

Toegepaste Informatica/ Elektronica-ICT

Blueprint luchtkwaliteit Hoboken

Onderdeel van het project

ondersteund door de

AP Hogeschool

en uitgevoerd op en begeleid door het bedrijf

Natuurpunt

Joos Van Esbroeck & Niels Aarts & Gil Struyf & Jurgen Vanpeteghem & Jordy Van Mol

Specialisatie IT & IoT

Begeleider: Maarten Luyts

Academiejaar 2023-2024

Mentor: Dirk Van Merode

1e semester

Inhoudsopgave

Figurenlijst.....	3
Opdrachtgever	4
Samenvatting	4
As-Is.....	5
Situatie To-Be.....	6
Projectdefinitie	7
Scope.....	8
Niet in scope	8
Planning	9
Functioneel design	11
Technisch design	13
Componentenlijst:.....	14
Smart object (software-analyse).....	16
Teststrategie	17
Beschrijving van eventuele datamigratie.....	18
Beschrijving van eventuele impact op de huidige infrastructuur	18
Analyse van security en eventuele autorisatie rollen.....	18
Documentatie	19

Figurenlijst

Figuur 1 Data Flow Diagram data verwerken	12
Figuur 2 Activity diagram	13
Figuur 3 Aansluiting van de voeding op ESP	14
Figuur 4: Verbinding van de energievoorziening	14
Figuur 5 Blokdiagram	15

Opdrachtgever

Projectnaam: IoT project Hoboken

Partner: Natuurpunt Hobokense Polder vzw

Instelling: AP Hogeschool Antwerpen

Samenvatting

Natuurpunt wil de luchtkwaliteit van de Hobokense Polder in kaart brengen met behulp van sensoren en deze data gebruiken voor het verbeteren van de luchtkwaliteit. Er moeten verschillende factoren van de luchtkwaliteit worden gemeten, zoals CO₂, NO_x, fijn stof, luchtvochtigheid en temperatuur, en mogelijks zwaveldioxide. Dit moet worden samengebracht in een robuust pakket. Wij zullen dit project uitvoeren door een module te maken met de volgende eigenschappen: we gaan statische sensorborden ontwerpen die op vaste plaatsen in de Hobokense Polder worden gemonteerd om de luchtkwaliteit doorheen de Hobokense Polder in kaart te brengen. Deze sensorborden hangen in een waterbestendige behuizing, waar nog wel lucht binnen kan.

As-Is

Natuurpunt Onderzoekt Milieubelasting in de Hobokense Polder

De Hobokense Polder, gelegen in het prachtige Vlaanderen, is een cruciaal natuurgebied dat wordt gekoesterd door Natuurpunt, een vooraanstaande natuurbehoudsorganisatie. Dit unieke stukje natuur staat bekend om zijn biodiversiteit en schilderachtige schoonheid, maar het wordt helaas bedreigd door de impact van naburige bedrijven op het milieu. Om de gezondheid van dit belangrijke natuurgebied te behouden, heeft Natuurpunt besloten om de mate van vervuiling door buurbedrijven grondig te onderzoeken.

De Hobokense Polder is een waar paradijs voor vogels, planten en andere wilde dieren. Het gebied herbergt zeldzame en bedreigde soorten en is van onschatbare waarde voor wetenschappelijk onderzoek en natuurliefhebbers. Echter, de nabijheid van industriële bedrijven heeft de aandacht gevestigd op mogelijke negatieve gevolgen voor het milieu. Het lozen van afvalstoffen, luchtvervuiling en andere activiteiten kunnen een aanzienlijke impact hebben op dit delicate ecosysteem. Om de impact van de buurbedrijven op de Hobokense Polder nauwkeurig te beoordelen, heeft Natuurpunt een uitgebreid onderzoek gelanceerd. Dit onderzoek zal verschillende aspecten van milieuvervuiling aanpakken, waaronder:

Luchtkwaliteit: Het meten van de luchtkwaliteit in de omgeving om de impact van luchtverontreiniging op het planten- en dierenleven in kaart te brengen.

Metten van specifieke luchtkwaliteitsparameters:

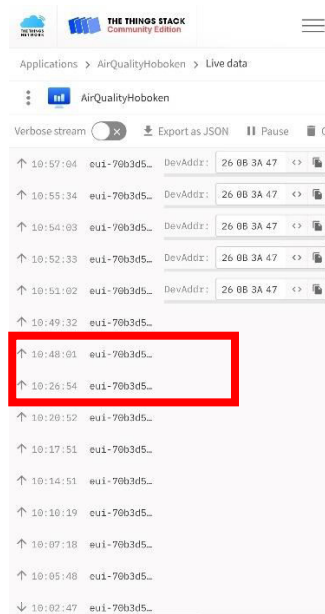
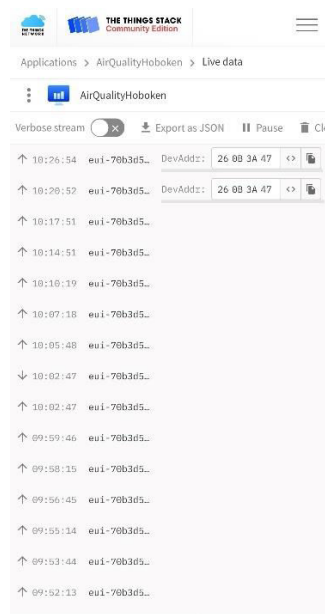
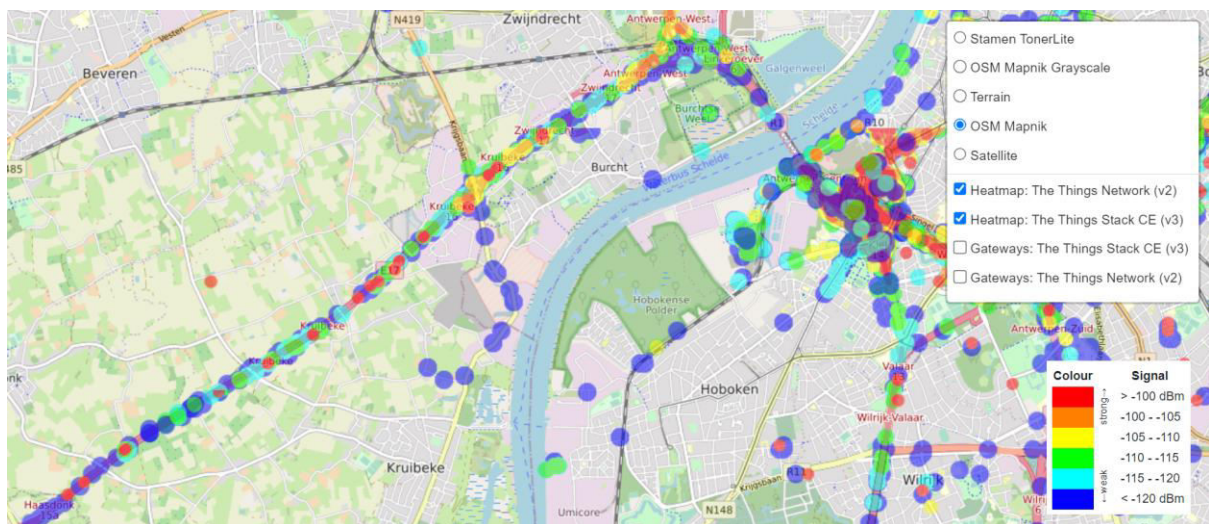
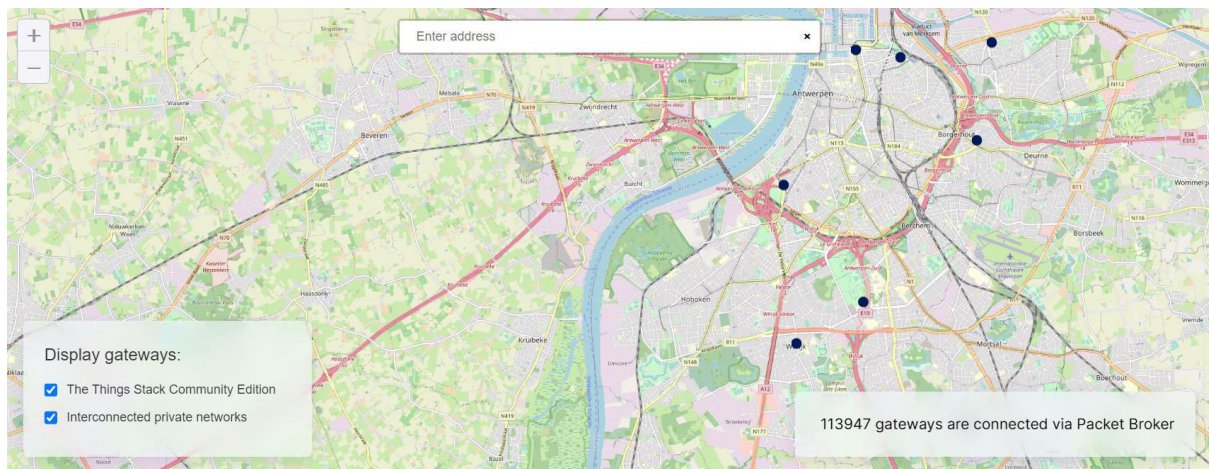
- CO₂
- TVOC
- NO_x
- Fijnstof
- Temperatuur
- Luchtvochtigheid
- Luchtdruk
- Zwaveldioxide

Dit onderzoek zal niet alleen helpen bij het identificeren van vervuilingsbronnen, maar ook bij het ontwikkelen van beleidsmaatregelen en samenwerking met de bedrijven om de impact op de Hobokense Polder te verminderen. Natuurpunt streeft ernaar de natuurlijke schoonheid van dit gebied te behouden en te beschermen voor toekomstige generaties.

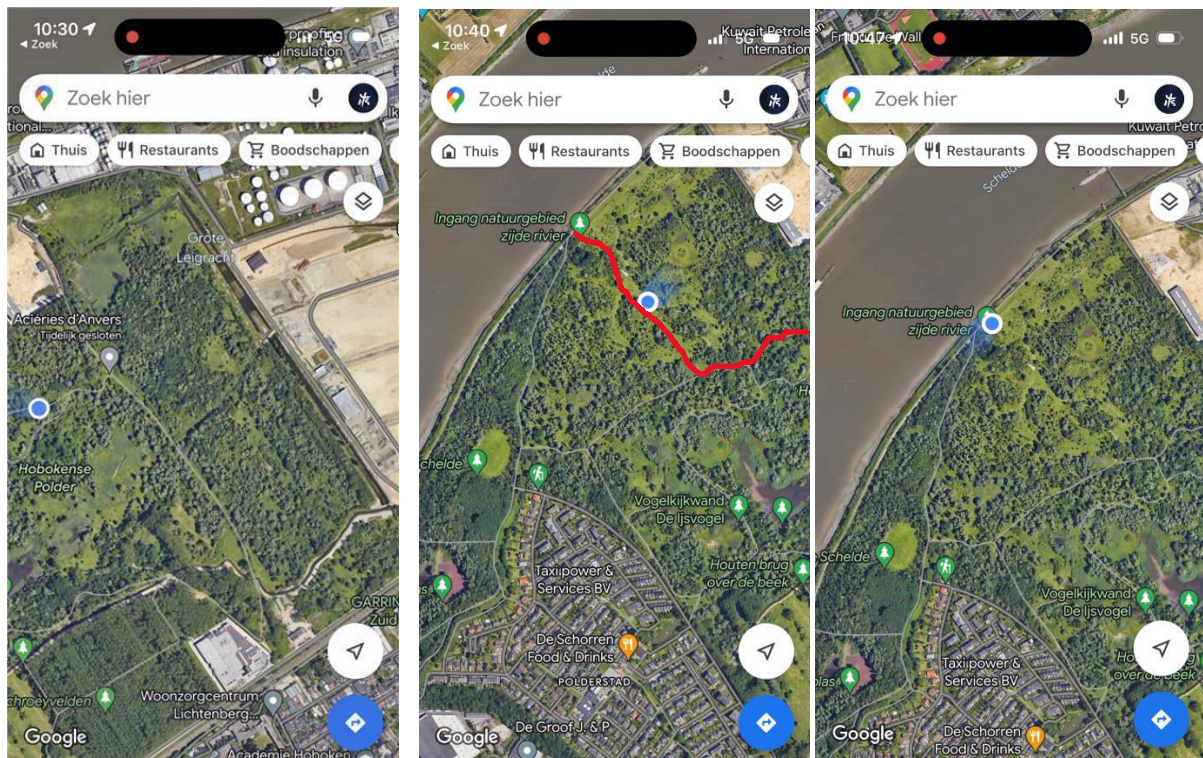
Het is van vitaal belang dat bedrijven en de gemeenschap samenwerken om duurzame oplossingen te vinden die zowel de economische ontwikkeling als de bescherming van de natuur ondersteunen. De inspanningen van Natuurpunt om de Hobokense Polder te behouden en te herstellen zijn een cruciale stap in de richting van een evenwichtige co-existentie tussen de natuur en industrie.

LoRaWAN situatie

In onderstaande foto zien we 3 gateways rond om noorden en oosten van de Hobokense Polder.



Tijdens een wandeling in de Hobokense Polder hebben we het bereik tussen het apparaat en de gateway kunnen testen. We hebben een stabiele verbinding ervaren gedurende de wandeling, met uitzondering van de periode van 10:26 tot 10:48 uur (aangeduid met rode lijn).



Situatie To-Be

Doel:

Het doel van dit project is het ontwerpen en bouwen van een geavanceerd sensorbord dat specifieke luchtkwaliteitsparameters kan meten. Het sensorbord moet in staat zijn om autonoom te werken op batterijen en zonne-energie (PV-cel), het moet een PCB (Printed Circuit Board) bevatten voor de sensoren, en de gegevens moeten worden gecommuniceerd via LoRaWAN. Bovendien moet het sensorbord worden ingezet voor langdurige testen op statische locaties in de Hobokense Polder en de verzamelde gegevens moeten worden opgeslagen in een database voor verdere analyse.

Beschrijving van de situatie:

Onze organisatie heeft zich ten doel gesteld om de luchtkwaliteit in de Hobokense regio te verbeteren en te bewaken. We hebben een project gestart waarbij we een geavanceerd sensorbord willen ontwikkelen en implementeren om specifieke luchtkwaliteitsparameters te meten, zoals fijnstofniveaus (PM_{2.5} en PM₁₀), stikstofdioxide (NO₂), koolstofmonoxide (CO), ozon (O₃) en vluchtige organische stoffen (VOS).

Het sensorbord moet autonoom kunnen werken op batterijen en zonne-energie, wat essentieel is voor langdurige inzet op statische locaties zonder afhankelijk te zijn van het elektriciteitsnet.

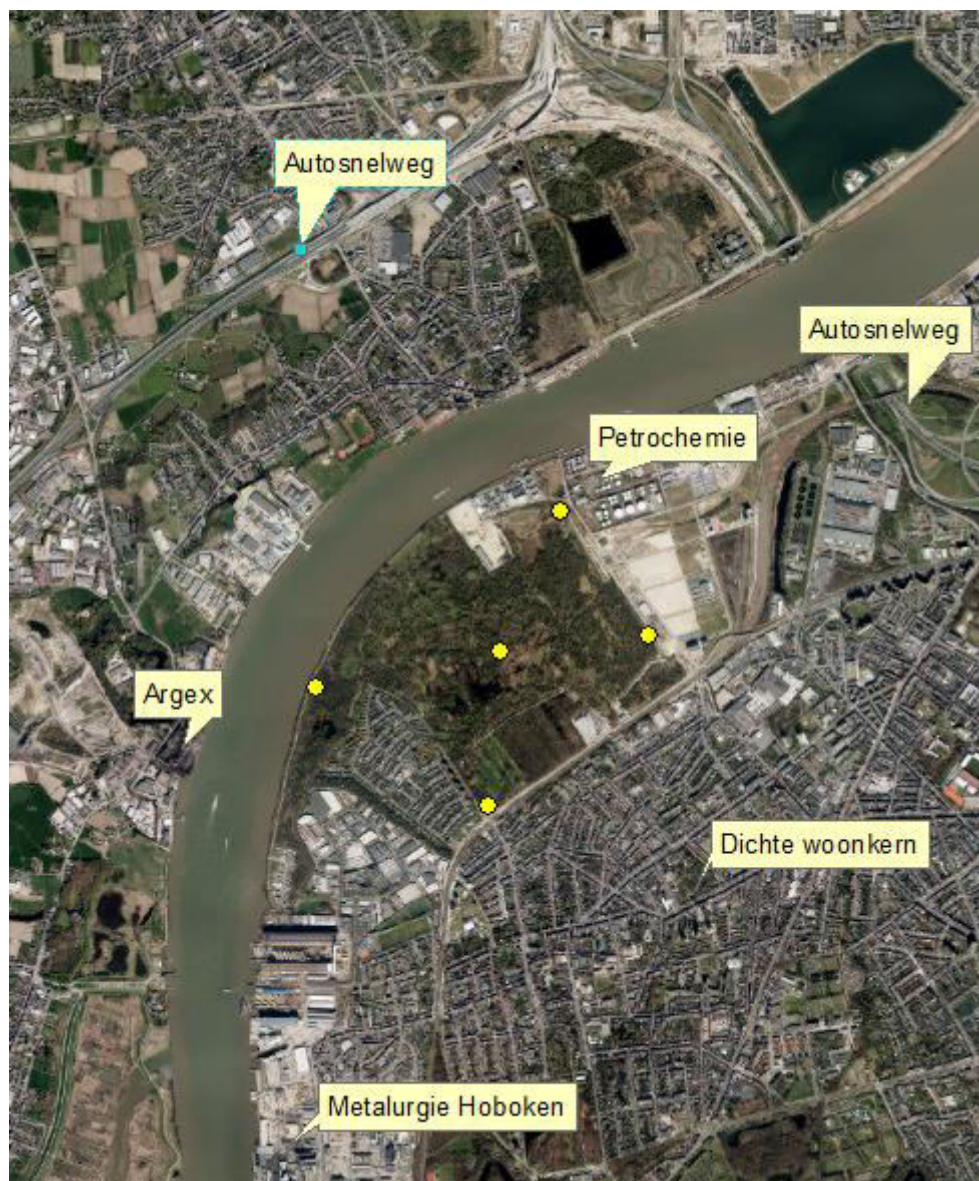
De kerncomponent van het sensorbord is een PCB waarop de sensoren zijn gemonteerd en die de metingen verzamelt en verwerkt. De gegevens moeten worden verzonden via het LoRaWAN-netwerk naar een centrale database voor verdere analyse. Dit maakt real-time bewaking en rapportage mogelijk.

Voor het testen en bewaken van de luchtkwaliteit zullen meerdere van deze sensorborden gedurende een langere periode op strategische locaties in de Hobokense Polder worden geplaatst. De verzamelde gegevens worden continu opgeslagen in een database, zodat we trends kunnen analyseren, waarschuwingen kunnen activeren bij overschrijding van drempelwaarden en onze inspanningen kunnen richten op gebieden waar luchtkwaliteitsproblemen het meest urgent zijn.

Dit project is van groot belang om de luchtkwaliteit in Hoboken te monitoren en beleidsmaatregelen te nemen om de gezondheid van de gemeenschap te beschermen en de impact op het milieu te verminderen. Het zal een cruciale rol spelen in het verzamelen van gegevens en het nemen van gerichte maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren.

LoRaWAN:

Hierbij treft u een foto aan waarop de gewenste meetlocaties zijn aangegeven. Dit is waar de sensoren zullen worden geplaatst.



Projectdefinitie

Deze ontwikkeling houdt het volgende:

- Bouwen van een sensorbord
- Meten van specifieke luchtkwaliteitsparameters
- Werkt op batterij & PV-cel
- PCB
- Communicatie via LoRaWAN
- Langdurige test op statische plaatsen Hoboken
- Data opslagen in een database
- Ontvangen data visualiseren in een dashboard

Scope

Fysiek:

- Uitbreiden LoRaWAN netwerk door toevoegen van extra gateway
- Gateway toevoegen aan The Things Network
- Moederbord voor ESP32 en sensoren ontwikkelen met interfaces voor luchtkwaliteitssensoren of vast gemonteerde luchtsensoren
- Werking sensorbord autonoom maken door gebruik van herlaadbare batterij op te laden met pv-panelen
- Behuizing ontwerpen waarin sensorbord past
- Sensoren voorzien
- Sensorborden monteren op vijf vaste locaties in Hobokense Polder

Softwarematig:

- Data van luchtsensoren op een vast interval verzamelen, en automatisch versturen over LoRaWAN netwerk
- Documentatie over werking sensorbord voorzien
- Energieverbruik beperken door uitschakelen MCU/sensoren wanneer mogelijk

Uitbreiding:

- Toevoegen van zwaveldioxide sensoren voor monitoren aanwezigheid SO₂ in de Hobokense Polder

Niet in scope

- GPS-sensor voor GPS-locatie
- Onderhoud van sensorborden op langere termijn
- Plaatsing sensoren

Planning

Belangrijke data	Taak	Geschatte duur
28/09/2023	Start 1 ^e semester	
	Aankoop materiaal	Eerste drie weken
	Ontwerpen PCB	Eerste drie weken
	Programmeren MCU	Continu
	Ontwerpen behuizing	Tweede maand
	Dataverwerking ontwerpen	Tweede maand
	Testen opstelling	Laatste twee weken
	LoRa netwerk uitbreiden	Eerste paar dagen
	Sensoren monteren	Eerste paar dagen
	Communicatie testen	Continu
21/12/2023	Einde 1 ^e semester	
N/A	Deadline IoT project	

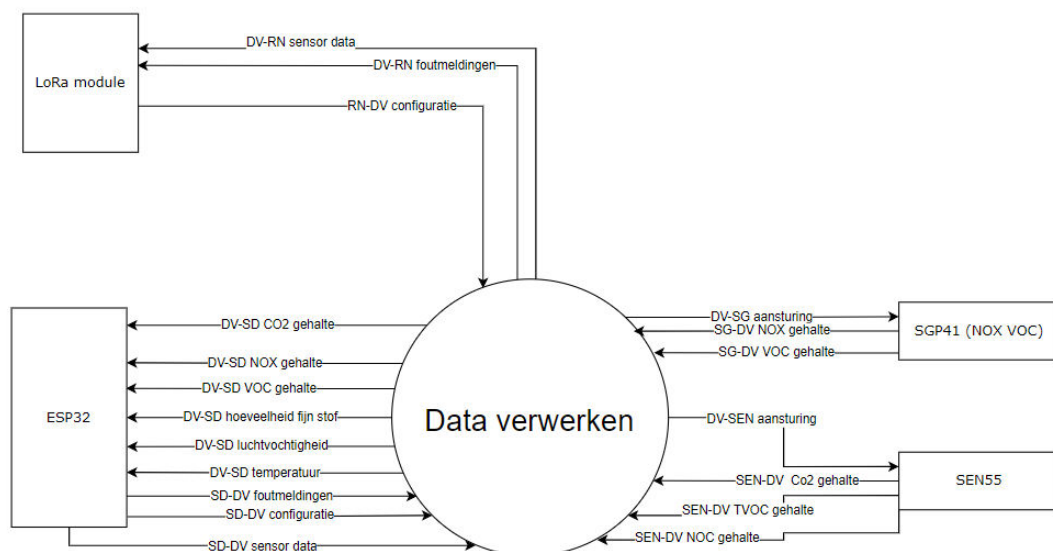
Omschrijving	
Autonomie en powermanagement	
	Onderzoek hoe batterijstatus bepalen?
	Power mode in de MCU instellen
Ontwikkeling moederbord	
	Onderzoek componenten
	Componenten bestellen
	Schema ontwerpen
	Schakeling testen
	Design maken
	PCB bestellen
	PCB bestukken
Communicatie en netwerk	
	Uitbreiding LoRaWan netwerk in Hobokense Polder (gateway, antennes)
	Test The Things Network
Sturing/MCU programmeren	
	Lezen
	Data sensoren
	Batterijstatus
	Ingelezen data verzenden
	Waarschuwingen en foutmeldingen
	Lage batterij
	Errors opvangen
	Luisteren naar inkomende commando's
Behuizing en interface	
	Fysieke interface
	Behuizing ontwerpen
	Materiaalkeuze
	Prototype
	Ontwikkeling

Functioneel design

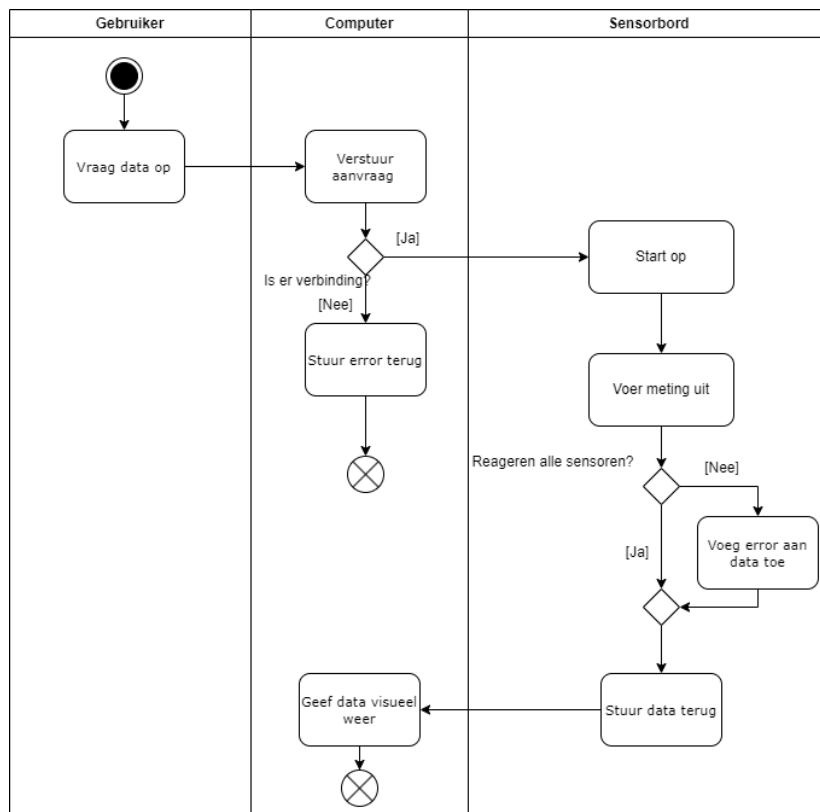
De monitors moeten tegen de regen kunnen en tegelijk lucht doorlaten. We zouden met heel fijne gaasjes kunnen werken die enkel lucht doorlaten en geen waterdruppels, door de oppervlaktespanning van het gaas en de aanwezigheid van waterstofbruggen. Het eenvoudigst is gaten maken in de onderkant van de behuizing waardoor het water langs de zijkanten wegloopt en nooit bij de componenten kan komen.

Daarbij moet het gebruikte materiaal UV-lichtbestendig zijn en over een monteermogelijkheid beschikken. Onze behuizing hangt echter af van de ontwikkeling van het PCB en omgekeerd. We ontwerpen deze dus tijdens de ontwikkelingsfase. De montagetechniek hangt ook sterk af van de locatie in Hobokense Polder waar de monitor komt te hangen. Deze zal mogelijks dus ter plaatse nog aangepast moeten worden.

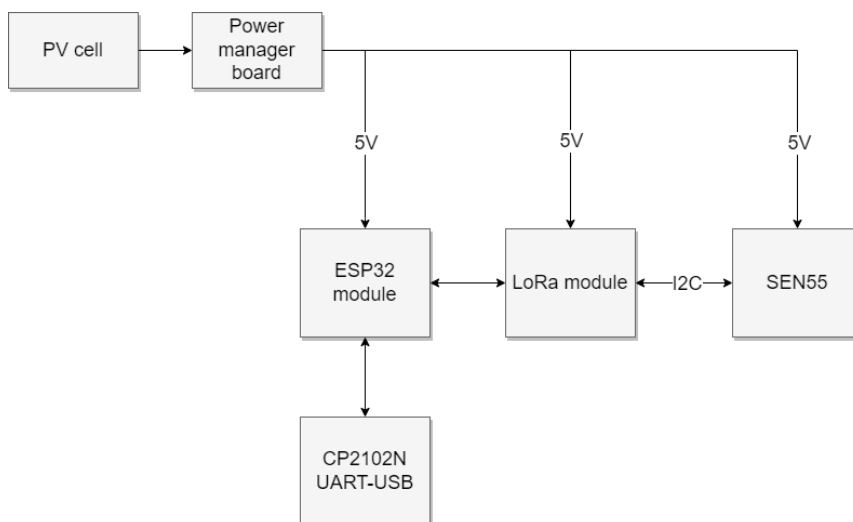
Als uitbreiding tijdens de ontwikkeling kunnen er knoppen of displays worden gemaakt aan de behuizing voor fysieke interactie en snelle debugging.



Figuur 1 dataflow diagram



Figuur 2 Activity diagram



Figuur 3 Blokdiagram

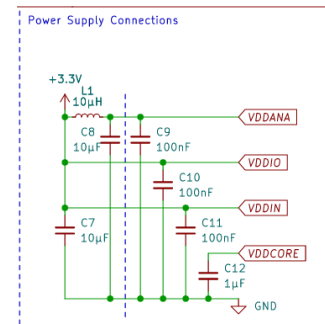
Technisch design

Smart Object (hardware-analyse)

Bij het doornemen van de documentatie van de printplaat is er vastgesteld dat er voor de ESP al een schakeling is ontworpen voor het 'connector board'. We zullen de schakeling doornemen de opties die ze gekozen hebben overwegen en indien nodig vervangen.

Energie en powermanagement

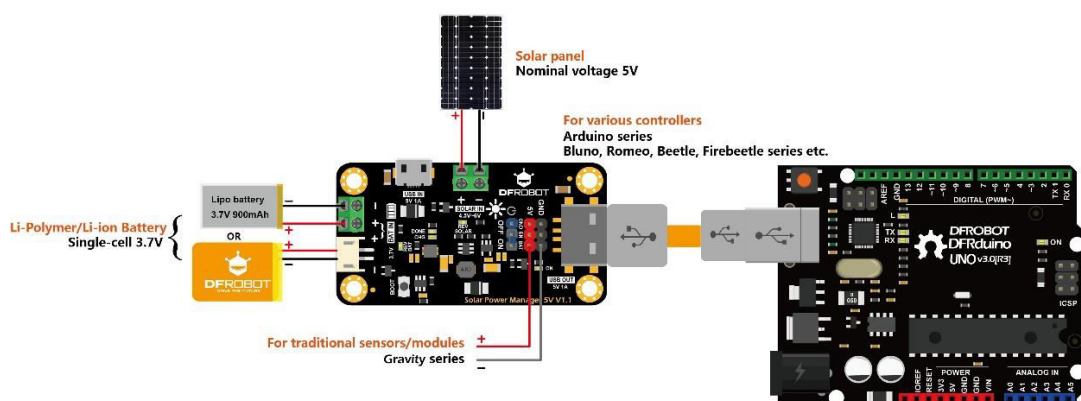
De ESP is voorzien van een schakeling om de voeding juist aan te sluiten op de ESP. Dit kan via de USB-poort of via de V_{in} pin. Het bordje opereert op een spanning van 3,3V. Volgens de datasheet van de ESP mag de spanning tussen 1,62V en 3,63V variëren. Dit is ook de spanning die op de I/O pinnen kan komen. Door de aanwezigheid van een voltage regulator (LD1117) kunnen we aan V_{in} spanningen tot 15V aanleggen en zal de uitgangsspanning 3,3V blijven.



Figuur 4 Aansluiting van de voeding op ESP

Om de monitors van stroom te voorzien moeten we een zonnepaneel en een batterij gebruiken zodat ze autonoom kunnen werken. Voor het 'connector board' van het vorige project werden volgende onderdelen gekozen: een DFR0559 (5V Solar power manager), een 3,7V Li-polymeer of Li-ion batterij, en een zonnepaneel die we tijdens de testfase kunnen vervangen met een micro USB-oplader (5V, 1A). De gemaakte keuzes zullen worden behouden. We willen wel het belang van de kwaliteit van het zonnepaneel benadrukken. Er zijn zonnepanelen van PET beschikbaar maar bij blootstelling aan >1800h UV treedt er UV-degradatie op. UTFE, urethaan of glas zijn betere alternatieven.

In onderstaande figuur is er aangegeven hoe we het zonnepaneel, de batterij en de Solar Power Manager met de printplaat gaan verbinden. De 5V en GND pinnen op de bovenkant van het bord worden naar een LDL117S33R spanningsstabilisator getrokken die de spanning stabiliseert en doorgeeft aan de sensoren.



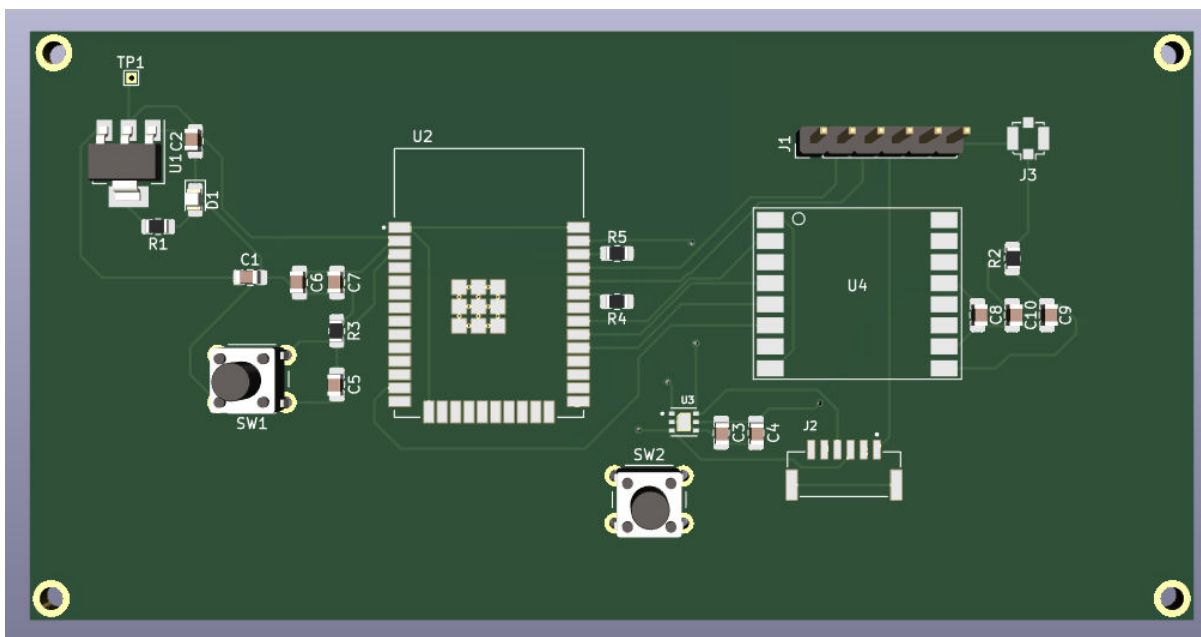
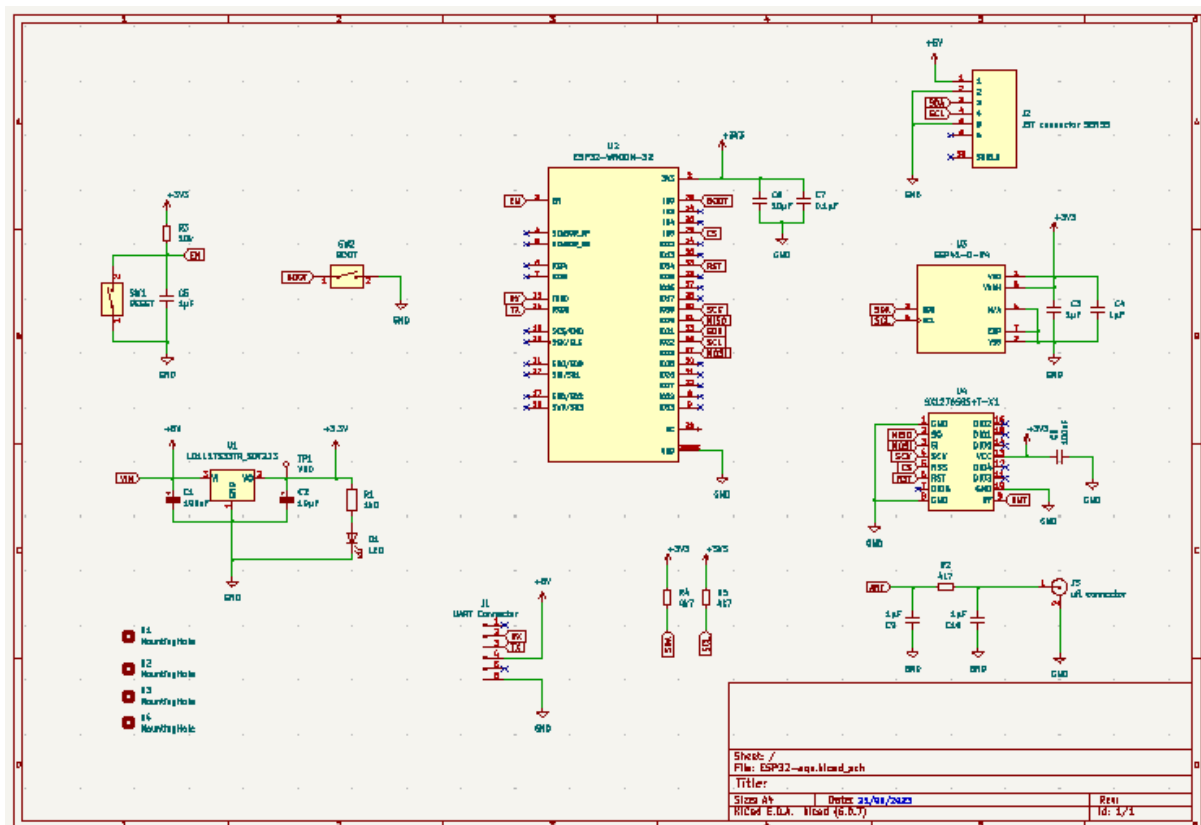
Figuur 5: Verbinding van de energievoorziening

Componentenlijst:

Component	# nummer	Link
LoRa Chip esp32	SX1276	https://jlcpcb.com/partdetail/Vollgo-SX1276S8S_TX1/C718834
Esp32 MCU	ESP32-WROOM-32-N8	https://jlcpcb.com/partdetail/EsspressifSystems-ESP32_WROOM_32N8/C529582
Zonnepaneel	110X80	Aanwezig op school
Solar power manager DF robot	DFR0559	https://www.dfrobot.com/product-1712.html + stand offs
Batterij 3,7V	45F2232	https://www.sossolutions.nl/lithium-ion-batterij-3-7v-1200mah?gclid=Cj0KCQjw06-oBhC6ARIsAGuzdw1UnPXiduS0PeR8wvGpTGsogaWtrCjvV7u_u_FQso4fSVID3qY53XXMaApUvEALw_wcB
Milieu sensor	SEN55	https://www.sensirion.com/products/catalog/SEN55
Stikstof sensor	SGP41	https://sensirion.com/products/catalog/SGP41
USB --> UART	CP2102N	https://jlcpcb.com/partdetail/SILICONLABS-CP2102N_A02GQFN24/C1550551
Testboard	ESP32-dev-board	https://www.tinytronics.nl/shop/en/development-boards/microcontroller-boards/with-wi-fi/esp32-wifi-and-bluetooth-board-cp2102
Wartel		Voor zonnepaneel kabel
Antenne LoRa 868MHz		https://www.digikey.be/nl/products/detail/pycom-ltd./SIGFOX%20FLORA%2520ANTENNA%2520KIT/7721843?utm_adgroup=&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PMax%20Shopping_Product_Medium%20ROAS&utm_term=&productid=7721843&gclid=Cj0KCQjw06-oBhC6ARIsAGuzdw0quU4vBBvcwUWUPu1ohaDuoyhi4YlcPcKDr1nE_Ml7SZSHsvy-O_UaAusZ_EALw_wcB
Installatie doos	Z74H	https://www.tinytronics.nl/shop/en/tools-and-mounting/enclosures/universal/kradex-enclosure-176x126x57mm-ip65-red-transparent-z74h

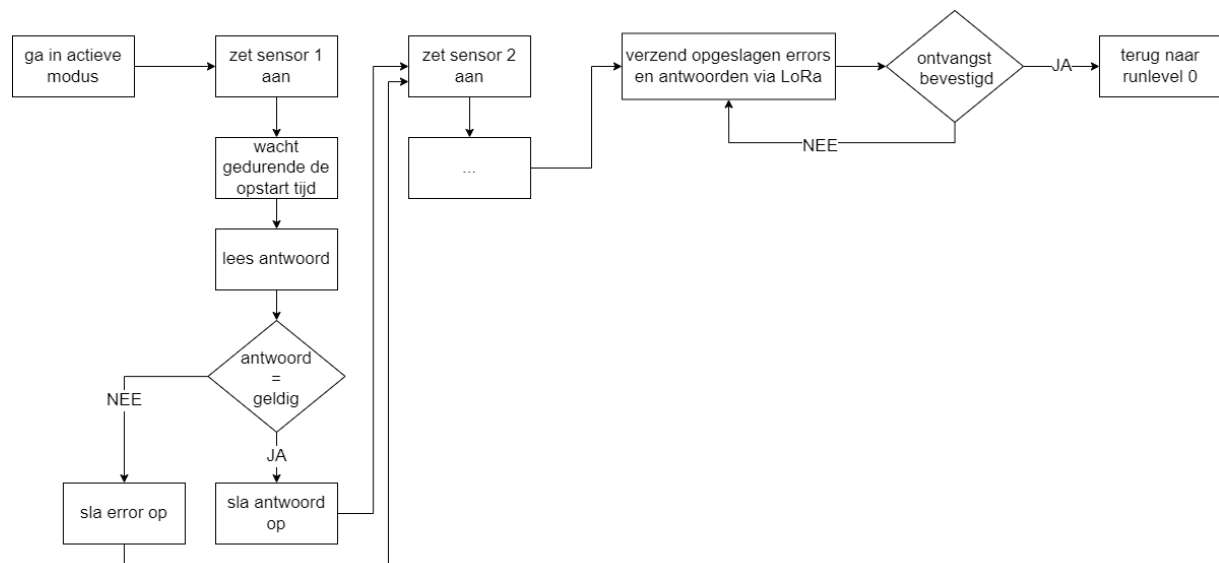
- Op PCB --> blauw | Wordt besteld op het PCB via JLCPCB
- Bestellen -> Groen | Opmerking: DevKits voor ontwikkeling indien mogelijk. (Niet SVM41, losse SGP, losse SEN)
- Aanwezig op school -> Oranje | ESP32 T-Beam nog gaan halen. 5 DFRobots aanwezig.

Eerste prototype:



Smart object (software-analyse)

Meten en zenden



Figuur 6 zenden en meten

Teststrategie

Nauwkeurigheid sensoren:

We kunnen na gaan of onze sensoren nauwkeurig zijn door deze te vergelijken met een kwaliteitsvolle meters. Indien niet kunnen wij deze bij kalibreren zodat ze aan de norm voldoen. Hier een lijst met de volgende meettoestellen die we hiervoor kunnen gebruiken.

- Co2 meter

https://www.vtn.nl/product/bw-solo-wireless/?gclid=CjwKCAjwvfm0BhAwEiwAG2tqzFzlv0PJ8gBiYSQIYK0-iTlXMmd9X5j14H5A72h8roU-tFDGKmlw_hoCrIAQAvD_BwE

- Nox meter

https://www.twobtech.com/model-405-nm-nox-monitor.html?adssource=google_ads_search&adscampaign=NO2 & NOx&gclid=CjwKCAjwvfm0BhAwEiwAG2tqzNK_4pU-rrSkbPPanKaaHWay6VjRtZxRuEsrw6Eu6fAotpQ5yexqgBoCVUUQAvD_BwE

Simulatie (klimaat) omstandigheden:

Doormiddel van simuleren van omstandigheden kunnen we nagaan of de pcb/enclosure tegen de omstandigheden kunnen waar in het geplaats zal worden.

Stabiliteit testen:

Stabiliteit testen zijn noodzakelijk om kwaliteit en levensduur te garanderen. Doormiddel van langdurige testen op zowel op ontvangst van signalen en batterij capaciteit. Hierdoor kunnen we nagaan of deze opstelling langdurig kan blijven werken, en wat of waar onze zwakkepunten zijn.

Communicatie testen:

Test sensor plaatsen op de gewenste meetplaatsen voor verbinding te testen.

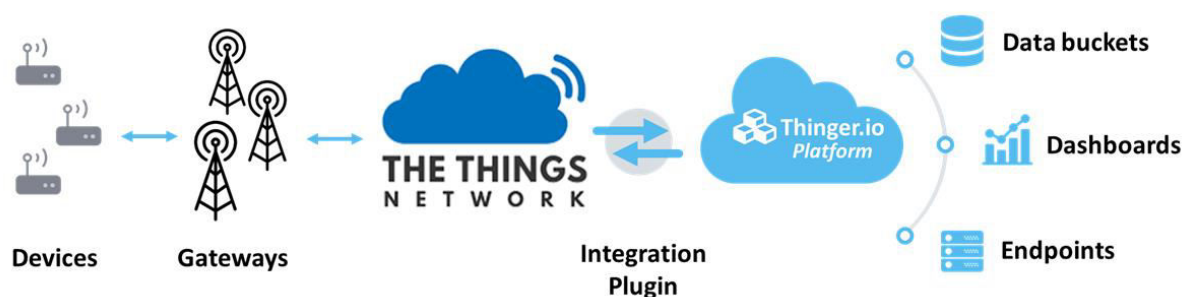
Communicatie

Het LoRa-netwerk gaan we gebruiken met het 'The Things Network' (TTN). The Things Network is een LoRaWAN-netwerk-server voor de deployment van LoRa-applicaties.

Beschrijving van eventuele datamigratie

Zie functioneel design: data flow diagram.

Onderstaande figuur is een weergave van hoe we de communicatie kunnen aanpakken.



Figuur 7 Blokdiagram: Weergave van de communicatiestructuur

Beschrijving van eventuele impact op de huidige infrastructuur

De volledige impact op de huidige infrastructuur zullen de vijf monitors zijn, met daarbij een LoRaWAN gateway.

Analyse van security en eventuele autorisatie rollen

In principe is de data die de monitors verzenden geen gevoelige informatie. Informatie over de luchtkwaliteit is geen probleem. Op dit moment is er dus geen noodzaak voor encryptie van de draadloos verstuurde data.

Bij de database-server moet er wel authenticatie voorzien worden zodat alleen gemachtigde gebruikers toegang hebben tot de database. Ook het aanpassen van de configuratie van de gateways en de monitors, evenals misschien het opvragen van data, mag enkel door gemachtigde gebruikers uitgevoerd worden.

Documentatie

We maken twee verschillende dingen. De eerste is een documentatie van de werking van de monitors en alles dat op de backend gebeurt. Ten tweede voorzien we een handleiding voor het gebruiken en instellen van de monitors. Dit houdt ook de uitleg over de software in. Als we onze documentatie eerst in markdown schrijven kunnen we een gitbook voorzien.

Bij het schrijven van de code van de MCU proberen we op een propere en duidelijke manier te werken. Er worden voldoende uitleg in commentaar in de code geschreven.