel, zonder hen actief te behoeden voor levensgevaarlijke inschattingfouten.

Traditionele verhuurplatformen dekken hun juridische aansprakelijkheid meestal af door een PDF met 'Algemene Voorwaarden' ergens onderaan de website te verstoppen – documenten die niemand leest. Voor DecoRent heb ik gekozen voor het principe van *Safety by Design*. Ik dwing de gebruiker letterlijk om bewust na te denken over hun veiligheid vóórdat ze kunnen afrekenen. Belangrijke veiligheidsvoorschriften (zoals de verplichte afstand tot hoogspanningslijnen of het dragen van een helm) zijn opgesplitst in interactieve, verplichte checkpoints tijdens het bestelproces.

Daarnaast heb ik de zogenaamde 'Digitale Veiligheids-Cap' ingebouwd. Op basis van de ARAB-wetgeving en NEN-normeringen blokkeert de applicatie autonoom de mogelijkheid tot zelfbouw zodra de werkhoogte de 8 meter overschrijdt. Deze harde, ethische restrictie in de code beschermt de consument tegen overmoed en voorkomt potentieel dodelijke ongevallen.

Inclusiviteit en Toegankelijkheid (Universal Design)

Een digitaal product is pas echt duurzaam als het bruikbaar is voor een zo breed mogelijke demografie, ongeacht fysieke of digitale beperkingen.

Omdat de applicatie in de praktijk vaak buiten op een bouwwerf, in de felle zon en op een smartphone gebruikt zal worden, heb ik het design strikt ontworpen volgens de WCAG 2.1 richtlijnen met zeer hoge contrastkleuren. Knoppen en klikbare elementen (touch targets) zijn minimaal 44x44 pixels groot. Hierdoor blijft de webshop moeiteloos bedienbaar, zelfs met werkhandschoenen aan of door gebruikers met een verminderde motoriek. Om kleurenblinde gebruikers (ongeveer 8% van de mannelijke bevolking) niet uit te sluiten, leunt het systeem bij veiligheidswaarschuwingen nooit alleen op kleur (rood of groen), maar altijd op een duidelijke combinatie van iconografie en heldere tekst.

Daarnaast wilde ik de digitale drempel zo laag mogelijk houden. Om digitaal minder vaardige gebruikers niet te frustreren met ingewikkelde registratieprocedures of vergeten wachtwoorden, maakt DecoRent gebruik van *Passwordless Login* (zoals het werken met veilige, eenmalige inloglinks via e-mail).

Ecologische Duurzaamheid (Klimaat & Logistiek)

Op ecologisch vlak verkleint DecoRent de voetafdruk van het traditionele verhuurproces aanzienlijk, door slim in te zetten op data en efficiëntie:

- **Papierloze Administratie:** Doordat de volledige flow van offertes en bestelbonnen tot facturen en veiligheidsvoorschriften digitaal via de Next.js frontend naar het Adsolut ERP-systeem loopt, wordt de fysieke papierstroom (en de bijbehorende afvalberg) op kantoor volledig geëlimineerd.
- **Logistieke CO2-Reductie via Data:** Onnodige ritten met de wagen vormen een enorme bron van vervuiling. De applicatie berekent daarom *real-time* het totale brutogewicht van de samengestelde stelling. Overschrijdt dit gewicht de wettelijke trekcapaciteit van een ongeremde aanhangwagen (750 kg)? Dan waarschuwt het systeem de klant nog vóór de betaling. Dit voorkomt dat klanten met een te kleine aanhangwagen op het depot arriveren en in meerdere, sterk vervuilende ritten heen en weer moeten rijden.
- **Green Cloud Computing:** Het hosten van complexe applicaties kost stroom. Door de cloud-architectuur op te zetten met *Serverless* technologie via Microsoft Azure, verbruiken de achterliggende systemen alléén rekenkracht (en dus energie) op het moment dat een klant

daadwerkelijk een berekening uitvoert. Is er geen websiteverkeer? Dan pauzeert de infrastructuur volledig (*scale-to-zero*), wat een gigantische energiebesparing oplevert ten opzichte van traditionele servers die 24/7 stroom slurpen.

Sociale Duurzaamheid: De Lokale Economie

Mijn project draagt ook bij aan de versterking van de lokale economie. Door de inzet van deze geavanceerde automatisering geef ik een lokale KMO als Deco Stellingbouw de digitale slagkracht om de concurrentiestrijd aan te gaan met grote internationale verhuurgiganten. Dit zorgt ervoor dat inkomsten, tewerkstelling en waardevolle technische expertise lokaal verankerd blijven in West-Vlaanderen.

Reflectie: Negatieve Kanten Mitigeren

Elke technologische innovatie brengt risico's met zich mee. Als ontwerper vind ik het belangrijk om hier niet voor weg te kijken, maar deze actief te benoemen en in te perken (*mitigeren*).

De Digitale Kloof: De radicale keuze voor honderd procent "zero-touch" e-commerce riskeert een deel van de oudere, niet-digitaalvaardige populatie uit te sluiten. Dit is een reëel gevaar. Toch wordt dit negatieve effect door mijn concept op een organische, bijna ironische manier opgelost. Doordat het platform de binnendienst wekelijks uren aan administratief repetitiewerk bespaart, krijgt het personeel eindelijk weer de rust, tijd en het geduld om precies deze kwetsbare groep wél weer persoonlijk en telefonisch te woord te staan. De automatisering creëert hier letterlijk de broodnodige ruimte voor menselijk contact.

Privacy en Dataminimalisatie: Een webshop verzamelt onvermijdelijk klantinformatie, wat privacyrisico's (GDPR) met zich meebrengt. Ik heb dit gemitigeerd door het principe van dataminimalisatie strikt toe te passen: het systeem bewaart écht alleen de gegevens die strikt noodzakelijk zijn voor de verhuur. Bovendien raken gevoelige financiële gegevens (zoals creditcardnummers) de servers van DecoRent nooit aan; deze worden volledig afgeschermd afgehandeld door streng beveiligde betaalpartners zoals Stripe.

5. Presentatie van het Werk

Inleiding

In dit hoofdstuk documenteer ik hoe ik het project 'DecoRent' presenteer en communiceer naar de buitenwereld zowel richting de academische beoordelaars als naar de uiteindelijke commerciële klant. Mijn presentatiestrategie weerspiegelt de technologische innovatie die centraal staat in dit project. Ik neem je mee door mijn unieke aanpak van de tussentijdse pitch, de doelgerichte *go-to-market* communicatiestrategie, en het concept voor mijn fysieke beursstand op de afsluitende jurymarkt in de Chinastraat.

De Tussentijdse Pitch (Week 4/5): 'The Medium is the Message'

Voor mijn tussentijdse evaluatie in week 5 wilde ik bewust wegblijven van de standaard PowerPoint- of Keynote-presentaties. Om direct te bewijzen dat mijn visie technisch haalbaar was, heb ik mijn volledige pitch geprogrammeerd als een interactieve, geïntegreerde pagina binnen in mijn eigen Next.js ontwikkelomgeving.

Deze op maat gemaakte webpagina functioneerde visueel als een strak slidedeck. Hierop presenteerde ik gestructureerd alle fundamentele informatie: van de probleemstelling (de 'hoogteparadox') en het methodologisch onderzoek tot de complexe architecturale keuzes in Azure. Omdat de presentatie letterlijk in de applicatie zelf draaide, kon ik tijdens mijn betoog naadloos en zonder omschakeling doorklikken naar het allereerste werkende prototype van de maatwerkcalculator. Deze aanpak overtuigde de docenten niet alleen op theoretisch vlak, maar demonstreerde onmiddellijk de vlotte prestaties van de frontend en de dynamische GSAP-animaties in de praktijk.

Communicatie naar de Doelgroep

Mijn *go-to-market* communicatiestrategie richting de particuliere doe-het-zelver is volledig gebouwd op één helder principe: het wegnemen van frictie en technische onzekerheid. Waar de concurrentie de consument vaak overspoelt met catalogi vol abstracte 'pasvakken' en 'voetspindels', communiceert DecoRent uitsluitend in taakgerichte oplossingen.

- **Digitale Vindbaarheid (Lokale Dominantie):** De ontdekkingsreis van de klant begint primair in de Google (kaart)resultaten. Door gebruik te maken van *Headless SEO* en dynamische gestructureerde data (JSON-LD), communiceert de website onder de motorkap feilloos met zoekmachines. Op deze manier claimt DecoRent lokaal in West-Vlaanderen de online autoriteit op sterk converterende, generieke zoektermen zoals "*steiger huren in de buurt*".
- **Taakgerichte Copywriting:** Op de landingspagina's en sociale kanalen ligt de focus altijd op het eindproject van de klant, ondersteund door de "Quick Choice" pakketten. In plaats van technische specificaties op te sommen, benadrukken mijn teksten heldere beloftes zoals "*Schilderspakketten inclusief veiligheid & levering*". Dit wekt onmiddellijk vertrouwen en neemt de angst bij de klant weg om per ongeluk cruciale wettelijke randvoorwaarden te vergeten.

De Beursstand op de Juryexpo (De Chinastraat)

Voor de afsluitende jurymarkt heb ik een beursconcept ontworpen dat de brug slaat tussen de fysieke, ruwe bouwwereld en de gestroomlijnde digitale cloud-ervaring. Mijn hoofddoel op deze stand is het visueel en tastbaar maken van de *"Zero-Touch Experience"*.

Het Concept en de Opstelling: De stand ademt het contrast tussen het 'oude', complexe verhuren en de nieuwe DecoRent-oplossing. Centraal op de stand plaats ik een groot interactief scherm (of touchscreen). Hierop draait de 3D-configurator live. Ik nodig de juryleden en bezoekers uit om zelf in de huid van de particulier te kruipen: ze voeren een afwijkende gevelbreedte in en zien direct hoe de virtuele stelling via Three.js meeschaalt, compleet met het GSAP-silhouet om de hoogteparadox te illustreren.

6. Productie en Architectuur

In dit hoofdstuk documenteer ik de technische en creatieve realisatie van de DecoRent applicatie. Waar de voorgaande hoofdstukken de conceptuele blauwdruk, de bedrijfslogica en het onderzoek schetsten, focus ik mij hier op de harde vaktechnische keuzes. Ik neem je mee door de opbouw van de cloud-architectuur, de wiskundige rekenmodellen, de iteratieve UX-revisies en de uiteindelijke Minimum Viable Product (MVP) status.

Voorstudies en UX/UI Ontwerpfase

Voordat ik de eerste regel code schreef, heb ik de verwachte cognitieve belasting van de eindgebruiker omgezet in datamodellen en wireframes. Ik ben de interface gaan ontwerpen vanuit de psychologische wetenschap dat particulieren dit soort tools benaderen met een *exploratory mindset* (een verkennende mentaliteit zonder directe aankoopintentie).

- **Het 8px Grid en Copywriting:** Uit mijn UX-voorstudies bleek dat een strak en consistent 8px grid-systeem de leercurve voor onervaren gebruikers drastisch verlaagt. Minstens zo belangrijk was de taalkundige vertaling. Het interne ERP-jargon is in het UI-design volledig hertaald naar consumententaal. Zo werd de archaïsche term "voetspindel" geprogrammeerd als "verstelbare steunvoet", en heet een "diagonaalschoor" nu een "veiligheidsversteving".
- **Van 2D-Wireframes naar 3D-Realisme:** Initieel ontwierp ik de visuele configurator als een plat 2D-aanzicht. Tijdens de ontwerpfase bleek echter dat dit het grootste pijnpunt uit mijn onderzoek de 'hoogteparadox' onvoldoende oploste. Ik heb daarom een drastische technische revisie doorgevoerd: de integratie van een interactieve 3D-engine, waarbij de stelling tegen een realistisch 3D-huis wordt opgebouwd. Dit maakt de schaal voor de leek direct tastbaar en forceert de gebruiker om de werkelijke dimensies visueel te verifiëren.

Vaktechnische Keuzes en Cloud-Architectuur

Om te voorkomen dat een traag of instabiel backend-systeem (zoals het Adsolut ERP van de opdrachtgever) de consumentenervaring verpest, heb ik de applicatie opgebouwd als een robuuste, *decoupled* (ontkoppelde) cloud-architectuur in Microsoft Azure.

- **Frontend en 3D-Engine:** De gebruikersinterface is ontwikkeld in **Next.js 15.1.8**, **React 19** en gestyled via **Tailwind CSS 4**. Voor de maatwerkcalculator heb ik Three.js geïmplementeerd via @react-three/fiber. Dit maakt het mogelijk om de wiskundig berekende stuklijst real-time en zonder rendertraging in de browser op te bouwen. Gecombineerd met GSAP voor vloeiende micro-interacties, levert dit een extreem snelle, 'premium' e-commerce beleving op.
- **Database Migratie (PostgreSQL & Prisma):** Het project startte lokaal met een simpele SQLite-database (@libsql/client). Omdat DecoRent echter te maken krijgt met zwaar geneste, relationele datastructuren (offertes, orders, en een hiërarchische *Bill of Materials*), ben ik voor de productieomgeving succesvol gemigreerd naar **PostgreSQL** in combinatie met **Prisma ORM (v6.2.1)**. Dit garandeert strikte, end-to-end *Type-Safety* via TypeScript over de gehele stack.
- **Resilience Patterns (Circuit Breaker & Outbox):** Om een zogeheten "zero-service outage" te garanderen, heb ik robuuste fouttolerantie patronen geïmplementeerd. Er wordt gebruikgemaakt van het *Backends for Frontends (BFF)* patroon, waarbij een Azure SQL-database fungeert als een slimme buffer. Door het toepassen van het **Circuit Breaker** en het **Transactional Outbox** patroon worden online bestellingen veilig lokaal geparkeerd mocht de Adsolut API tijdelijk onbereikbaar zijn. Bestellingen worden vervolgens asynchroon, via een *Exponential Backoff* strategie, alsnog naar het ERP gepusht zodra de verbinding hersteld is.

De Rekenmodule: Algoritmes en Veiligheid (Safety by Design)

De werkelijke technische complexiteit van DecoRent schuilt in het script scaffoldingCalculator.ts. Dit is de wiskundige rekenkern die de impliciete menselijke expertise omzet in expliciete programmeerlogica.

- **Breadth-First Search (BFS) en het Knapzak-probleem:** Voor het berekenen van afwijkende gevelbreedtes maakt de configurator geen gebruik van simpele, domme afrondingen (zoals Math.ceil()). Dat zou leiden tot onveilige constructies of materiaalverspilling. In plaats daarvan heb ik een BFS-algoritme geïmplementeerd. Dit algoritme lost een variatie van het bekende *Knapsack problem* op door iteratief te zoeken naar de perfecte, meest efficiënte combinatie van standaard asmaten (2,57m of 3,07m) en kleinere pasvakken (0,73m of 1,09m) om de constructie millimeter-nauwkeurig af te sluiten.
- **Dynamische Stabiliteit:** Het algoritme past de fysieke bestelling autonoom aan op basis van de ingegeven omgevingsfactoren. Komt de stelling op een hellend vlak? Dan vervangt de code de standaard spindels van 40cm onmiddellijk door spindels van 80cm. Bij de selectie van 'zachte aarde' voegt het algoritme dwingend houten lastverdeelblokken toe aan de stuklijst.
- **Harde ARAB-Veiligheidscaps:** De Belgische wetgeving (zoals de ARAB-normen en EN 1004) is keihard in de middleware verankerd. Zodra een configuratie de grens van 8 meter

werkhogte bereikt, werpt het systeem een blokkade op: particuliere zelfbouw is uitgeschakeld en professionele montage wordt verplicht. Daarnaast dwingt het systeem het gebruik van muurverankeringen, zij-stabilisatoren en ballastgewichten af indien de klant een "vrijstaande" toren configureert.

Iteraties, Bugfixing en Voortschrijdend Inzicht

Een applicatie van deze schaal vereist constant voortschrijdend inzicht. Tijdens het productieproces heb ik diverse functionaliteiten iteratief moeten bijsturen:

- **Semantische Maatvoering (T-Shirt Maten):** De officiële Layher-catalogus werkt met complexe platfomdimensies (zoals 1,80m x 0,75m). Om cognitieve overload te voorkomen, heb ik deze interface ingrijpend gerefactord naar een intuïtief S, M, L en XL filter-systeem. De leek kiest een visuele maat, waarna de database op de achtergrond de correcte technische productcodes koppelt.
- **Ergonomische Beperkingen in het Algoritme:** Initieel koos mijn wiskundige model vaak voor liggers van 3,07 meter, omdat dit rekenkundig het meest kostenefficiënt was. Tijdens testfases concludeerde ik echter dat stalen buizen van meer dan 3 meter simpelweg te zwaar en onhandelbaar zijn voor een onervaren particulier. Ik heb het algoritme handmatig bijgestuurd (*gewogen variabelen*) om voorrang te geven aan kortere en lichtere (2,57m) asmaten.
- **Standaardisatie voor Bouwgemak:** Het optimalisatie-algoritme is dusdanig getweakt dat het actief zoekt naar oplossingen met zoveel mogelijk dezelfde onderdelen in plaats van een mix van pasvakken. Dit minimaliseert het sorteerwerk op de werf aanzienlijk en verlaagt de kans op montagefouten door de leek.
- **State Management in de 3D Ruimte:** Een kritieke bug tijdens de ontwikkeling was een data-binding probleem: wanneer een gebruiker de gevelhoogte van 30 meter via de UI plotseling terugbracht naar 6 meter, bleef de gerenderde stelling op 30 meter staan. Dit probleem heb ik verholpen door een strikte, bidirectionele state-binding (via React hooks) te programmeren tussen het DOM-gevelcomponent en het WebGL/Three.js stellingmodel.

Realisatie van Functionaliteiten (MVP Status)

Het platform is ver voorbij het stadium van een visueel prototype en heeft momenteel een robuuste *Minimum Viable Product* status bereikt:

- **Dynamische Stock Engine:** Via `src/actions/stock.ts` controleert de applicatie de beschikbaarheid van losse steigercomponenten in specifieke huurperiodes. Ik maak hierbij gebruik van *Optimistic Concurrency*; het systeem laat boekingen soepel doorlopen om conversieverlies te vermijden, maar vuurt direct waarschuwingen (*out-of-stock alerts*) af naar het magazijn dashboard zodra kritieke componenten hun virtuele plafond naderen.
- **E-commerce & Borgsommen:** De volledige financiële flow inclusief de complexe afhandeling van hoge, tijdelijke borgsommen en de mogelijkheid tot retourverwerkingen (creditnota's bij gedeeltelijke retouren) wordt veilig en PCI-compliant afgehandeld via de Stripe API, en asynchroon geregistreerd in de PostgreSQL database.

- **Geautomatiseerde Communicatie:** Zodra een transactie via de *webhook* is geverifieerd, genereert de backend volautomatisch gepersonaliseerde PDF-contracten en offertes die via Nodemailer naar de klant worden verstuurd.
- **RBAC (Role-Based Access Control):** Authenticatie wordt verzorgd door **Next-Auth v5 (Auth.js)**. Hiermee biedt het platform veilige, gescheiden inlogomgevingen op basis van rollen: de consument, de administrator (ADMIN), en de logistiek medewerker (WAREHOUSE).
- **Geïntegreerde Presentatielaag:** Als technologisch *proof of concept* heb ik zelfs mijn tussentijdse pitch voor de jury geprogrammeerd als een interactieve module binnen het Next.js framework, waarbij presentatieslides en framer-motion animaties direct verbonden zijn met de live data van de codebase.

Architecturale Modules en Functionaliteiten

Het DecoRent-ecosysteem overstijgt het concept van een traditionele e-commerce website. Om de volledige bedrijfsvoering van Deco Stellingbouw te digitaliseren, is de architectuur opgebouwd rondom *Role-Based Access Control* (RBAC). Het platform is opgesplitst in drie gescheiden, beveiligde portalen die in real-time met elkaar communiceren: het Klantportaal (B2C), het Beheerderspaneel (Admin) en het Magazijn dashboard (Warehouse).

Hieronder volgt een gedetailleerd overzicht van de ontwikkelde functionaliteiten per actor binnen het ecosysteem:

1. De Eindgebruiker (Klantportaal)

Het klantportaal is ontworpen rondom de pijlers zelfredzaamheid en autonomie. Het stelt de leek in staat om complexe huurprocessen frictieloos en zonder menselijke tussenkomst te doorlopen.

- **Frictieloze E-commerce Flow (Rolsteigers):** Directe online reservering van gestandaardiseerde pakketten, ondersteund door real-time voorraadvalidatie en een directe afrekenmodule.
- **Interactieve 3D Maatwerkcalculator (Vaste Stelling):** Een parametrische ontwerptool waarmee de klant zelfstandig een gevelstelling configureert. Het algoritme vertaalt deze input op de achtergrond naar een technisch sluitende *Bill of Materials* (BOM) en een dynamische prijsberekening.
- **Autonoom Contractbeheer (Huur Verlengen):** Klanten kunnen actieve huurperiodes direct via hun dashboard verlengen. Het platform berekent automatisch de pro-rata meerprijs en forceert direct een beveiligde Stripe-betaalsessie om de verlenging te valideren.
- **Hybride Offertemodule:** Voor complexe bouwkundige projecten biedt het portaal een gedetailleerde aanvraagflow, inclusief de optie voor professionele montage op locatie.
- **Gecentraliseerd Klantportaal:** Een transparant dashboard voor de eindgebruiker met een compleet overzicht van actuele orders, offertestatussen en de historische huurgeschiedenis.
- **PCI-Compliant Transactieverwerking:** Volledig geïntegreerde Stripe-betaalflow voor de veilige afhandeling van zowel de huursommen als de complexe dynamische borgsommen (*customer deposits*).

- **Geautomatiseerde Documentstromen:** Bij een succesvolle transactie ontvangt de klant volautomatisch de via code gegenereerde PDF-facturen, montagehandleidingen en wettelijke veiligheidsdocumenten.

2. De Backoffice (Admin Control Center)

Het beheerderspaneel fungeert als de financiële en administratieve controlekamer. Het biedt de directie de tools om uitzonderingsstromen (edge cases) op te vangen en het overzicht te bewaren.

- **Holistisch Order Lifecycle Management:** Diepgaand inzicht in klantdossiers (inclusief GDPR-conforme adres- en contactgegevens), specifieke stuklijsten (BOM) per order, en logistieke data zoals transport- en ophaalvoorkeuren.
- **Real-time Financieel Dashboard:** Een analytics-weergave met live statistieken over actuele omzet, betaalde orders en openstaande offertes, wat datagedreven besluitvorming stimuleert.
- **Dynamisch State Management:** Mogelijkheid om de statemachine van orders handmatig te overrulen (bijv. transitie tussen *Pending*, *Paid*, *Returned* of *Cancelled*).
- **Geïntegreerd Documentbeheer:** De capaciteit om *on-the-fly* alle systeem-gegenereerde facturen (PDF) per specifieke order in te zien of lokaal te archiveren.
- **Algoritmisch Voorraadbeheer:** Gecentraliseerd inzicht in de totale materiaalvoorraad met automatische berekeningen van de beschikbaarheid op basis van overlappende reserveringen.
- **Lead-to-Order Conversie (Offerte Workflow):** Een gestroomlijnd proces voor het inhoudelijk beoordelen, financieel bijsturen en naadloos converteren van klantaanvragen naar definitieve, betaalbare boekingen.
- **Geautomatiseerde Deposit Handling (Borgbeheer):** Een workflow die naadloos aansluit op de retoursignalen uit het magazijn, waarna beheerders borgen met één klik deels of volledig via Stripe kunnen terugstorten.

3. De Logistieke Hub (Warehouse Board)

Het magazijnashboard is puur pragmatisch en taakgericht opgebouwd, specifiek ontworpen voor gebruik op tablets op de werkvloer.

- **Geoptimaliseerde Picking Lists:** Een gefilterd overzicht van uitsluitend die bestellingen die door de administratie (en de betaalprovider) zijn vrijgegeven voor voorbereiding.
- **Logistiek Statusbeheer:** Snelle, frictieloze knoppen om de actuele magazijnstatus van een order bij te werken (*To Prepare*, *Ready for Pickup*, *Picked Up*).
- **Reverse Logistics & Kwaliteitscontrole:** Een gestructureerde flow voor het aannemen van geretourneerd materiaal. De magazijnier voert een conditie-check uit (Schadevrij / Schade) en plaatst logistieke opmerkingen die direct terugslaan naar het borgbeheer van de Admin.
- **Live Asset Tracking:** Real-time overzicht van welk specifiek materieel zich momenteel fysiek buiten het magazijn op werven van klanten bevindt.

Conclusie: Synergie binnen het Ecosysteem

Dit gesegmenteerde RBAC-systeem resulteert in een feilloze, asynchrone samenwerking. Waar de klant profiteert van een autonome 24/7 *self-service* ervaring, fungeert de Admin als waakhond voor de financiële stromen en facturatie, en zorgt de Logistiek Medewerker voor de fysieke afhandeling en kwaliteitsborging van het kapitaal. De ontkoppelde architectuur verbindt deze drie werelden in één gesynchroniseerde waarheid.

7. Conclusies

Reflectie op de Doelstelling

De primaire doelstelling van dit afstudeerproject was het ontwerpen en ontwikkelen van 'DecoRent': een 100% geautomatiseerd, *zero-touch* e-commerce ecosysteem voor de verhuur van professionele stellingen aan particulieren. Het ultieme doel was drieledig: het opheffen van de cognitieve asymmetrie tussen de expert en de leek, het algoritmisch neutraliseren van de 'hoogteparadox', en het volledig elimineren van de zware administratieve werkdruk bij opdrachtgever Deco Stellingbouw.

Terugkijkend op het intensieve traject, kan ik met trots concluderen dat deze doelstelling integraal is behaald. Het eindproduct is veruit het stadium van een statisch bestelformulier ontgroeid en fungeert vandaag als een intelligente, digitale poortwachter. Zonder enige menselijke tussenkomst kan de applicatie nu een vage, ruwe klantvraag autonoom omzetten in een veilige, wiskundig correcte *Bill of Materials* (BOM), gekoppeld aan een feilloze financiële afhandeling en directe ERP-synchronisatie.

Het Eindresultaat

Het gerealiseerde mediaproduct is een unieke convergentie van zware technische berekeningen en verbluffende visuele UX. De onbetwiste kern van de applicatie is de 3D-maatwerkcalculator. Aangedreven door de Three.js render-engine en een combinatorisch optimalisatie-algoritme (gebaseerd op *Breadth-First Search*), vertaalt deze interface gortdroge data naar een intuïtieve beleving.

Complexe randvoorwaarden zoals de ARAB-wetgeving, windbelasting en de dwingende 8-meter veiligheidslimiet voor particuliere zelfbouw zijn succesvol getransformeerd tot een begrijpelijke en onmogelijk te omzeilen visuele flow. Doordat het platform in de kern ontworpen is vanuit *Safety by Design*, eindigt een transactie niet simpelweg bij een betaling. Het platform ontzorgt de verhuurder juridisch door automatisch precontractuele veiligheidsinformatie en een verplicht, digitaal *Scafftag*-betredingslabel te genereren.

Belangrijkste Lessen en Inzichten

Tijdens dit complexe traject heb ik cruciale lessen geleerd op het boeiende snijvlak van User Experience en programmeerlogica:

- **De Noodzaak van Iteratief Design:** De initiële keuze voor een platte 2D-configurator bleek de ruimtelijke beperkingen van de doelgroep onvoldoende op te lossen. De drastische iteratie naar een volledige 3D-weergave met een referentiehuis was technisch zeer uitdagend, maar bleek dé sleutel om de 'hoogteparadox' definitief te doorbreken en visuele geloofwaardigheid te creëren.
- **Wiskunde moet buigen voor Ergonomie:** Een van mijn belangrijkste architecturale inzichten was dat de wiskundig meest efficiënte uitkomst niet altijd de meest wenselijke is. Hoewel stalen stellingbuizen van 3,07 meter de voordeligste configuratie opleverden, bleken deze in de praktijk te zwaar voor doe-het-zelvers. Het algoritme is bewust getweakt (via

algoritmische ergonomie) om voorrang te geven aan kortere asmaten, zodat fysiek bouwgemak en veiligheid altijd boven pure wiskundige efficiëntie staan.

- **De Kracht van Semantische Vertaling:** Intern ERP-jargon en exacte platfordimensies (zoals 2,85m x 1,50m) veroorzaken directe keuzeverlamming bij de consument. Door technische data te hertalen naar herkenbare T-shirt maten (S, M, L, XL) en taakgerichte 'Quick Choice' pakketten, heb ik bewezen dat B2C e-commerce in de zware bouwsector pas converteert als je de semantische taal van de leek spreekt.

Eindconclusie

DecoRent is het bewijs dat de particuliere verhuurmarkt voor bouwuitrusting ondanks haar hoge fysieke veiligheidsrisico's en wiskundige complexiteit succesvol en winstgevend gedigitaliseerd kan worden. Door menselijk *fingerspitzengefühl* en wettelijke veiligheidsnormen te vertalen naar schaalbare, waterdichte code, heb ik een platform gecreëerd dat twee werelden verenigt. Het maximaliseert de commerciële efficiëntie voor de verhuurder, terwijl het de veiligheid van de eindgebruiker digitaal verankert.

Dit afstudeerproject is daarmee geen theoretisch concept gebleven, maar vormt een direct inzetbaar, robuust fundament voor de toekomst van *zero-touch* e-commerce in de steigerbouw.

Dankwoord

Dit afstudeerproject was een intensief, maar vooral enorm leerzaam traject. Het markeert niet alleen het einde van mijn opleiding aan de Arteveldehogeschool, maar ook mijn start als professioneel software-architect en mediaontwerper. Dit resultaat was echter niet tot stand gekomen zonder de steun en inzichten van een aantal belangrijke mensen, die ik hier graag wil bedanken.

Allereerst wil ik mijn oprechte dank uitspreken aan **Mando**, zaakvoerder van Deco Stellingbouw. Bedankt voor het vertrouwen, de openheid en de bereidheid om jouw jarenlange, specialistische vakkennis met mij te delen. Zonder jouw geduld tijdens onze expert-interviews was het onmogelijk geweest om het 'fingerspitzengefühl' van de steigerbouw te vertalen naar de code van DecoRent.

Daarnaast wil ik mijn **coach en de docenten van Arteveldehogeschool** bedanken. Jullie kritische vragen tijdens de tussentijdse evaluaties en de continue focus op het overstijgen van pure code naar conceptueel meesterschap, hebben mij gepusht om verder te kijken dan de standaardoplossingen. Mede door jullie sturing is dit project geëvolueerd van een simpele webshop naar een volwaardige cloud-architectuur.

Tot slot een speciaal woord van dank aan mijn familie, vrienden en testgebruikers voor hun geduld en hun bereidheid om onvoorbereid in mijn 3D-configurator te klikken. Jullie 'fouten' vormden de meest waardevolle data voor mijn UX-onderzoek.

Bedankt!

Bronvermelding

In dit project is gebruikgemaakt van diverse wetenschappelijke, juridische en vaktechnische bronnen om de keuzes omtrent architectuur, UX/UI en veiligheid te funderen.

Wetgeving & Normen

- **Europese Commissie voor Normalisatie (CEN).** (2020). *NBN EN 1004-1:2020: Rolsteigers opgebouwd uit geprefabriceerde onderdelen - Materialen, afmetingen, ontwerplast, veiligheids- en prestatie-eisen*. Bureau voor Normalisatie (NBN).
- **Federale Overheidsdienst Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg.** (n.d.). *Codex over het welzijn op het werk (Boek IV: Arbeidsmiddelen - Specifieke bepalingen voor tijdelijke werkzaamheden op hoogte)*. Geraadpleegd voor richtlijnen omtrent stellingbouw en het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming (ARAB).

Technische Documentatie & Handleidingen

- **Layher.** (n.d.). *Opbouw- en gebruikshandleiding Allround/Blitz steigersysteem*. Geraadpleegd voor asmaten (2,57m / 3,07m) en vereiste veiligheidscomponenten voor het BFS-algoritme.

Vaktechnische IT-bronnen

- **Anthropic.** (2024). *Model Context Protocol (MCP) Specification*. Geraadpleegd voor de AI-ready structuur van de Python-middleware.
- **Microsoft.** (2024). *Azure Architecture Center: Resiliency patterns*. Geraadpleegd voor de implementatie van het *Circuit Breaker* en *Transactional Outbox* patroon.
- **Prisma Data Inc.** (2024). *Prisma ORM Documentation: Relational databases & Type-safety*. Geraadpleegd voor de PostgreSQL database-migratie.
- **Three.js Authors.** (2024). *Three.js / React Three Fiber Documentation*. Geraadpleegd voor het renderen van de dynamische 3D-stelling configurator in de browser.
- **Vercel.** (2024). *Next.js 15 Documentation: Routing, Server Actions and Image Optimization*. Geraadpleegd voor de front-end architectuur en *decoupled* logica.

Bijlagen

De onderstaande bijlagen bevatten de ruwe data, uitgebreide schema's en referentiedocumenten die ter onderbouwing van het onderzoek en de productie zijn gebruikt.

- **Bijlage A: Uitgebreide Interviewgids & Transcripties**
 - *Bevat:* De voorbereide vragenlijsten en de synthese van de expert-interviews met zaakvoerder Mando (Deco Stellingbouw), gericht op kennisextractie van rekenregels en marges.
- **Bijlage B: UX-Validatie en Testresultaten**
 - *Bevat:* De ruwe data van de gebruikerstesten, de genoteerde observaties tijdens het *Retrospective Think Aloud* protocol en de berekening van de uiteindelijke System Usability Scale (SUS) score.
- **Bijlage C: Database Architectuur & Cloud Diagrammen**
 - *Bevat:* Het visuele Entity-Relationship Diagram (ERD) van de PostgreSQL Prisma-database en het architectuurschema van de ontkoppelde Microsoft Azure cloud-omgeving.
- **Bijlage D: Ruwe Data Concurrentieanalyse (Benchmark)**
 - *Bevat:* Tabellen met de vergeleken concurrenten, hun digitale volwassenheid, en een analyse van hun bestelprocessen (ter validatie van het "gat in de markt").