# Operationalisatie

Welk percentage vracht Drones hebben bepaalde beperkingen waarmee zij moeten handelen. Zo is er een bepaald gewicht dat de drones kunnen dragen, een bepaalde range die de drones hebben en een bepaalde oplaadsnelheid die meegenomen moet worden.

#### Hoeveel energie zullen de drones verbruiken en kosten?

Met de gegevens van HOOFDSTUK X kan het gemiddelde gebruik van drones dynamisch worden berekend. Met de volgende formule kan geëxperimenteerd worden bij ontwikkelingen in de toekomst rond drones. Het energieverbruik van drones hangt van de volgende dingen af[2]:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbol** | **Uitleg** | **Eenheid** |
| Power Consumption Drone | P­c | De afhankelijke variabele | kiloWatt |
| Gewicht Pakket | G­­­p | Het gewicht van het pakketje zal een effect hebben op het verbruik; hoe zwaarder hoe meer energie het kost. Er kan geëxperimenteerd worden met lichtere en zwaardere pakketten. | Gram(g) |
| Gewicht Drone | G­d | Het gewicht van de drone(constructie, batterij, etc.) is relevant. Deze zal constant zijn. Hiermee kan wel eventueel worden geëxperimenteerd | Gram(g) |
| Energieverbruik elektronica | EV­elec­ | Het verbruik van de drone zal effect hebben op de energieconsumptie. Er kan hier geëxperimenteerd worden met efficiëntere drones uit de toekomst. | Energieverbruik(kW) |
| Omgevingsfactoren | OMG | De omgevingsfactoren spelen een rol bij het energieverbruik. Denk aan wind, temperatuur, etc.  R= 3  N= | Constante Omgevingsfactor(OV) |
| Snelheid | v | De snelheid kan gevarieerd worden naarmate drones beter worden, dit zal effect hebben op de omgevingsfactoren | Kilometer per uur(Km/uur) |

De functie voor de power consumption(in kW) Pc wordt dan:

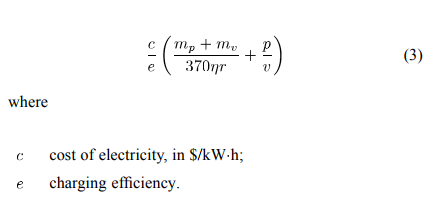
Met behulp van deze formule kan het verbruik *V­drone* in kiloWatt uur worden berekend. Met behulp van de maximum range *MAX­range­* en de gemiddelde(in dit onderzoek constante) tegenwind *TW­g­*, kan dit bepaald worden.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbol** | **Uitleg** | **Eenheid** |
| Power Consumption Per Hour | P­c/h | De afhankelijke variabele | KiloWatt uur(kW\*u) |
| Maximum Range | MAX­range­ | Met behulp van de maximumrange kan de vliegduur worden bepaald, waarna het verbruik kan worden berekend. | Kilometer(km) |
| Tegenwind | TWg | Het gewicht van de drone(constructie, batterij, etc.) is relevant. Deze zal constant zijn. Hiermee kan wel eventueel worden geëxperimenteerd | Kilometer/uur(km/u) |

Hieruit komt de volgende formule:

Hiermee kan de gemiddelde kosten per kilometer worden uitgerekend.

Average energy costs per kilometre 2014[2]:

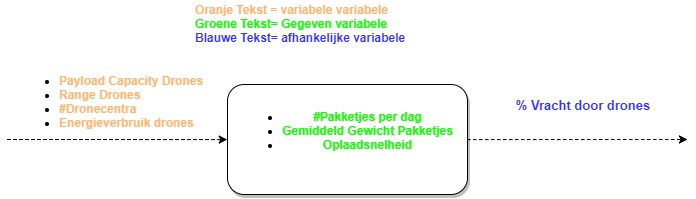


Kosten batterij+ houdbaarheid 2014[2]: 300$/kW\*h, 500x

#### Welk percentage vracht zullen de drones overnemen van de bezorgbussen?

##### Aantal pakketjes gemiddeld per dag

In hoofdstuk 2 is het volgende conceptueel model voortgekomen om het percentage vracht dat vervoerd wordt door drones te bepalen:



Voor dit onderzoek zullen twee straten in Delft gekozen worden, de drukste en de minst drukke. Om te kunnen bereken hoeveel percentage vracht drones zullen overnemen in die straten, zowel nu als in de toekomst, zullen verschillende variabelen worden gebruikt. Als uitgangspunt zal het jaar 2016 gebruikt worden. Om het aantal bezorgingen per jaar in een bepaalde straat te berekenen zal het aantal inwoners bekend moeten zijn. Dit kan berekend worden met de dichtheid(in personen per kilometer). Dan kan met behulp van de lengte van de straat het geschatte aantal inwoners worden bepaald. Vanuit het aantal inwoners in Nederland en het aantal pakketjes in geheel Nederland kan het gemiddeld aantal pakketjes berekend worden. Met behulp van het gemiddeld aantal pakketjes per persoon in Nederland kan een generalisatie worden gemaakt naar de straten in Delft:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbool** | **Eenheid** |
| Aantal inwoners in Nederland | I­NL | Inwoners |
| Aantal pakketjes in Nederland per jaar | P­jaar | Pakketjes/jaar |
| Aantal pakketjes per persoon | PPP | Pakketjes/persoon/inwoner |
| Dichtheid Straat | D­s | Inwoners/km² |
| Oppervlakte Straat | OPP | m² |
| Aantal Inwoners Straat | I­straat | Inwoners |
| Aantal Pakketjes per jaar | PPJ | Pakketjes/jaar |
| Aantal personen per huishouden | PPH | Inwoners/huishouden |
| Aantal bezorgingen per jaar in de straat | B­jaar | Bezorgingen/jaar |

Ten eerst moet het aantal pakketjes per jaar in Nederland worden berekend. Dat kan met de volgende formule:

Daaruit kan het aantal bezorgingen per jaar worden berekend voor een straat. Dit kan met behulp van de volgende formule:

Met behulp van het aantal bezorgingen per jaar in de straat kan(met behulp van het aantal bezorgdagen per jaar), de frequentie van de postbezorgers worden bepaald in HOOFDSTUK X.

##### Range

Ook voor de range is het gewicht van het pakketje relevant, de grootte van de batterij en externe effecten. In HOOFDSTUK X is de energieconsumptie van drones berekend. Hiermee kan met behulp van een variërende batterijgrootte de range worden bepaald. Als dat maal de snelheid wordt gedaan, kan de range bepaald en gevarieerd worden. Batterijgrootte meestal 0.35kw/kg [2]. Het gewicht van de batterij moet bijgevoegd worden aan de formule van het energieverbruik.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbool** | **Eenheid** |
| Energieverbruik | E­v | KiloWatt uur(kW\*u) |
| Batterijgrootte | B­g | kW/kg |
| Gemiddelde Snelheid | v | Kilometer/uur(km/uur) |
| Range | R | Kilometer(km) |

De verwachte range kan vervolgens worden bepaald met de volgende formule:

##### Aantal dronecentra/oplaadstations en de locatie ervan

## Externe Effecten

##### Pakketbezorger frequentie

Voor de aankomstfrequentie van postbezorgers wordt een Poisson-verdeling gebruikt. Met een Poisson-verdeling gebeurt een random event ‘λ’ keer in een bepaald tijdsinterval. Als een voorval bijvoorbeeld 1 keer gebeurt elke 2 minuten, en het tijdsinterval is 10 minuten, wordt λ = 5. De kans dat een ‘x’ aantal gebeurtenissen gebeuren is dan:

In het geval van de postbezorgers kan je het zo lezen. In HOOFDSTUK X is wordt berekend hoeveel pakketjes per dag er aankomen in de straat B­jaar­. Deze pakketjes worden 5 dagen per week bezorgd, in 4 tijdsintervallen(ochtend, voormiddag, namiddag en avond). Per tijdsinterval λ is er een kans P(x; λ) dat er een x aantal pakketjes aankomen in die tijd, waar het gemiddeld aantal pakketjes in één tijdsinterval λ is. Met de kans berekening, kan er in Excel in een dynamische tijd, op verschillende momenten een bepaald aantal pakketjes worden geleverd. Dit is een realistische weergave van de werkelijkheid.

Bovenstaande formule is in Excel geïmplementeerd als een POIS(x,y,z) verdeling.

##### Verkeersfrequentie

Met behulp van de gegevens van het CBS[30] kan de gemiddelde verkeersdrukte van Zuid-Holland worden gebruikt om het verkeer in de binnenstad van Delft te simuleren. In combinatie met bovenstaande Poisson-verdeling kan dan een aankomstintensiteit van het verkeer worden gesimuleerd.

Hierin zijn de volgende filters gebruikt:

|  |  |
| --- | --- |
| **Variabele** | **Gekozen Filter(s)** |
| Populatie | Totaal |
| Vervoerswijzen | Auto(bestuurder) |
| Regio’s | Zuid-Holland |
| Kenmerken dagen | * Maandag * Dinsdag * Woensdag * Donderdag * Vrijdag |
| Kenmerken Vertrektijdstip(in uur) | * Nacht(0-7) * Ochtendspits(7-9) * Ochtend(9-12) * Middag(12-16) * Avondspits(16-18) * Avond(18-24) |

Hieruit komen het aantal verplaatsingen, de gereden afstand en het aantal minuten van de reis. Met behulp van deze gegevens kan per dagdeel de λ worden bepaald in de Poisson verdeling.

##### Uitstoot

De totale uitstoot, gekoppeld aan pakketjesbezorging is de som van de emissies van de busjes, plus de emissies veroorzaakt door het verkeer dat direct te maken heeft met de vertragingen rond pakketbezorging.

Met behulp van de frequenties van het verkeer en de bezorgbussen uit HOOFDSTUK X, kan er met het gemiddelde verbruik en de gemiddelde emissies uit HOOFDSTUK X een realistische berekening worden gemaakt van de hoeveelheid emissies die het verkeer en de busjes uitstoten. De totale uitstoot kan met deze variabelen worden berekend:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbol** | **Eenheid** |
| Totale uitstoot | TU­totaal | CO2 gram (gr­co2 ­) |
| Totale Uitstoot bussen | ­TU­bussen | CO2 gram (gr­co2 ­) |
| Totale Uitstoot verkeer | TU­verkeer | CO2 gram (gr­co2 ­) |

Om de uitstoot door bussen en het verkeer te berekenen, moet er eerst per individuele bus(TU­bussen­) en voor het verkeer(TU­verkeer) een formule worden gemaakt om de emissies uit te rekenen. De som hiervan is de totale uitstoot.

**TU­bussen**

De totale uitstoot van de bezorgbussen(TU­bussen) kan verklaart worden door de volgende variabelen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbol** | **Eenheid** |
| Totale uitstoot bussen stilstaan | STILbus | CO2 gram per minuut(gr­co2 /min) |
| Vertraging bussen | VERTR­bus | Minuten(min) |
| Gemiddelde uitstoot bussen stilstaan | ­GUSTIL­bus | CO2 gram per gereden kilometer(gr­co2 ­/km) |
| Standaard Aflevertijd bussen | AT | Seconden(s) |
| Aantal pakketjes per bezorging *k* | PPB­k | Aantal pakketjes(#) |
| Tijd per pakketje | ­TPP | Seconde per pakketje(s/pakketje) |

De totale uitstoot van bussen is een som van de uitstoot per bus tijdens het rijden en tijdens het stilstaan tijdens de vertragingen van de bezorgbussen:

De emissies die vrijkomen bij stilstaande bussen kan met de volgende formule worden berekend:

De uitstoot van een stilstaande bus wordt bepaald door de hoeveelheid tijd die stilstaat, ofwel de vertraging van de bus. De vertragingen bestaat uit een constante parkeertijd/stilstaan/wegrijd tijd. Daarbij komt er per pakketje nog een aflevertijd bij:

Waar *n* het aantal bezorgingen(dus het aantal keer dat een bus stil moet staan bij een lading bezorgingen. *PP­k* is het aantal pakketjes van één bus bij een bepaalde stop *k*(waar dus een variërend aantal pakketjes kunnen worden geleverd)*.*

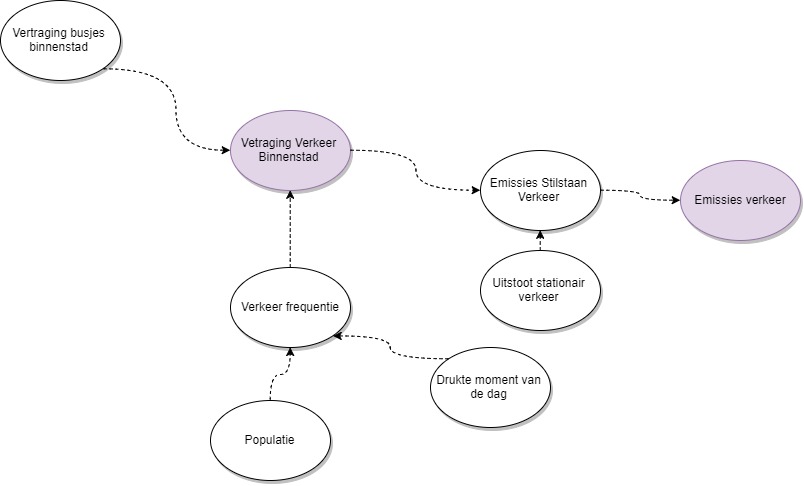
Voor het berekenen van de uitstoot door het rijden van de bussen, kan de rijtijd door de straat gebruikt worden die de bus zal doorrijden. Hiervoor worden de volgende variabelen gebruikt:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbol** | **Eenheid** |
| Totale uitstoot door rijden bussen | RIJD­bus | CO2 gram(gr­co2­) |
| Gemiddelde snelheid | V­gem | Kilometer per uur(km/u) |
| Lengte straat | ­Mstraat | Meter(m) |
| Gemiddelde uitstoot bussen rijden | ­GUR­bus | CO2 gram per gereden kilometer(gr­co2 ­/km) |

Die rijtijd kan bepaald worden door de gemiddelde snelheid te nemen die de bus rijdt en de lengte van de straat. Dit kan vermenigvuldigd worden met de gemiddelde uitstoot per kilometer van de bus:

**TUverkeer**

De totale uitstoot door het verkeer, TUverkeer, lijkt op de totale uitstoot door bussen, alleen de uitstoot door het rijden van de auto’s niet worden meegenomen in dit onderzoek. De introductie van drones o.i.d. zou namelijk geen effecten hebben op de uitstoot van het rijden.

De totale uitstoot van het verkeer kan in het volgende diagram worden gevonden:

De totale emissies van het verkeer kan met behulp van de volgende variabelen berekend worden:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbol** | **Eenheid** |
| Totale uitstoot verkeer stilstaan | STILverkeer | CO2 gram per minuut(gr­co2 /minuut) |
| Vertraging verkeer | VERTR­verkeer | Minuten(min) |
| Gemiddelde uitstoot verkeer stilstaan | ­GUSTILverkeer | CO2 gram per gereden kilometer(gr­co2 ­/km) |

Deze variabelen kunnen op de volgende manier gebruikt worden, aangezien de totale uitstoot alleen wordt bepaald door het stilstaande verkeer:

De uitstoot van stilstaand verkeer wordt bepaald door de hoeveelheid tijd het stilstaat, ofwel de vertraging van het verkeer. De vertragingen wordt bepaald door de tijd die de bussen nemen om pakketjes te bezorgen

*­*Dit is dus een bepaalde vertraging bij een bus­i­.

De emissies die vrijkomen bij stilstaande bussen kan met de volgende formule worden berekend:

Geluidsoverlast

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Variabele** | **Symbol** | **Eenheid** |
| Frequentie bussen | F­­r­bussen | Bussen per uur(bussen/uur) |
| Frequentie verkeer | Fr­verkeer | Auto’s per uut(auto’s/uur) |
| Drukte moment van de dag(Dagdeel) | Dagdeel | Nacht/Ochtend/Voormiddag/  Namiddag/Avond/ |
| ~~Rijtijd straat~~ | ~~t~~~~­rijden~~ | ~~Seconde(s)~~ |