

# SMART CITY HERENTALS

## Eindrapport

14 December

### Team: C3 Upsmart

Gemaakt door: Koen Vorsters,  
Sien Van Broekhoven, Jasper Guldentops,  
Yentl Stroobants, Seppe Alaerts,  
Matthias Thijsen



# Voorwoord

Voor project 4.0, een vak in het 3de jaar Toegepaste Informatica en Elektronica-ICT aan de Thomas More hogeschool te Geel, hebben wij als team de kans gekregen om voor onze opdrachtgever, de stad Herentals, een smart city project te realiseren.

We hebben voor dit project gekozen omdat het een heel interessant onderwerp is. Smart city toepassingen worden wereldwijd door veel moderne steden gebruikt. Het is een breed toepasbaar onderwerp dat doormiddel van verschillende toepassingen gerealiseerd kan worden. Zelf kunnen we ook veel bijleren van dit project, niet alleen theoretische kennis maar ook de praktische uitvoering.

In de eerste plaats willen wij onze opdrachtgevers bedanken voor hun bijdrage en expertise. Ook willen wij de vakdocenten bedanken voor de nodige hulp en ondersteuning tijdens het verloop van dit project.

# Inhoud

Voorwoord.....	2
Inleiding.....	5
Probleemstelling .....	6
Smart vuilnisbaksysteem .....	7
Hardware.....	7
Sensoren.....	7
Ultrasoon sensor.....	8
Weegcel.....	9
Fire Sensor Module .....	9
Bewegingssensor .....	10
GPS-module .....	10
Controllers.....	11
Raspberry Pi.....	12
Conclusie .....	12
Aanbeveling productieomgeving .....	12
Communicatie.....	13
LoRaWAN .....	13
The Things Network .....	13
Gateway .....	14
Azure IOT Central Device Bridge .....	14
Conclusie .....	14
Aanbeveling productieomgeving .....	15
Database.....	16
Applicatie.....	17
Angular.....	17
BI-tool – Qlik.....	19
Kiosk (touchscreen) .....	20
Project planning .....	21
Taken.....	21
Materialen en technologieën.....	21

Realisaties .....	22
Week 1 .....	22
Week 2 .....	23
Week 3 .....	23
Full backlog.....	23
Kostprijsbereking.....	24
Materialen .....	24
Werkuren.....	26
Besluit.....	27
Bronnen .....	28

# Inleiding



*Figuur 1 Stad Herentals*

De stad Herentals heeft ons de vraag gesteld om de stad slimmer te maken door gebruik te maken van hedendaagse technologieën. Wij als team hebben de vrijheid gekregen om zelf een aantal zaken naar voor te brengen en deze in een proof-of-concept te realiseren tijdens de komende projectweken. Na ons gesprek met de opdrachtgever zijn er een aantal mogelijke opdrachten als shared vision geformuleerd. Enerzijds wil de stad slimme vuilnisbakken door ons laten ontwikkelen. Deze vuilbakken zouden aantonen wanneer ze bijna vol zijn. Zo worden de gemeentediensten ontlast van onnodig manueel vuilnisbakken te controleren. Anderzijds wil de stad kiosken laten ontwikkelen. Dit zodat ook mensen zonder smartphone of laptop gebruik kunnen maken van de digitale diensten van de stad.

In dit rapport vindt u in de eerste plaats een beschrijving over de onderdelen die wij tijdens onze proof-of-concept zullen gebruiken voor het ontwikkelen van een smart vuilnisbak systeem. Deze onderdelen zijn het meest geschikt voor onze oplossing, maar misschien niet zo geschikt in een productieomgeving. Daarom zullen wij ook aanraden welke materialen en technologieën er bij een uitrol naar een volwaardig product best gebruikt kunnen worden. De hardware zal aan bod komen, maar ook hoe we de communicatie zullen regelen, welke database we gaan gebruiken, welke technologieën onze applicatie gebruikt, en welke Business Intelligence (BI) tools we zullen gebruiken.

Verder vindt u in dit rapport een rapportage over het ontwikkelen van een kiosk. Tijdens de projectweken zullen wij ook hier een proof-of-concept voor bouwen.

Ten slotte eindigen we met een overzicht van de verschillende projectversies die we zullen realiseren tijdens de projectweken.

# Probleemstelling

Onze opdrachtgevers Jo Spiessens en Cédric Smet willen van de stad Herentals een smart city maken. Na ons eerste gesprek hebben wij begrepen dat de stad 4 essentiële taken heeft. De stad als administratie, de stad als dienstverlener, de stad als democratische ruimte en de stad als fysieke ruimte.

Vervolgens hebben we aan een aantal inwoners van de stad Herentals gevraagd welke zaken zij het liefst verbeterd zien in hun stad. Tijdens deze bevraging kwamen er een aantal zaken meermaals aan het licht. Een van de onderwerpen waar de inwoners waarde aan hechtten was het tijdig leegmaken van de openbare vuilbakken en de netheid van de openbare ruimtes in hun stad.

Een ander aspect dat tijdens ons onderzoek duidelijk werd was het verlangen naar meer digitalisering door de stad. Om dit voor iedereen bereikbaar te maken willen we dan ook in dit project openbare kiosken ontwikkelen, zodat mensen die geen smartphone of laptop bezitten toch gebruik kunnen maken van de digitale diensten van de gemeente.

Verder hebben wij tijdens ons tweede gesprek met de opdrachtgever besproken wat een mogelijke shared vision kan zijn voor dit project. Deze shared vision is als volgt: “De communicatie tussen de burger en het stadsbestuur efficiënter maken”.

In de onderzoeksfase van het project hebben wij dan ook verder onderzoek verricht naar de technologieën die nodig zijn om het project en de shared vision uiteindelijk te realiseren in de projectweken.

# Smart vuilnisbaksysteem

Met het smart vuilnisbaksysteem zullen we aan de hand van sensoren meten hoe vol een vuilnisbak effectief is. Deze data zal dan naar een centrale database doorgestuurd worden. Vervolgens zal onze applicatie deze data uit de database uitlezen en presenteren op een gebruiksvriendelijke manier.

Het nut van dit systeem is dat de gemeentediensten geen onnodige manuele controles van vuilnisbakken meer moeten doen, zonder dat er risico bestaat dat vuilnisbakken uitpuilen met afval. Verder kan er vanuit een applicatie worden geconstateerd welke vuilnisbakken dringend moeten leeg gemaakt worden.

Hieronder vindt u een beschrijving van de materialen en de technologieën die we gaan gebruiken voor de conceptoplossing, en aanbevelingen voor technologieën die in een productieomgeving gebruikt kunnen worden.

## Hardware

De hardware voor dit project wordt in een aantal deelsystemen opgedeeld. Als team willen wij een device ontwikkelen dat het mogelijk maakt om vuilnisbakken smart te maken. We willen onder andere meten hoe vol de vuilbak is, maar ook of de vuilbak bijvoorbeeld in brand staat. Hiervoor zullen we een microcontroller gebruiken en de nodige sensoren.

### Sensoren

Sensoren worden vaak vergeleken met menselijke zintuigen. Ze nemen immers de omgeving waar, zij het door middel van geur, gevoel, geluid, zicht of smaak. Sensoren kunnen draadloos elektrische of optische fenomenen detecteren, meten, controleren, tellen, bewaken, en identificeren. Het is dus duidelijk dat er talloze sensoren verkrijgbaar zijn, elk met zijn eigen doel. Voor dit project is het dan ook noodzakelijk om onderzoek te doen naar de sensoren die het meest geschikt zijn voor onze oplossing.

In dit onderdeel zullen wij dus de benodigde sensoren rapporteren voor de slimme vuilbak. Hiervoor hebben we een sensor nodig die kan constateren of de vuilniszak daadwerkelijk gevuld is. Voor dit project zijn er ook nog andere sensoren die de vuilnisbak tot een slim object kunnen maken. Denk hierbij aan een GPS module die kan registreren waar de vuilbak geplaatst wordt. Deze sensoren zullen wij ook in dit onderdeel bespreken.

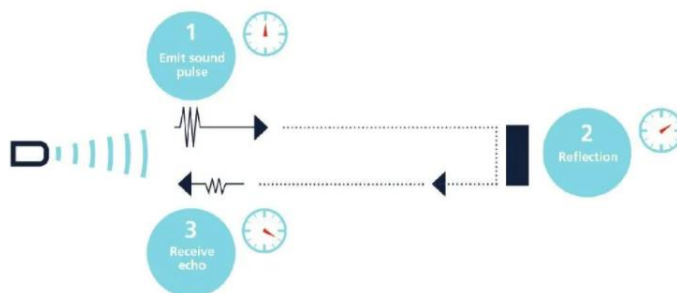
## Ultrason sensor

Deze sensor stuurt een geluidspuls uit in het ultrasone bereik. Deze geluidspuls plant zich met de snelheid van geluid door lucht voort (ongeveer 344 meter per seconde), tot de geluidspuls een object tegenkomt. De geluidspuls kaatst op het object en wordt in omgekeerde richting teruggestuurd naar de sensor waar deze 'echo' wordt opgevangen. Door de tijd te meten die de geluidspuls er over doet om zich te verplaatsen van sensor tot object en weer terug naar de sensor kan heel nauwkeurig berekend worden wat de afstand tot het object is. Dit meetprincipe wordt ook wel 'Time of Flight' genoemd, ofwel looptijdmeting. Temperatuur heeft de grootste invloed op de snelheid van geluid. De relatie tussen temperatuur en snelheid van geluid is nagenoeg lineair. Geluid verplaatst zich door lucht (medium) met een snelheid van 344 meter per seconde bij een temperatuur van 20 graden.



*Figuur 2 Ultrasonische Sensor - HY-SRF05*

*Figuur 3 schema werking afstand sensor*

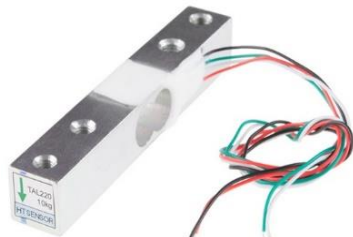


Wordt het warmer, dan neemt de snelheid van geluid toe. Om dat te compenseren hebben de meeste microsonic ultrasoon sensoren een interne temperatuurcompensatie. Een geïntegreerde temperatuursensor meet de actuele temperatuur en compenseert hierop de gemeten waarde. Dit komt de nauwkeurigheid van de meting ten goede. Met een ultrasoon sensor kan een nauwkeurigheid tot 1% van het ingestelde meetbereik gerealiseerd worden. Dit betekent dat een object op 10 cm afstand tot op 1 mm nauwkeurig gedetecteerd kan worden. Om een ultrasoon sensor betrouwbaar te laten werken, wordt het geluid op een vaste frequentie uitgestuurd. Hierbij geldt: Hoe lager deze frequentie van de sensor, hoe groter het bereik van de sensor.



## Weegcel

Een weegcel is een elektronische sensor die gebruikt wordt om een kracht (meestal een gewicht) om te zetten in een elektrisch signaal. Deze omzetting gebeurt in twee fasen. Door een mechanische constructie wordt een metalen element een klein beetje vervormd (wet van Hooke). Dit element moet iets zwakker zijn dan de constructie waarin het is opgenomen. De vervorming van het element wordt gemeten met een vervormingssensor, die deze rek in een elektrisch signaal omzet. Zwaardere



**Figuur 4 Load cell 20kg**

uitvoeringen werken niet met gewone rekstrookjes, maar met een soort hol cilindertje waarvan de onderzijde open is en de andere gesloten. De cilinderwand is rondom evenwijdig aan de as ingezaagd, zodat een soort kroonvormige constructie ontstaat. Rond deze kroon is weerstandsdraad gewikkeld. Het cilindertje zit in een verder dichte behuizing. Wordt de behuizing axiaal belast, dan gaan de punten van de "kroon" iets uit elkaar

staan, waardoor het weerstandsdraadjie wordt opgerekt. De verdere signaalverwerking is in beginsel dezelfde als die bij rekstrookjes.

Enkele soorten weegcellen zijn: hydraulische weegcellen, pneumatische weegcellen, en spanningsmeter loadcellen.



**Figuur 5 Weegschaal met HX711 - 5kg**



**Figuur 6 Fire Sensor Module**

## Fire Sensor Module

Deze sensor zullen we gebruiken om te kunnen meten of er vuur aanwezig is, dus als de vuilbak in brand zou staan dan kunnen we dit zo te weten komen. Deze sensor detecteert vuur / vlammen met golflengten van 760 tot 1100 nm en werkt op 3.3V tot 5V. De output D0 is hoog als de ingestelde lichtintensiteit onder de drempelwaarde daalt, en dus laag als deze boven de drempelwaarde komt. De detectiehoek is ongeveer 60 graden. U kunt de potentiometer indien nodig aanpassen om de gevoeligheid te verhogen / verlagen.

De maximale detectieafstand is ongeveer 80 cm met een kleine vlam ter grootte van de vlam van een aansteker. Detectie is mogelijk op grotere afstand, maar dit is afhankelijk van de hoeveelheid straling (infrarood) die van de brand komt. Voor een juiste detectie zul je de sensor zelf moeten kalibreren. Dit is mogelijk door je eigen vlam te maken en deze in te stellen op de gewenste afstand af met de potmeter.

## Bewegingssensor



*Figuur 7 Bewegingssensor*

Een bewegingssensor is een sensor die op beweging reageert. Bij het detecteren van beweging geeft een bewegingssensor een elektrisch signaal, waardoor bijvoorbeeld een lamp, flitser of alarm ingeschakeld kan worden. De sensor kan functioneren door middel van ultrageluid, of door elektromagnetische straling, zoals microgolven of infrarode straling. Deze laatste, de zogeheten PIR bewegingssensor, komt het meest voor.

Deze sensor kunnen we in de vuilbak monteren en constateren hoe vaak deze wordt gebruikt en op welke tijdstippen.

## GPS-module

GPS of Global Positioning System is een satellietnavigatiesysteem dat onder alle klimaatomstandigheden locatie- en tijdinformatie aan de gebruiker verstrekt. GPS wordt ook gebruikt voor navigatie in vliegtuigen, schepen, auto's en vrachtwagens. Het systeem biedt kritische vaardigheden aan militaire en civiele gebruikers over de hele wereld. GPS biedt continue realtime, driedimensionale positionering, navigatie en timing wereldwijd.

De GPS bestaat uit drie segmenten:

- Het ruimtesegment: de GPS-satellieten
- Het controlesysteem, beheerd door het Amerikaanse leger,
- Het gebruikerssegment, dat zowel militaire als civiele gebruikers en hun GPS-apparatuur omvat.

De GPS module die wij zullen gebruiken in ons proof-of-concept is reeds geïntegreerd in onze microcontroller.

## Controllers

Een microcontroller kan worden gezien als een kleine computer, dit komt door de essentiële componenten die het bevat; de Central Processing Unit (CPU), het Random Access Memory (RAM), het Flash-geheugen, de Serial Bus Interface, de Input/Output Ports (I/O Ports), en in veel gevallen de Electrical Erasable Programmable Read-Only Geheugen. Het gamma van Microcontrollers is enorm groot. Door de prijsevolutie van alsmat goedkopere computerchips zijn er enorm veel mogelijke boards op de markt. Men moet altijd de controller bekijken naar de nodige functie die deze gaat vervullen. Deze keuze kan op basis van onderstaande lijst worden afgewogen. Doch is de keuze per project verschillend. Niet in elk project vormen deze kenmerken een logische volgorde voor de juiste keuze.

*Figuur 8 Lilygo TTGO*

Een mogelijke lijst van deze functies zou kunnen zijn:

- Ontwikkelingstijd
- Ontwikkelingskosten
- Productiekosten
- Stabiliteit
- Onderhoudskosten
- Prestaties
- Afmetingen
- Beveiliging
- Stroomverbruik
- Connectiviteit



De voornaamste functie van de microcontroller in dit project zal het verzamelen van de sensorgegevens en deze doorsturen naar een centraal verzamel punt zijn. Omdat we dit apparaat voor elke vuilnisbak willen gebruiken is de prijs wel een belangrijk aspect. Ook het stroomverbruik zal een belangrijk aspect zijn in de keuze voor welke controller we zullen gebruiken. Aangezien er aan de meeste vuilnisbakken geen stroomvoorziening is zullen we deze controllers van voeding voorzien doormiddel van een batterij gekoppeld met een zonnecel.

De microcontroller die wij zullen gebruiken tijdens onze proof of concept is de Lilygo TTGO. Deze bevat een ingebouwde GPS module zodat we de juiste locatie van de vuilnisbak kunnen bepalen. Deze controller is ook voorzien van een batterijhouder zodat het volledig draadloos kan functioneren. Het is ook mogelijk om hier een accu aan te koppelen met een zonnecel zodat we het onderhoud en controleren van de batterij kunnen minimaliseren.

De nodige GPIO pinnen zijn beschikbaar om zo onze sensoren te kunnen uitlezen. Verder heeft deze controller ook een ingebouwde LoRa chip om de communicatie te verwezenlijken met ons geheel systeem. In een volgend hoofdstuk zal er verdere uitleg over de communicatie volgen.

## Raspberry Pi

Een Raspberry Pi is een kleine computer ter grootte van een creditcard. Het bord heeft een processor, RAM en de standaard hardware poorten die je op de meeste computers aantreft. Dit is echter geen microcontroller en de RPI heeft een besturingssysteem (OS) nodig om te kunnen functioneren. Wij zullen voor de kiosk en voor de LoRa gateway een Raspberry Pi 3B+ gebruiken. Deze Raspberry Pi heeft een CPU die klokt op 1,2 Ghz en 64 bit is. Het grote verschil tussen de 3B en 3B+ is de CPU die enigszins efficiënter werkt en de mogelijkheid om dit board te voeden met power over ethernet.

### Raspberry Pi 3B+ specificaties:

- SoC: Broadcom BCM2837B0 quad-core A53 (ARMv8) 64-bits @ 1,4 GHz
- GPU: Broadcom Videocore-IV
- RAM: 1 GB LPDDR2 SDRAM
- Netwerken: Gigabit Ethernet (via USB-kanaal), 2,4 GHz en 5 GHz 802.11b / g / n / ac wifi
- Bluetooth: Bluetooth 4.2, Bluetooth Low Energy (BLE)
- Opslag: Micro-SD
- GPIO: 40-pins GPIO-header, gevuld
- Poorten: HDMI, 3,5 mm analoge audio-video-aansluiting, 4x USB 2.0, Ethernet, seriële camera-interface (CSI), seriële display-interface (DSI)
- Afmetingen: 82 mm x 56 mm x 19,5 mm, 50 g



*Figuur 9 Raspberry Pi 3B+*

## Conclusie

De hardware materialen die we zullen gebruiken voor onze conceptoplossing zijn: ultrasoon sensoren, weegcellen, bewegingssensoren, fire sensor modules, Lilygo TTGO microcontrollers, en enkele Raspberry Pi's 3B+.

## Aanbeveling productieomgeving

In een productieomgeving zouden wij voor dezelfde microcontroller opteren. Omdat hier de LoRa module is ingebouwd samen met de gps-module, overige sensoren kunnen via de GPIO-pinnen bevestigd worden. Enkel de loadcell zou een grotere draagkracht moeten hebben.

De LoRa Gateway die wij gaan gebruiken voor ons proof-of-concept ondersteunt one-channel mode. Bij een dergelijke uitrol naar de stad is het noodzakelijk dat er een X-tal gateways worden aangeschaft. Dit om een volledige dekking van alle smart vuilbakken in hun stad te laten communiceren en dit met een full channel mode. Hierdoor is het mogelijk om alle vuilbakken te voorzien van een smartsysteem. Om de volledige draadloosheid te garanderen zouden wij gebruik maken van een batterij met zonnecel die de microcontroller en sensoren voorziet van stroom.

## Communicatie

Dit communicatieonderdeel zal meer inzicht bieden over hoe onze netwerkinfrastructuur gevormd is en met welke technologieën we de communicatie zullen verwezenlijken.

### LoRaWAN

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) is een netwerk communicatie-en een systeemarchitectuur protocol dat verder bouwt op de LoRa technologie. LoRa maakt gebruik van radiofrequentie signalen (868 MHz -Europa) om langeafstand signalen met een laagvermogen te sturen. Deze technologie wordt gebruikt om data van IOT-apparaten te versturen. Apparaten in dit netwerk gebruiken asynchrone communicatie, wat betekent dat ze data zullen doorsturen wanneer deze beschikbaar is. Data die door een node verstuurd wordt, is ontvangen door verschillende gateways, deze forwarden het pakket dan verder naar een centrale netwerkserver.

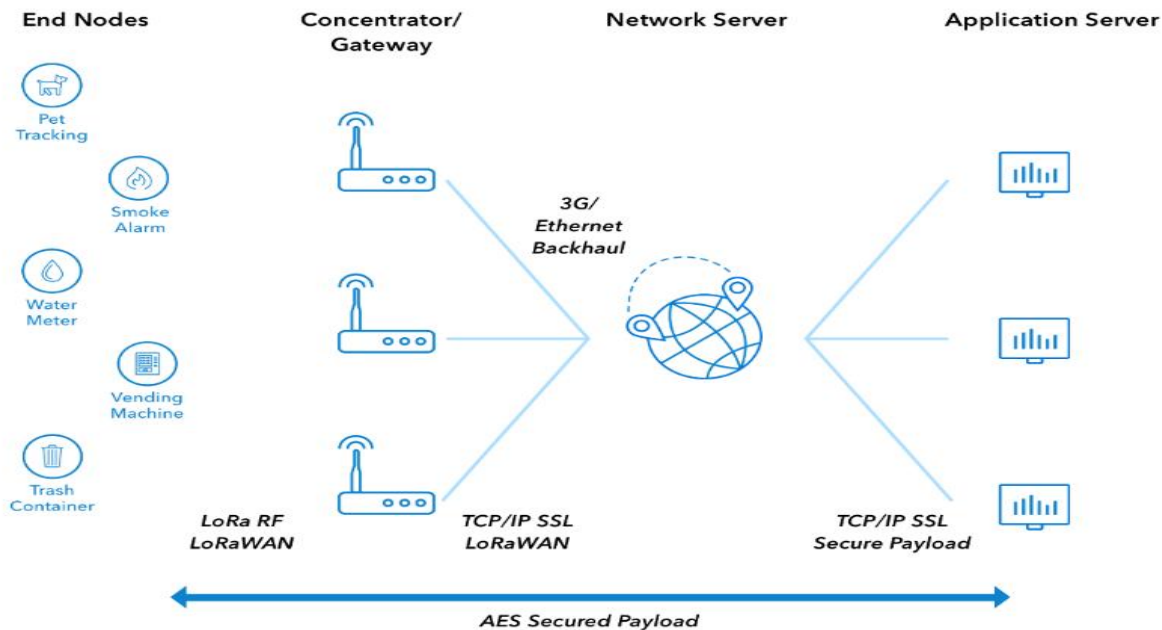
### The Things Network

<https://www.thethingsnetwork.org/>



The Things Network is een stichting die als doel heeft om een globaal open LoRaWAN netwerk te bouwen en ontwikkelaars te ondersteunen in het bouwen van hun LoRaWAN oplossingen. Wij kunnen gebruik maken van hun website en integraties om data van onze sensoren te verzamelen en te monitoren. Om deze dan vervolgens naar een andere, meer beheerbare, database te exporteren.

*Figuur 10 The Things Network logo*



**Figuur 11 LoRaWan architectuur**

End nodes = Sensoren

Gateway = Apparaat dat broadcasts zal ontvangen van de sensoren, en data kan terugsturen

Network server = Brug tussen radioprotocolen en het internet

Application server = Softwareapplicatie op een server

## Gateway

Dit is een brug tussen onze sensoren en The Things Network. De gateway zal via LoRaWAN connecteren met de sensoren, en via ethernet of wifi verbinden met The Things Network. Gateways maken gebruik van een LoRa concentrator om LoRa pakketten te ontvangen. Dit board is dan verbonden met een Raspberry Pi om de pakketten te verwerken. De gateway kan onze data doorsturen en bijhouden in The Things Network. Wij beschikken al over een LoRa concentrator board, dus we kunnen zelf onze gateway bouwen. Een handig gids die dit verder in detail beschrijft:

<https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/start/build.html>

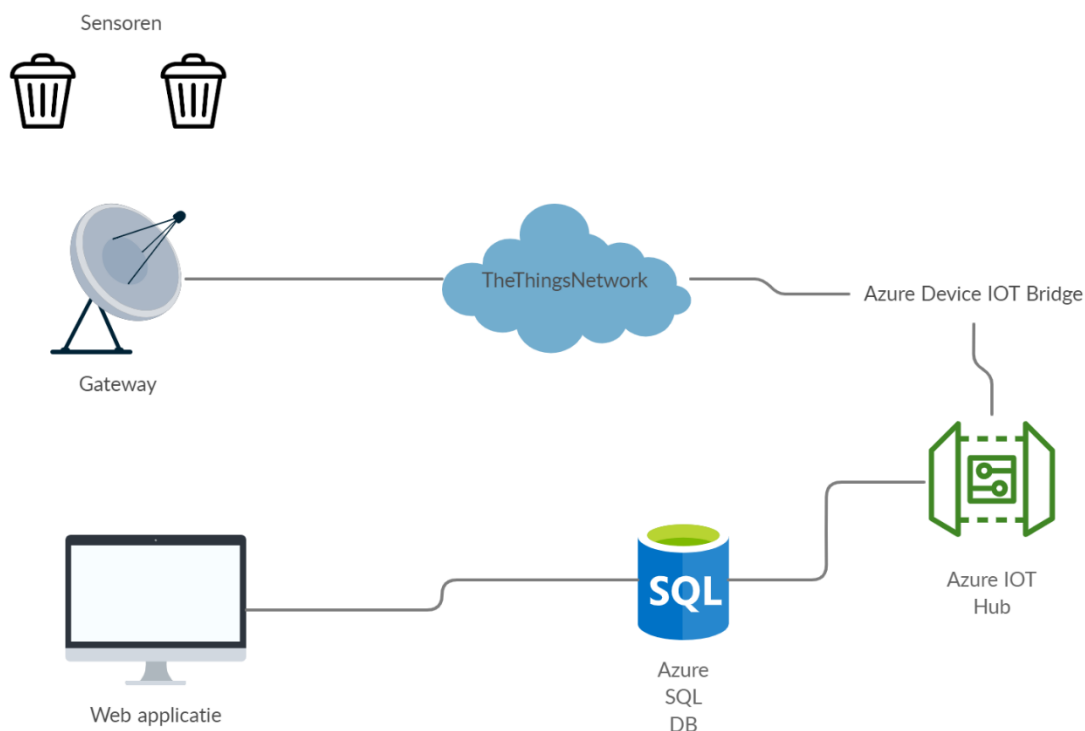
## Azure IOT Central Device Bridge

The Azure IOT Central Device Bridge is een technologie die het mogelijk maakt om data van andere cloud oplossingen, zoals The Things Network, te integreren in Azure IOT hub. Er is geen manier om data rechtstreeks veilig naar een Azure SQL database te sturen, dus we zullen eerst gebruik moeten maken van Azure IOT hub, om dan vervolgens tussen Azure IOT hub en de Azure SQL database een verbinding te maken. Meer uitleg over de Azure SQL database vindt u in het database onderdeel.

## Conclusie

We zullen een gateway moeten configureren die verbinding maakt met onze sensoren en met TheThingsNetwork. Vervolgens integreren we de data van TheThingsNetwork in een Azure IOT Hub aan de hand van de Azure IOT Central Device Bridge. Ten slotte maken we een connectie tussen de

IOT-hub en onze Azure SQL database. Het onderstaande schema visualiseert onze netwerkinfrastructuur.



**Figuur 12 Netwerkinfrastructuur**

### Aanbeveling productieomgeving

Deze infrastructuur is passend voor onze conceptoplossing. Voor een productieomgeving kan deze makkelijk aangepast worden. De stad Herentals maakt momenteel al gebruik van de cloudoplossingen die het bedrijf Cipal Schaubroeck hen aanbiedt, was ons laten weten.

In plaats van de Azure services (Bridge, IOT Hub, SQL Database) te gebruiken, kunnen zij dan verder met de cloudoplossingen van Cipal Schaubroeck werken. De data kan namelijk makkelijk van The Things Network naar een externe database geëxporteerd worden. Ook kunnen er meerdere gateways geconfigureerd worden om een groter bereik te creëren en dus meer vuilnisbakken te kunnen bereiken.

## Database

We hebben besloten om een Azure SQL database te gebruiken als centrale database voor ons project. Dit is een relationele database van het cloud platform van Microsoft Azure. Na een vergelijking met andere soortgelijke services (AWS, Google Cloud, etc.) kwam deze er als beste resultaat uit. Onder andere door de configuratie- en beveiligingsmogelijkheden.

We kozen in de eerste plaats voor een cloud database omdat dit de efficiëntste oplossing is, het is makkelijk bereikbaar, makkelijk te integreren met andere services, en de uptime is optimaal bij een platform zoals Microsoft Azure. On-premise hosting was ook een optie door een Raspberry Pi te configureren als database, maar dit is niet zo realistisch aangezien de stad Herentals momenteel ook al cloud oplossingen gebruikt. Cloud hosting schept dus een realistischer beeld.

Azure biedt ook nog enkele andere services aan die we kunnen gebruiken, niet alleen de SQL-database, maar we zullen ook gebruik moeten maken van de IOT-hub en de IOT Central Device Bridge om integratie met onze sensoren en TheThingsNetwork mogelijk te maken.

De beveiligingstools die configureerbaar zijn op het Azure platform zijn ook zeer interessant. Zo is er bijvoorbeeld een ingebouwde firewall die verder aanpasbaar is, we kunnen hierdoor de toegang naar de database beperken tot enkel de bevoegde IP-adressen.

Ook zijn er handige integratiemogelijkheden die het mogelijk maken om vlot met andere tools te werken, zoals onder andere onze BI tool Qlik.

De data die we in de database zullen bijhouden is de vullingsgraad per vuilbak, het gewicht per vuilnisbak, maximale capaciteit per vuilbak, afstand tot vuilnis, tijdstippen, locaties, en temperatuur en luchtvochtigheid (voor de kiosk).



## Applicatie

De applicatie die we zullen ontwikkelen moet makkelijk in gebruik zijn, maar het moet ook makkelijk bereikbaar zijn. Daarom zullen we werken aan een PWA, Progressive Web Application. Dit betekent dat de applicatie online gebruikt kan worden in een webbrowser, maar ook als native app op een smartphone. Op deze manier kunnen we zo veel mogelijk mensen bereiken. Ook voor de werknemers van stad Herentals is het handig om de applicatie te kunnen gebruiken op kantoor via een computer, of onderweg op een smartphone.

### Angular



*Figuur 13 Logo Angular*

Angular is een zeer populair framework voor het ontwikkelen van een PWA. Met Angular maak je een applicatie bestaande uit verschillende modules en componenten. Op deze manier heb je een zeer modulaire applicatie die toelaat om grote projecten op te delen in kleinere stukken.

Dankzij de actieve gemeenschap die met Angular werkt zijn er constante updates en archieven die je kan gebruiken. Dit vormt samen met de modulariteit een goede basis voor een toekomstgerichte applicatie die jarenlang mee zal gaan. Er zijn ook enkele nadelen aan Angular, namelijk de zoekmachineoptimalisatie. Dit is natuurlijk wel een belangrijk onderdeel. Het is de bedoeling dat zo veel mogelijk mensen de applicatie kunnen vinden en gebruiken binnen Herentals.

De reden voor de slechte zoekmachineoptimalisatie is de manier waarop Angular een webpagina naar de gebruiker brengt. Veel informatie hangt vast aan scripts, op deze manier zie je als gebruiker pas de inhoud eens je een pagina opent. De computers die voor een zoekmachine een webpagina doorzoeken kunnen niet altijd deze inhoud bekijken, wat ervoor zorgt dat de zoekmachine geen volledig beeld krijgt van de webpagina.

Er bestaan wel manieren om dit te omzeilen. Zo kan je bijvoorbeeld belangrijke pagina's op de server verwerken en vervolgens de uitgewerkte webpagina doorsturen naar de eindgebruiker.

## Laravel



*Figuur 14 Logo Laravel*

Het Laravel framework is gebaseerd op PHP. Het is een goed gedocumenteerde taal die veel mogelijkheden aanbied. Laravel maakt gebruik van ORM (Object Relational Mapping). Op deze manier gebruik je geen SQL code om de database te bewerken, maar PHP code. Deze manier van werken zorgt voor een logische workflow en is sneller dan de klassieke manier.

## BI-tool – Qlik



*Figuur 15 Qlik Logo*

De data die we binnenkrijgen heeft natuurlijk weinig betekenis in het ruw formaat. Visuele weergaves helpen altijd beter met het begrijpen van de data. Daarom moeten we een BI-Tool kiezen om deze data visueel voor te stellen.

Qlik Sense is een Business Intelligence (BI) tool van Qlik. Het is ook de tool waarvan we de meeste kennis hebben meegekregen via de lessen. Deze tool is een van de meest gebruikte tools voor het bouwen van interactieve dashboards omdat het zeer makkelijk is in het gebruik. Ook is er de mogelijkheid om de visualisaties te embedden in een website wat zeer interessant is voor onze toepassing.

Een nadeel van Qlik sense is dat de tool meer gebaseerd is op het verkennen en het visualiseren van data dan op de predictieve analytische functies. Voorspellende modellen bouwen in Qlik is dus moeilijk. Dit is echter geen probleem want we gaan geen voorspellende modellen bouwen. We kunnen alles berekenen met wiskundige berekeningen. Predictieve analytische functies zijn trouwens wel mogelijk maar gewoon niet heel geavanceerd in Qlik.

# Kiosk (touchscreen)



*Figuur 16 Display 7 Inch 800x480*

Het mooie aan touchscreen-technologie is dat het voor mensen ongelooflijk gemakkelijk is in gebruik. Touchscreens kunnen net zoveel informatie weergeven als mensen nodig hebben om een bepaalde taak te voltooien en niet meer, waardoor mensen op een zeer eenvoudige, systematische manier door een vrij complex proces worden geleid. Dat is de reden waarom touchscreen-technologie perfect is gebleken voor openbare informatiekiosken, kaartautomaten op treinstations, elektronische stemmachines, zelfbedieningskassa's, militaire computers en vele soortgelijke toepassingen waarbij computers met schermen en toetsenborden te lastig zouden zijn om te gebruiken.

Er zijn verschillende soorten touchscreens op de markt. Sommigen kunnen slechts één vinger tegelijk voelen en raken erg in de war als u op twee plaatsen tegelijk probeert te drukken. Anderen kunnen gemakkelijk meer dan één toetsaanslag tegelijk detecteren en onderscheiden. Voor ons proof-of-concept zullen wij gebruik maken van Display 7 Inch 800x480 with Capacitive Touchscreen and Enclosure. Deze touchscreen zullen we aansluiten op een Raspberry Pi. Zo kunnen we de digitale diensten van de stad displayen en gebruiken op het touchscreen. Voor een degelijk scherm voor openbare ruimtes is de grote van dit scherm niet geschikt. Ook om dit buiten te installeren is dit ook niet voldoende. Er zijn bedrijven die deze kennis over dergelijk real setups hebben en dit al jaren toepassen in steden, evenementen en sportactiviteiten.



*Figuur 17 CCS811 en HDC1080 Luchtkwaliteitsvochtigheids- en temperatuursensor*

Ook zullen wij van deze kiosk een slim object maken door een CO<sub>2</sub>/temperatuur sensor te integreren. Hiervoor opteren wij om met de CCS811-module te werken. Dit is een digitale gassensor die een geïntegreerde metaaloxide (MOX) gassensor gebruikt om "vluchtige organische stoffen" (VOC's) uit de lucht te meten. De sensor kan ook "equivalent CO<sub>2</sub>" (eCO<sub>2</sub>) meten.

De HDC1080 module is een vochtigheidssensor met geïntegreerde temperatuursensor die een uitstekende meetnauwkeurigheid biedt bij zeer laag vermogen.

# Project planning

In dit onderdeel kan u een beknopt overzicht vinden van de taken die uitgevoerd moeten worden om het project te realiseren, inclusief een overzicht van de benodigde materialen en technologieën.

## Taken

- Hardware opstellingen maken
  - Sensoren en controllers verbinden
  - Raspberry Pi's configureren
- Configureren netwerkinfrastructuur
  - Configureren The Things Network
  - Configureren Azure IOT Device Bridge
  - Configureren Azure IOT Hub
  - Connectie creëren tussen Azure IOT hub en Azure SQL Database
- Configureren database
  - Aanmaken Azure SQL database
  - Aanmaken import script, data uit IOT-hub halen
- Ontwikkelen applicatie
  - Ontwikkelen login pagina
  - User management
  - Ontwikkelen overzicht data
- Configureren BI tools
  - Visualiseren data
  - Bouwen dashboards
  - Embedden data in applicatie
  - Voorspellingen(?)

## Materialen en technologieën

### Hardware

- Ultrasoon sensoren
- Weegcellen
- Bewegingssensor
- Fire Sensor Module
- Temperatuursensor CO2
- Lilygo TTGO microcontrollers
- LoRa gateway
  - Raspberry pi 3B+
  - Lora hat for Raspberry pi
- Touchscreen kiosk
  - Raspberry Pi 3B+

- Display

#### Netwerkinfrastructuur

- Azure services (IOT hub, IOT device bridge, SQL database)
- The Things Network
- LoRa (en LoRaWAN)

#### Applicatie

- Angular
- Laravel

#### BI tools

- Qlik

De realisatiefase van het project zal via een Agile werkmanier verlopen. Dit wilt zeggen dat we steeds streven naar kleine werkende deelproducten, om uiteindelijk het complete product te bekomen. Meer uitleg over deze realisaties vindt u in het volgende hoofdstuk.

Onze communicatie naar de opdrachtgever zal op dezelfde manier verlopen zoals dat tot nu toe gedaan is. Dus op onze website (<https://upsmart.seppealaerts.be/>) zullen wij updates plaatsen, op deze manier kan er makkelijk gevolg worden waar wij mee bezig zijn. Ook zullen wij periodisch mails sturen naar de opdrachtgevers met een rapportage in.

## Realisaties

In het onderstaand overzicht vindt u de realisaties die we per projectweek gaan realiseren. Per week (sprint) zullen we een werkend deelproduct creëren.

### Week 1

In de eerste week zullen we een basissysteem opbouwen dat data kan meten, doorsturen en mogelijk displayen op een simpele applicatie.

1. De hardware van zowel het smart vuilnisbak systeem als van de Kiosk opbouwen.
2. De microcontroller van het smart vuilnisbak systeem zal de sensordata kunnen doorsturen naar het The Things Network.
3. De Azure omgeving zal gecreëerd worden.
4. Een basis applicatie waarin de user kan inloggen en met simpele functionaliteiten zoals het aanmaken en beheren van vuilbakken.
5. Basis BI tools worden geconfigureerd.

## Week 2

In de tweede week zullen we verder op de vorige realisatie bouwen. Hier gaan we al deelsystemen optimaliseren en verder uitwerken.

1. Hardware optimaliseren.
2. Testing van sensoren en meetgegevens.
3. De applicatie uitbreiden zodat het mogelijk is om data van elke vuilbak in detail te bekijken.
4. Meer securityfunctionaliteiten worden geconfigureerd.
5. BI meerder dashboards.

## Week 3

Dit is de laatste week. Hier zullen we vooral tijd besteden aan het optimaliseren van ons systeem, en onze demo voorbereiden.

1. De applicatie wordt afgewerkt.
2. De omgeving wordt geoptimaliseerd.
3. De demo wordt voorbereid.

## Full backlog

In onderstaande paragraaf zullen wij bespreken wat onze systemen aan functionaliteit moeten bieden na een doorloop van een volledige ontwikkelingsproces.

Om onze shared vision te bereiken moeten we de communicatie tussen de burger en het stadsbestuur efficiënter maken.

Als onze sensoren duidelijke en bruikbare data kunnen doorsturen naar onze database, waarna deze data vervolgens in visualisaties op de applicatie getoond wordt, kan het stadsbestuur hier gebruik van maken om hun taken efficiënter uit te voeren.

Vervolgens kunnen we de communicatie tussen de burger en het stadsbestuur efficiënter maken door een kiosk te plaatsen in het stadshuis/stadscentrum. Aan de hand van deze kiosk is het mogelijk voor iedere burger om de services van de stad te bereiken.








In samenspraak met de opdrachtgever zullen wij dan ook zoveel mogelijk functionaliteit inbouwen. Daar wij ervan overtuigd zijn dat met het realiseren van dit project de start wordt gegeven van een Smartcity. Door de aanschaf van LoRa gateways en hun eerste slimme devices (vuilnisbakken). Zullen vele andere smartproducten gebruik kunnen maken van deze infrastructuur van Lora netwerk.

# Kostprijsberekening

## Materialen

In overleg met de opdrachtgevers is afgesproken dat wij zelf voor al het materiaal zullen zorgen voor het proof-of-concept, onder de voorwaarde dat het afgewerkt product ook in ons bezit zal blijven. Aangezien wij al veel van de hardware bezitten zal de kostprijs hierbij laag blijven. De producten kunnen na dit project ook hergebruikt worden voor andere projecten.



Prijs offerte hardware vuilnisbak:

Image	Product Name	Prijs
	<a href="#"><u>LilyGO TTGO T-Beam - LoRa 868MHz - NEO-6M GPS - ESP32 ***</u></a>	€22.00
	<a href="#"><u>Ultrasonic Sensor - HY-SRF05</u></a>	€3.25
	<a href="#"><u>IR Pyroelectric Infrared PIR Motion Sensing Detector Module</u></a>	€3.50
	<a href="#"><u>Fire(Infrared) Sensor Module</u></a>	€2.50
	<a href="#"><u>Load Cell - 5kg</u></a>	€5.00
	<a href="#"><u>Load Cell Amplifier- HX711</u></a>	€2.00
	<a href="#"><u>Power Bank Solar Charger 10 000</u></a>	€28.50

Totaal: € 66,75






### Prijsofferte LoRa gateway:

Product	Artikelcode	Prijs
	<a href="#">Raspberry Pi 3 Model B+</a>	€ 39,95
	<a href="#">Raspberry Pi LoRa/GPS HAT - 868MHz</a>	€ 38,50

**Totaal: € 78,45**

### Prijsofferte kiosk:

Product	Artikelcode	Prijs
	<a href="#">Raspberry Pi 3 Model B+</a>	€ 39,95
	<a href="#">Raspberry Pi 7" 800x480 DSI Touchscreen Display</a>	€ 72,95
	<a href="#">CCS811 and HDC1080 Air Quality Humidity and Temperature Sensor</a>	€13.00

**Totaal: € 125,90**

## Werkuren

De werkuren zullen verlopen volgens de project4.0 planning. Die vindt u hieronder.

maandag 18 januari 2021	dinsdag 19 januari 2021	woensdag 20 januari 2021	donderdag 21 januari 2021	vrijdag 22 januari 2021
<b>9:00:</b> Startpresentatie Realisatiefase Project 4.0 (D006) <b>Aansluitend:</b> presentatie per opdrachtgever en opstarten realisatiefase	<b>8:30:</b> Opstarten realisatiefase + Sprint 1 (hele dag)	<b>8:30:</b> Sprint 1 (hele dag)	<b>8:30:</b> Sprint 1 (hele dag)	<b>8:30:</b> Sprint 1 (hele dag)
maandag 25 januari 2021	dinsdag 26 januari 2021	woensdag 27 januari 2021	donderdag 28 januari 2021	vrijdag 29 januari 2021
<b>8:30:</b> Sprint 2 (hele dag)	<b>9:00:</b> Voorbereidende sessies sollicitatietraining (voormiddag)	<b>8:30:</b> Sprint 2 (hele dag)	<b>8:30:</b> Sprint 2 (hele dag)	<b>8:30:</b> Sprint 2 (hele dag)
maandag 1 februari 2021	dinsdag 2 februari 2021	woensdag 3 februari 2021	donderdag 4 februari 2021	vrijdag 5 februari 2021
<b>8:30:</b> Sprint 3 (hele dag)	<b>8:30:</b> Sprint 3 (hele dag)	<b>8:30:</b> Sprint 3 (hele dag)	<b>8:30:</b> Sprint 3 (hele dag)	<b>Hele dag:</b> Sollicitatietraining
maandag 15 februari 2021	dinsdag 16 februari 2021	woensdag 17 februari 2021	donderdag 18 februari 2021	vrijdag 19 februari 2021
<b>8:30:</b> Voorbereiden afwerking (hele dag)	<b>8:30:</b> Voorbereiden afwerking (hele dag)	<b>8:30:</b> Voorbereiden afwerking (hele dag) + Vanaf 10u: jobbeurs 12u30: Voorbereiding Stage en Bachelorproef	<b>Voormiddag:</b> Presentaties voor de jury's <b>Namiddag:</b> Beurs met showcases	Lesvrij
maandag 22 februari 2021	dinsdag 23 februari 2021	woensdag 24 februari 2021	donderdag 25 februari 2021	vrijdag 26 februari 2021
RZL	RZL	RZL	RZL	RZL

# Besluit

In dit rapport vond u in de eerste plaats een beschrijving over de onderdelen die wij tijdens onze proof-of-concept zullen gebruiken voor het ontwikkelen van een smart vuilnisbak systeem en een kiosk. Ook hebben wij aangeraden welke materialen en technologieën er bij een uitrol naar een volwaardig product best gebruikt kunnen worden.

Vervolgens vond u een beschrijving van de planning van onze realisatiefase, inclusief een materiaallijst, en een overzicht van de taken die vervuld moeten worden.

Wij hopen dat wij u hiermee voldoende geïnformeerd hebben.

# Bronnen

- Arashi. (2019, September 17). *HC-SR04 Ultrasonische sensoren op een arduino uno bord*. Opgehaald van opencircuit.be: <https://opencircuit.be/Blog/HC-SR04-Ultrasonische-sensoren-op-een-Arduino-Uno-bord>
- Bloch, O. (2019, Januari 31). *The Things Network and Azure IoT connect LoRaWAN devices*. Opgehaald van azure.microsoft.com: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/the-things-network-and-azure-iot-connect-lorawan-devices/>
- Gemalto, Actility, and Semtech. (2017, Februari). *LoRaWAN security*. Opgehaald van lora-alliance.org: [https://lora-alliance.org/sites/default/files/2019-05/lorawan\\_security\\_whitepaper.pdf](https://lora-alliance.org/sites/default/files/2019-05/lorawan_security_whitepaper.pdf)
- IOT Factory. (sd). *Privé LoRaWAN-netwerk*. Opgehaald van iotfactory.eu: <https://iotfactory.eu/nl/producten/prive-lorawan-netwerk/>
- Liu, V. (2018, November 20). *Connect devices from other IoT clouds to Azure IoT Central*. Opgehaald van azure.microsoft.com: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/connect-devices-from-other-iot-clouds-to-azure-iot-central/>
- LoRa-Alliance. (sd). *About LoRaWAN*. Opgehaald van lora-alliance.org: <https://lora-alliance.org/about-lorawan>
- M5STACK M5SCALE DIY kit - met M5StickC. (sd). Opgehaald van tinytronics.nl: <https://www.tinytronics.nl/shop/nl/sensoren/gewicht-druk-kracht/m5stack-m5scale-diy-kit-met-m5stickc>
- TheThingsNetwork. (sd). *Building a global open LoRaWAN network*. Opgehaald van thethingsnetwork.org: <https://www.thethingsnetwork.org/>
- TheThingsNetwork. (sd). *Gateways*. Opgehaald van thethingsnetwork.org: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/>
- Ultrason sensor: alles over de werking. (sd). Opgehaald van sensorpartners.com: <https://www.sensorpartners.com/kennisbank/alles-over-de-werking-van-een-ultrasoon-sensor/>