**Lower bound**: alle huizen op minimale afstand

Voor de 20-huizenvariant:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Huistype** | **Prijs** | **Aantal** | **Som** |
| Eengezinswoning | € 285.000, - | 12 | € 3.420.000,- |
| Bungalow | € 399.000, - | 5 | € 1.995.000,- |
| Maison | € 610.000, - | 3 | € 1,800.000,- |
|  |  |  | € 7.215.000, |
|  |  |  |  |
| 40 huizenvariant |  |  | € 14.430.000,- |
| 60 huizenvariant |  |  | € 21.645.000,- |

**Upper bound:**

Maximale vrijstand: oppervlak – oppervlak huizen = oppervlak vrijstand. Ervan uitgaande dat dit allemaal gebruikt wordt voor maisons uitbreiden.

180 \* 160 = 28800 m2.

Oppervlak eengezinswoningen 8\*8 \* 12 = 768 m2

Oppervlak bungalow 10 \* 7,5 \* 5 = 375m2

Oppervlak maison 11 \* 10,5 \* 3 = 346,5

Totale huisoppervlak is 1489,5m2

28800 – 1489,5 = 27310,5 m2. Een klein deel hiervan wordt gebruikt voor de verplichte vrijstand van eengezinwoningen en bungalows, maar dit kan allemaal vrijstand zijn die gedeeld wordt met maisons. Dus deze 27310,5 + 346,5 = 27657 m2 kan gezien worden als het opppervlak van 3 cirkels van maisons. 27657 / 3 = 9219m2 per cirkel. Dat is een straal van 54 meter. De afstand tussen beide middelpunten is dus 108 meter. Minus de muren is het dus 108 – (2 \* 10,75) = 86,5 meter per maison. Dat is 80,5 meter extra. Dit komt neer op 480% extra.

Een maison kost dus € 610.000, - \* 5,80 = € 3.538.000,- per maison.

De totale prijs komt dus uit op 3 \* 3.538.000 + 3.420.000 + 1.995.000 = 16.029.000,-

Dit is natuurlijk niet realistisch, omdat je met 3 cirkels nooit de rechthoek kan vullen.

**‘Greedy’**

Een realistischere optie is 3 cirkels te tekenen die zo ver mogelijk van elkaar en de rand vandaan liggen. Dan kom je uit op ongeveer 54 meter. Inclusief muren is dit 44 meter vrijstand, dus 38 meter extra. Dat komt neer op 228 % extra, dus 3,28 keer.

Maison is 610.000,- \* 3,28 \* 3 = 6.002.400,-.

Hier kunnen vervolgens weer zo groot mogelijke bungalows in geschreven worden en de eengezinswoningen vullen de rest op.

Zo zijn er 2 bungalows te vormen met elk 27 meter vrijstand. Dat is 829 .920 per huis. Ook 2 bungalos met 9 meter extra vrijstand. Die kosten 542.640 per stuk. De rest heeft dan nauwelijk vrijstand en zorgt voor marginaal meer dan de eigenlijke waarde. Tel hier dus 399.000,- bij op en 3.420.000,-. Dit komt neer op een totaal van 6.002.400,- + 829.920 \* 2 + 542.640 \* 2 + 399.000 + 3.420.000 = 12.566.520. Dit is geen upper bound, maar een schatting van een hoge waarde, met lichte constraint relexation. Het is namelijk niet zeker of het water past en of de eengezinswoningen passen.

**Toestandsruimte (met constraint relexation):**

*Berekening 1*

* Minimale vrijstand wordt niet in acht genomen
* Er wordt niet gekeken naar de mogelijkheden van water
* Er is sprake van een grid met vakjes van 1m bij 1 m
* Alle huizen mogen op elkaar en hoeven niet geheel in grid te liggen

Totaal = (28800)aantal huizen = 28800 ^ 20 = 1,541167 \* 10^89

*Berekening 2*

* Minimale vrijstand wordt niet in acht genomen
* Er wordt niet gekeken naar de mogelijkheden van water
* Er is sprake van een grid met vakjes van 1m bij 1 m
* Alle huizen mogen op elkaar liggen
* Ze liggen wel binnen de grid en de vrijstand ten opzichte van de grid klopt ook

Eengezinswoning: ((180 -12) \* (160 – 12)) ^ 12 = (24864) ^ 12 = 5,58 \* 10 ^ 52

Bungalow: ((160 – 16) \* (180 – 13,5)) ^ 5 = (144 \* 166,5) ^ 5 = 7,92 \* 10 ^ 22

Maisons: ((160 – 23) \* (180 – 22,5)) ^ 3 = (137 \* 157,5) ^ 3 = 1,05 \* 10^ 12

Totaal = 4,64 \* 10^87 mogelijkheden

*Berekening 3*

* Minimale vrijstand wordt niet in acht genomen
* Er wordt niet gekeken naar de mogelijkheden van water
* Er is sprake van een grid met vakjes van 1m bij 1m
* Huizen liggen niet op elkaar
* Ze liggen binnen de grid en de vrijstand ten opzichte van de grid klopt ook

Berekening in Python (rekenen.py): 2.57 \* 10^87 opties

Het aftrekken van de opties waarbij de minimale vrijstand wordt geschonden is lastig, aangezien dat afhankelijk is van de plaatsing van de huizen. Echter zal dit de grootte van de toestandsruimte niet naar een doorrekenbaar niveau brengen.

Dit maakt brute force geen optie. Er moet dus een slim algoritme bedacht worden om dit op te lossen.

Er is sprake van een ‘Constrained optimization problem’. Er zijn diverse constraints die het aantal uitkomsten ernstig beperkt, maar er is een gradatie denkbaar tussen de verschillende oplossingen op basis van een objective function (de totale waarde van de huizen).

De objective function is als volgt voor 20-huizenvariant:

*W = (12 \* 285.000 \* 1,03 ^ (fs1 – 2)) + (5 \* 399.000 \* 1,04 ^ (fs2 – 3)) + (3 \* 610.000 \* 1,06 ^ (fs3 - 6)*