



# Space Freight

Marit Beerepoot

Jessy Bosman

Vincent Damen

# Inhoud

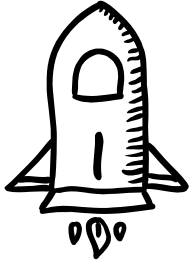
- Algemene case beschrijving
- Per deelvraag:
  - Omschrijving
  - Algoritme
  - Resultaten + conclusie
- Algemene conclusie
- Discussie

# De case

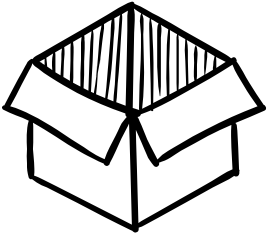
- ISS bevoorraden
- Begin case: 4 spacecrafts, 100 parcels
- Later: 6 spacecrafts, 1250 parcels
- Parcels geen voorkeur
- Doel: zo goedkoop mogelijk, zoveel mogelijk mee



# Voorbeeld data



Naam: Cygnus  
Inhoud massa: 2000 kg  
Inhoud volume: 18,9 m<sup>3</sup>  
Base costs: \$390M  
Fuel-to-Weight: 0,73

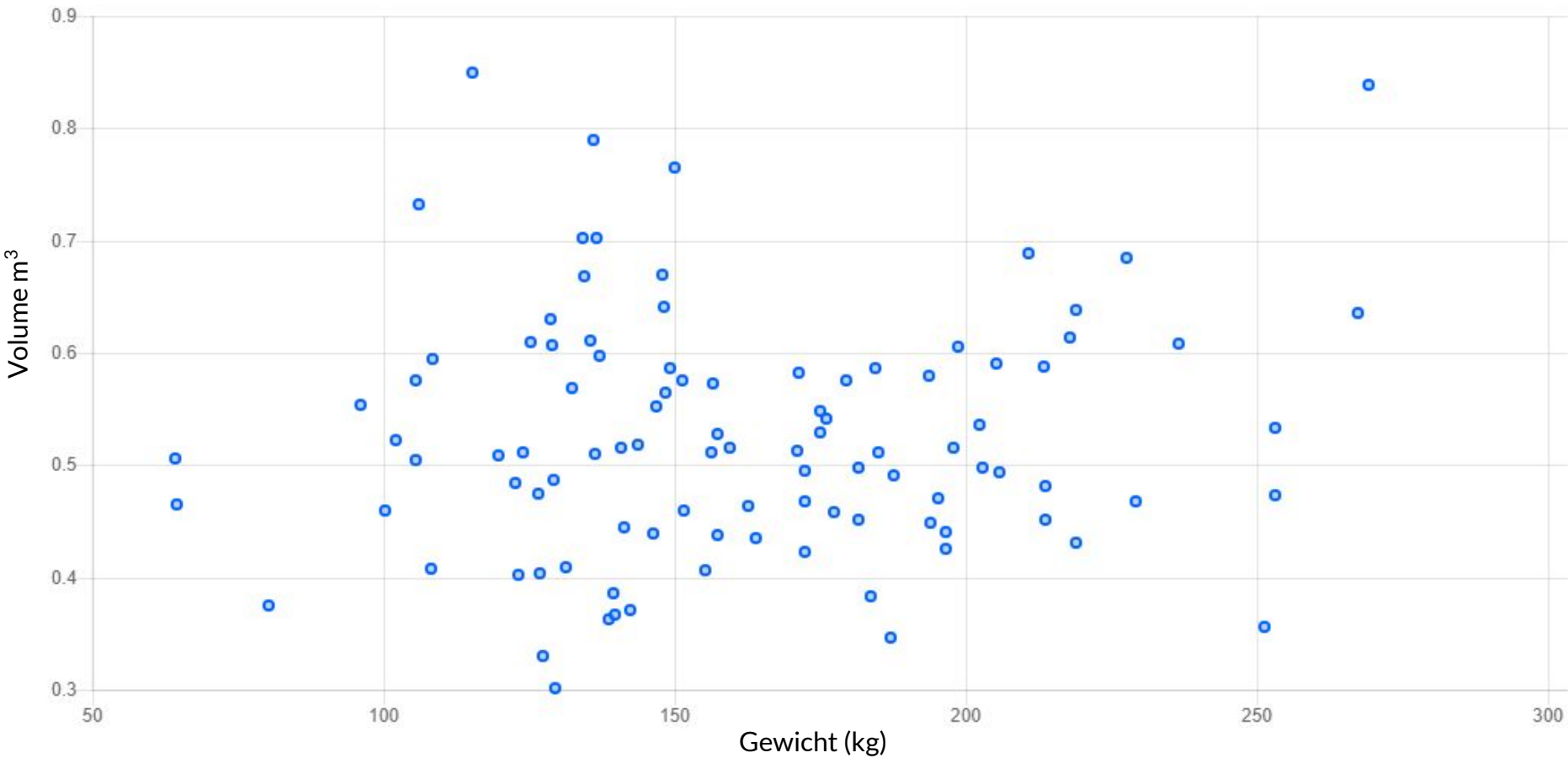


Naam: CL1#23  
Inhoud massa: 203 kg  
Inhoud volume: 0,498 m<sup>3</sup>





# Verdeling Parcels



# a. Kunnen er 97 parcels mee?

- Constraint Satisfaction Problem
- Constraints:
  - Maximale capaciteit Gewicht en volume spacecraft
  - Spacecraft mag 1x vliegen
  - 4 spacecrafts
- State space:
  - Upper bound: 100 parcels  $\rightarrow 100! \rightarrow 9.33E+157$
  - Lower bound: 1

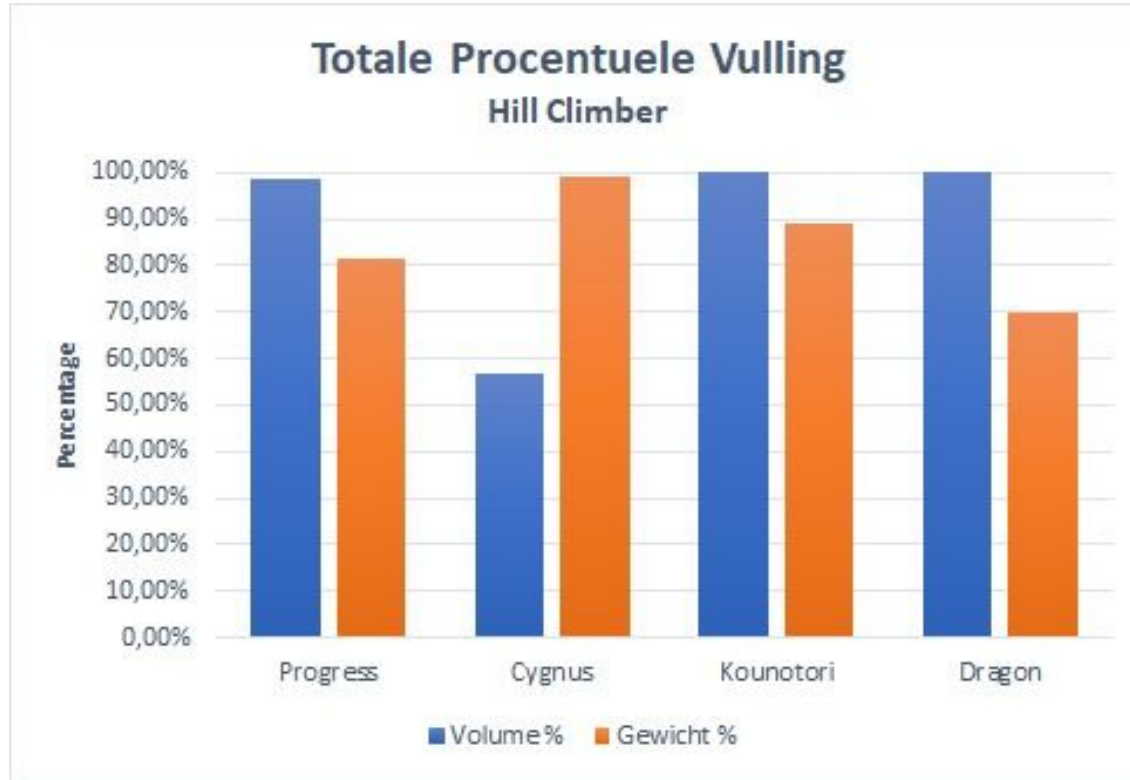


# a. Methodes

- Brute Force
- Random
- Random met hervulling minst volle schepen
- Vector Based (*Greedy*)
- 'Logica gebaseerd' (*Greedy*)
- Hill Climber



## a. Visualisatie





## a. Resultaten

Algoritme	Aantal parcels
Brute Force	72
Random	79
Random met hervulling Cygnus & Dragon	80
Vector Based	68
'Logica gebaseerd'/Greedy	83
Hill Climber	84

Conclusie: *Nee, het is ons niet gelukt om 97 parcels mee te nemen.*

Onderbouwing:

- Totaal gewicht lichtste parcels: 15409 kg, volume 50,4 m<sup>3</sup>
- Totale ruimte spacecrafts: 15600 kg, volume 50,5 m<sup>3</sup>



b. Geef de goedkoopst mogelijke verdeling van de grootste set passende parcels.

- Constraint optimization problem (COP)
- Constraints:
  - Maximale capaciteit Gewicht en volume spacecraft
  - Spacecraft mag 1x vliegen
  - 4 spacecrafts
  - Base cost per schip
  - Brandstofprijs



# Kosten bereken

- Fuel \$5 per gram
- Fuel berekenen in kg:

$$(Massa\ spacecraft + Massa\ Parcels) \times FtW / (1 - FtW)$$

- Base costs
- Formule:

$$Base\ cost + (Fuel(kg) \times 1000) \times \$5$$



## b. Methodes en resultaten

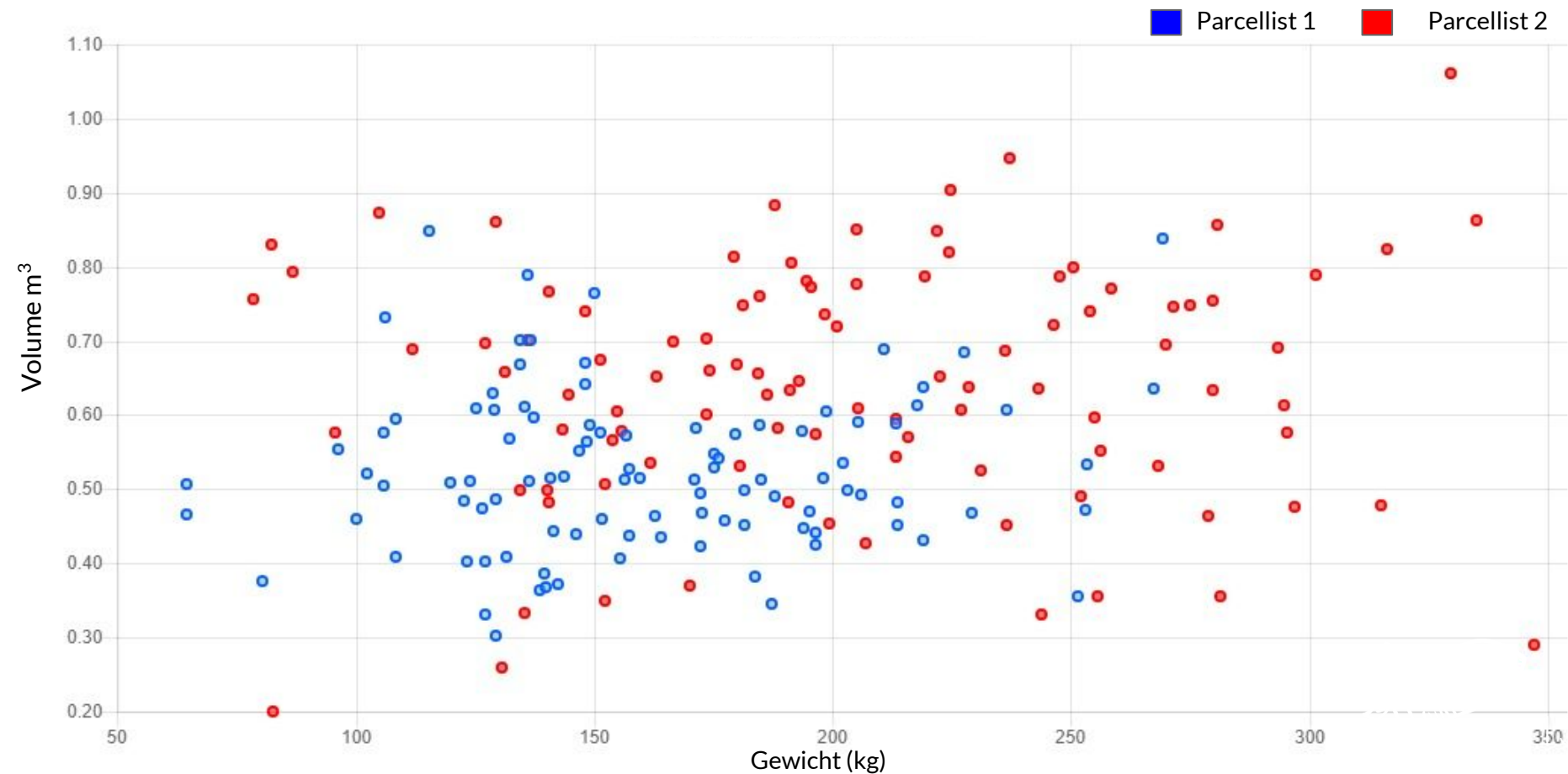
- Resultaten Hill climber van vraag a
- Hoogste aantal: 84
- 308 keer gevonden
- Hoogste kosten: \$1.683.492.400
- Laagste kosten: \$1.682.797.850

Conclusie: *Aangenomen dat 84 parcels maximaal is, zijn de gevonden minimale kosten \$1,7 miljard*





c. Geef de goedkoopst mogelijke verdeling van de grootste set passende parcels.



## c. Methodes en resultaten

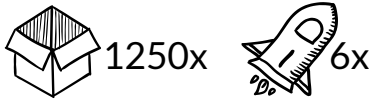
- Random: 65 parcels
- Hillclimber: 74 parcels
- 2x gevonden
- Laagste kosten: \$1.699.122.250

*Conclusie: Aangenomen dat 73 parcels maximaal is, zijn de gevonden minimale kosten \$1,7 miljard*



d. Stel een transportvloot samen. Hoe goedkoper het transport, hoe beter.

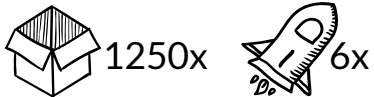
- Constraint optimization problem (COP)
- Constraints:
  - Maximale capaciteit Gewicht en volume spacecraft
  - Spacecraft mag vaker dan 1x vliegen
  - Spacecrafts moeten evenveel vliegen met een verschil van maximaal 1
  - 6 spacecrafts
  - Base cost per schip
  - Brandstofprijs
- State space:  $1250! = 1.648115996E+3330$



## d. Methodes en resultaten

- Random: 10 x 6 en 1 x 2 schepen laten vliegen
- Hillclimber: 8 x 6 en 1 x 4 schepen laten vliegen
- Laagste kosten: \$30.186.023.600

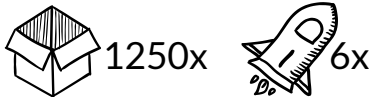
Conclusie: *Goedkoopst gevonden vloot bestaat uit 8x6 schepen en 1x4 schepen, met kosten van \$30 miljard*





e. Lukt het om de vloot goedkoper als schepen niet evenveel te hoeven vliegen?

- Constraint satisfaction problem (CSP)
- Constraints:
  - Maximale capaciteit Gewicht en volume spacecraft
  - Spacecraft mag vaker dan eens vliegen
  - ~~Spacecrafts moeten evenveel vliegen met een verschil van maximaal 1~~
  - 6 spacecrafts
  - Base cost per schip
  - Brandstofprijs
- State space:
  - $nPr(1250 + 6-1)$ , gesimplificeerd (geen verschil in parcels en schepen)



1250x

6x



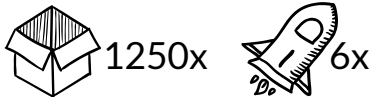
## e. Methodes en resultaten

- Vloot samenstellen uit random gekozen schip
- Vloot samenstellen uit 1 goedkoop schip alleen maar sturen
- Beide kwamen goedkoper uit: \$26 miljard < \$30 miljard
- 4,3 miljard goedkoper

Conclusie: *Ja, het is mogelijk om een goedkopere vloot samen te stellen.*

Ondersteuning:

*Door 1 schip te verplaatsen door een goedkoper schip bij D zal het altijd goedkoper uitkomen.*



# Conclusie

- a. Kunnen er 97 parcels mee?
  - Hillclimber: 84 parcels.
- b. Geef de goedkoopst mogelijke verdeling van de grootste set passende parcels, met de prijs.
  - Hillclimber: 308 x 84 parcels: \$1,7 miljard
- c. Doe hetzelfde als bij B met een andere parcellist.
  - Hillclimber: 2 x 77: \$1,7 miljard
- d. Stel een transportvloot samen. Hoe goedkoper het transport, hoe beter.
  - Hillclimber: 8x6 en 1x4 schepen: \$30 miljard
- e. Haal de politieke constraint weg dat maximale verschil schepen weg gaat, is dit goedkoper dan d?
  - Ja!



# Discussie

- Geen mogelijkheid hele state space te berekenen
- Meer algoritmes toepassen
- Code kan soms iets efficiënter

