

De presentatie, in woorden.

Introductie

De case

De gemeente heeft plannen om een nieuwe woonwijk te bouwen in de Duivendrechtse Polder. Een stuk land van 160 bij 180 meter groot. Dit stuk land komt midden in een beschermd natuurgebied. Daarom wil de gemeente alleen lage vrijstaande woningen bouwen. De gemeente overweegt en variant van 20, 40 of 60 huizen. Al deze varianten bevatten een percentage van drie huizentypes:

60% Eengezinswoningen
25% Bungalows
15% Maisons

Deze huizentypen hebben allen een eigen grote, waarde en waardevermeerdering per meter vrij-stand. Ook hebben ze een verplichte vrij-stand die geen waarde vermeerdering oplevert en niet gedeeld mag worden. De gemeente heeft aan ons gevraagd om van alle drie de varianten een indeling te maken die - in totaal - zo veel mogelijk waard is. Daarbij heeft het ons nog een andere restrictie opgelegd. Het landgoed moet voor 20% uit water bestaan. Dat water geldt echter wel als vrij-stand!

In het kort:

Stuk land:
160x180 meter.

Woningen:

- Eengezinswoningen:
60% van aantal huizen
grootte: 8x8 + 2m verplichte vrijstand = 10x10
waarde: 285.000,- + 3% per vrije-vrije meter
- Bungalow:
25% van aantal huizen
grootte: 10x7.5 + 3m verplichte vrijstand = 13x10.5
waarde: 399.000,- + 4% per vrije-vrije meter
- Maison:
15% van aantal huizen
grootte: 11x10.5 + 6m verplichte vrijstand = 17x16.5
waarde: 610.000,- + 6% per vrije-vrije meter

Water:
20% van de kaart, opgedeeld in maximaal 4 lichamen, hoogte-breedteverhoudingen tussen de 1 en 4.

Interpretatie

Omdat het landgoed in een natuurgebied (of voorheen natuurgebied) wordt geplaatst gaan we ervan uit dat er in de wijde omtrek daarbuiten niks ligt. Daarom wordt de vrije-vrije ruimte niet beperkt door de grenzen van de kaart, deze mag daarbuiten liggen. Ook wordt water gezien als vrije-vrije ruimte, aangezien dit geen esthetische beperkingen oplegt. Het water mag echter niet binnen de verplichte

vrije ruimte vallen, omdat we deze als tuin beschouwen. Deze mag dan ook niet gedeeld worden, niet buiten de kaart vallen en moet uit land bestaan. Omdat de verplichte vrijeruimte als tuin gezien wordt, niet gedeeld mag worden en waardevermeerdering pas hierbuiten telt zijn de buiten grenzen van deze verplichte ruimte, in zowel de visualisatie als in de code gelijk aan de oppervlakte van het huis.

Vormgeving code

Voordat we algoritmes gaan proberen is het van belang dat we op een dusdanige wijze onze code voorgeven dat we de resultaten die we krijgen makkelijk kunnen analyseren en beïnvloeden. Alle vanzelfsprekende eisen hebben we gebouwd, zo is elk algoritme vanuit het main.py programma te besturen en zelfs te combineren. Daarnaast hebben we een visualiser.py gebouwd, zodat we snel een 2^{de} beeld krijgen van de map die uitkomst, zo kunnen we snel patronen herkennen. Daarnaast schrijft hij de locatie van de huizen op de map naar een tekstbestand, die we met een functie in helpers kunnen uitlezen zodat we direct weer een ander algoritme over de uitkomst kunnen draaien.

Om niet met halve meters te werken, en dus het rekenen makkelijker te maken, besluiten we alles te verdubbelen, dit vormt geen probleem voor de case, er moet alleen niet per meter maar per twee meter extra vrij-stand 1% waarde vermeerdering worden toegerekend. Dit zijn de nieuwe waardes:

Landgoed: 320x360

House: 20x20

Bungalow: 26x21

Maison: 34x33

Methodes, de oplossingsstrategie

Als je er vanuit gaat dat elke huis alleen precies op de hele meter kan staan, en 30 meter gemiddeld inneemt, dan zijn er voor de 20-variant grofweg: $360 \times 320 = 115.200 // 115.200 \times 115.170 \times 115.140 \dots \times 114.600 = +/- 1.6916e101$ ofwel:

1.691.000
0.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 mogelijkheden.

Onvoorstelbaar veel, laat staan het aantal mogelijkheden van de 'echte' vraag, zonder de uitgangspunten die de som vermakelijke. Deze gesimplificeerdere-berekening van de case leert ons dat brute force totaal onhaalbaar is. Je kunt onmogelijk alle opties afgaan. Maar dat is dan ook waarom deze case in het vak Heuristieken zit. Ook is de kans dat je met een geheel-random-algoritme, van bijvoorbeeld 1miljoes iteraties, in de buurt komt van de optimale indeling kleiner dan die dat je de Lotto wint.

Toch is het in beginsel vrijwel onmogelijk iets anders dan een variatie van random toe te passen. Het is namelijk in deze wirwar aan mogelijkheden en informatie iets van een formule of logica te vinden. Alle algoritmen zullen dus in meer of mindere mate steunen op willekeur. Toch kunnen we op basis van de begin informatie al voorzichtig een paar (tijdelijke) conclusies trekken

Wat we weten

Per meter vrij-vrijeruimte is een:

House, $285.000 * 0,03 = 8.550$ extra waard.
Bungalow, $399.00 * 0,04 = 15.960$ extra waard.
Maison, $610.000 * 0,06 = 36.600$ extra waard.

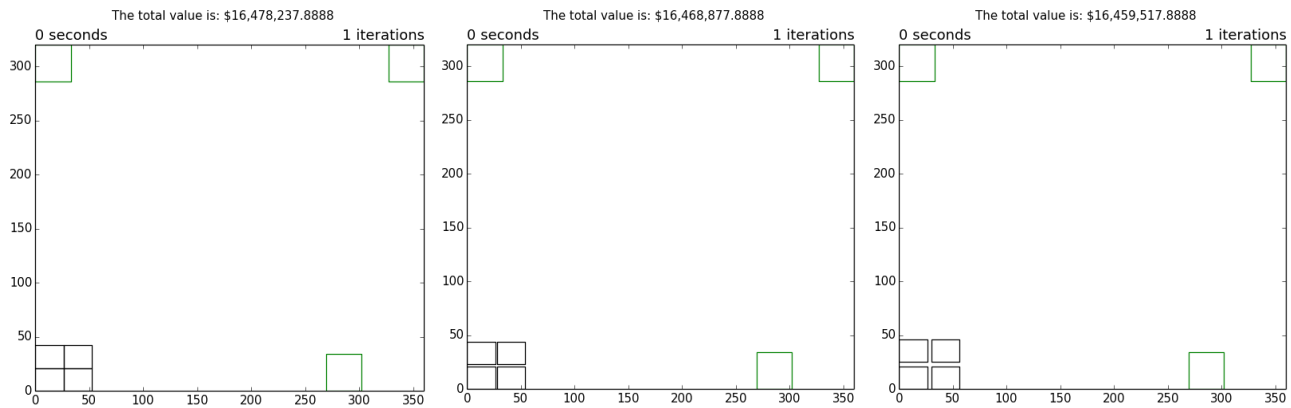
Wil een House een Bungalow in extra waarde voorbij gaan, dan moet hij 4 meter (op onze map, want dubbel) vrije-vrijruimte hebben tegenover een Bungalow, maar 2 meter. Daar komt bij dat de vrijruimte om het hele huis moet lopen. 4 meter voor een bungalow is dus 384¹ vierkante meter in bezet waar geen huizen meer mogen staan, dit tegenover een bungalow met 2 meter vrije-vrijruimte. Die heeft daar maar 284 vierkante meter ruimte voor nodig. Ofwel ruimte waar geen huizen meer mogen staan. Nog beter is de maison waarbij 2 meter vrije ruimte 36.600 oplevert en daar 284 vierkante meter nodig is. In het kort levert, bij 2 meter vrije-vrij-stand, en House per vierkante meter 48,57 op. Een bungalow 78,23 en een Maison 128,87².

Een House levert per vrije meter zoveel minder op dan een Maison dat het goed denkbaar is dat de House's helemaal geen vrije meter dienen te krijgen omdat alles aan de maison's te geven. Dit geldt ook voor de Maison versus de Bungalow. De volgende test bewijst dit nogmaals.

$$1 \quad 4*(x**2)*(2*x)*(H+L)$$

waarbij x = vrije-vrije ruimte, h = hoogte huis, l = lengte huis.

² waardevermeerdering / vierkante meter daarvoor nodig.



In de mappen hierboven is gekeken naar het verschil in waarde nadat de bungalows geen vrije ruimte hebben, 2 meter vrije-vrijruimte hebben en 4. De Maison rechtsonder staat expres niet in de hoek. Het staat met zijn linkerhoek op de x waarde van 269 dit zodat hij evenveel ruimte naar links toe heeft als naar boven toe. Als hij helemaal in de rechterhoek zou staan, dan kunnen de Bungalows makkelijk naar rechts lopen zonder ruimte af te snoepen, omdat de ruimte daar dan nog onbenut zou zijn. Dit terwijl de vraag van deze test juist is: 'wat is de balans, tussen het afsnoepen van ruimte van de Maison's te gunste van de Bungalow's?'. We zien dat het bepreken van ruimte van de Maison, om de Bungalow vrije-vrijruimte te geven direct leidt tot een waardevermindering. Een vermindering van $(16.478.237,8888 - 16.468.887,8888) = 9.360$. In de rechter afbeelding is dit zelfs 18.720 ten opzichte van de linker. Dit klopt ook als je het narekent:

Twee Maison's (die in de rechter-bovenhoek wordt niet aangetast) verliezen 1 meter vrijstand, ofwel 1% waarde vermindering, dat is $2 * 36.600 = 73.200$. De vier Bungalow's krijgen allen 1% vrijruimte ofwel een waarde vermeerdering van $4 * 15.960 = 63.840$. Daarmee is de totale map $73.200 - 63.840 = 9.360$ minder waard geworden, bij de rechtermap zelfs vanzelfsprekend het dubbele.

Dit vrij versimpelde voorbeeld van de echte case vormt een sterk pleidooi om ten gunste van de Maison's geen enkele vrije ruimte aan de Bungalow's en de House's te geven. Dat betekent echter niet dat we er zijn. De vraag is, in hoeverre kunnen we ze de ruimte kunnen laten delen. In dit voorbeeld, bijvoorbeeld is de beste plek voor de Maison-rechtsonder, niet waar hij nu staat, maar helemaal in de rechter-onderhoek. Dit creëert onbenutte ruimte de vraag is, hoe deze zo goed mogelijk te vullen.

Daarnaast is de waardevermeerdering niet cumulatief. Het maakt bij huizen van dezelfde soort dus niet uit welk huis de vrije ruimte benut, twee Maison's allebei 5 meter vrije ruimte is evenveel waard als 1 maison 10 meter en de andere 0. Daarbij in gedachte houdend dat 10 meter voor een maison veel meer ruimte kost dan 5 meter voor twee aangezien de minimale ruimte geheel om het huis moet lopen. Zie bovenstaande punt. Maar als gedachten is het interessant om aan te houden dat huizen van hetzelfde typen in principe niet tegen elkaar strijden. Ofwel, het maakt binnen de eigen huizen type voor de totaalwaarde van de map niet uit wie de ruimte krijgt.

Ook is het van belang in de gaten te houden dat het zeer fundamenteel is ervoor te zorgen dat de hele map benut wordt. De crux zit zich echter in het delen van de vrije-vrijruimte. We weten dat Maison's de meeste ruimte dienen te krijgen. Het zoveel mogelijk delen van de vrije-vrijruimte's is echter, wat een map veel waarde geeft. Ofwel: daar zit het geld in.

De vraag is hoe ervoor te zorgen dat de vrije-vrije ruimte zoveel mogelijk gedeeld wordt, en de Maison's daar het meest van profiteren, daarna vanzelfspreken pas de Bungalow's en als laatste als pas de House's. Op basis van bovenstaande gedachten hebben we enkele algoritmen gebouwd en bedacht.

In eerst instantie hebben we een random algoritme gemaakt. Hoewel we aan de hand van bovenstaande testen, berekeningen en gedachte daar wellicht aan voorbij konden gaan besloten we dat het wellicht van belang kon zijn. Misschien zitten we meten bovenstaande gedachten wel helemaal fout en leren we aan de hand van de resultaten van random wel andere patronen en wetten

kennen. Daarnaast is er bij random nog altijd die 'lotto' kans opeens de ultieme oplossing te vinden. Spoiler: het geluk was niet met ons. We realiseerde ons dat random natuurlijk totaal niet het ideale algoritme is om dit probleem te benaderen, het is zonde dat telkens als we een map hebben die potentie toont we deze laten voor wat het is, en we weer opnieuw beginnen. We moeten juist voortbouwen op die map, kijken of we die nog beter kunnen maken. Daarom hebben we verschillende Hill-climbers geschreven. Drie om precies te zijn.

Dit zodat welk algoritme we ook gebruiken, we altijd onze beste map (tot dan toe) kunnen perfectioneren. De eerste Hill-climber die we hebben gebouwd (hillclimber-algorithm) gaat alle huizen op de map een voor een langs, en kijkt voor elk huis voor 1 stap in de vier windrichtingen, welke optie het beste is, die voert hij uit. Dit doet hij voor elke iteratie opnieuw. De tweede hillclimbers (hillclimber_random_algorithm) pakt telkens random een huis en verplaatst deze random een stapje (twee meter) en random kant op. Dan checkt hij de waarde, is deze beter dan de vorige, dan laat hij deze staan. Slechter, dan plaatst hij het huis terug. Dat is 1 iteratie. De laatste Hillclimber (hillclimber_rotate_move_swap_alogrithm) kiest een random huis uit de map en voert daarop random een van de drie mogelijke actie's uit. Of hij verplaatst het huis random 1stap een random kant op, of hij swapt het huis met een random gekozen ander huis, of hij draait het huis 90 graden. na elk huis checkt hij de waarde, beter: laat staan, slechter: zet terug. Met deze drie Hillclimbers hebben we een goede tool om de beste structuren die we vinden nog meer te optimaliseren.

Op basis van bovenstaande 'filosofie' hebben we twee andere algoritmes geschreven. Ten eerst een greedy algoritme (greedy_algorithm). Deze plaatst eerste alle maison's een voor een, op de plek die het allerbeste is voor de totaal waarde. Dan alle Bungalow's, dan alle house's. Dit steunt op het eerder aangetoonde vooroordeel dat je de maison's de beste plekken wilt geven.

Ook hebben we een algoritme bedacht dat we expanding universe noemen (expanding_universe.py). Dit algoritme begint met alles in het midden van de map opgekropt. Waarbij in de kern de House's daar omheen de Bungalow's en daar omheen, als buitenring de Maison's. vervolgens begint de algoritme alle huizen naar buiten te duwen, waarbij de Maison's het verst naar buiten, daarna de bungalow's en de House's zo min mogelijk. De resulteert in een soort vorm van huizen die werkt zoals de uitdijning van het universum, maar dan van huizen. Waarbij de Maison's met veel ruimte in de hoeken staan en de Bungalow's en House's met minder ruimte in het midden.

resultaten

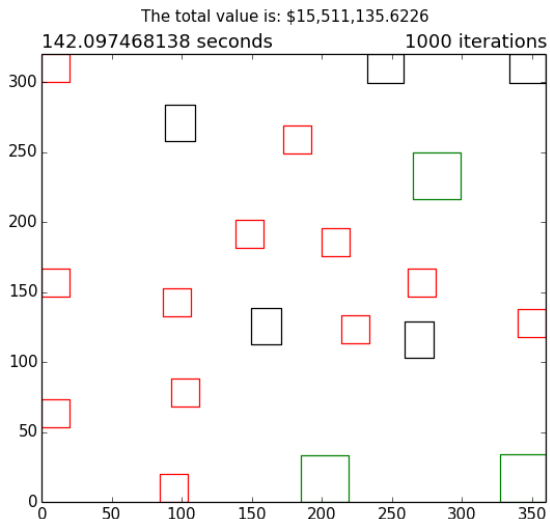
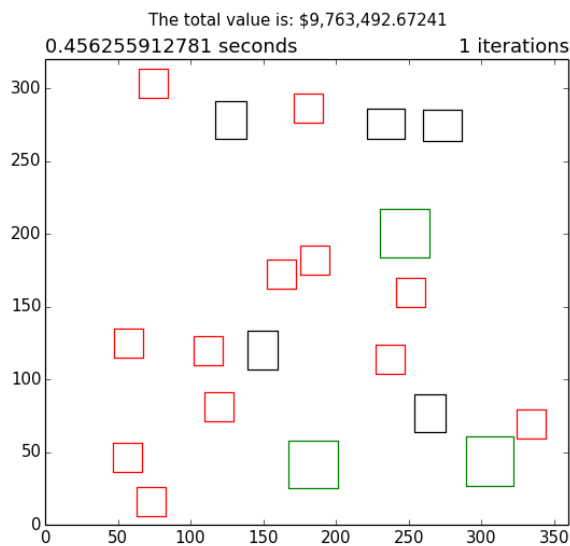
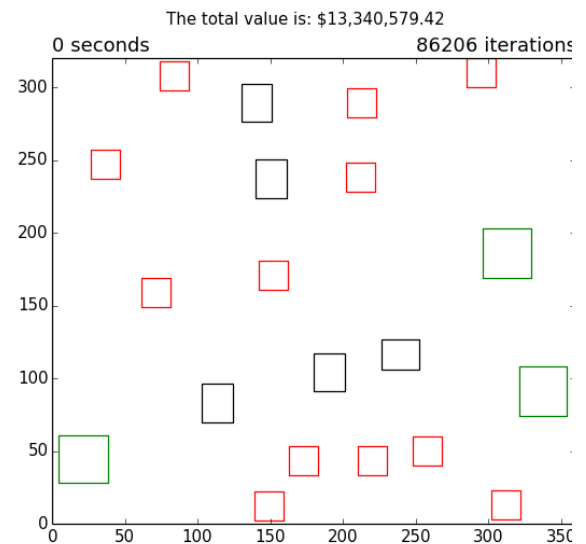
we presenteren hier uitvoerig de 20-huizen variant.

De twintig huizenvariant

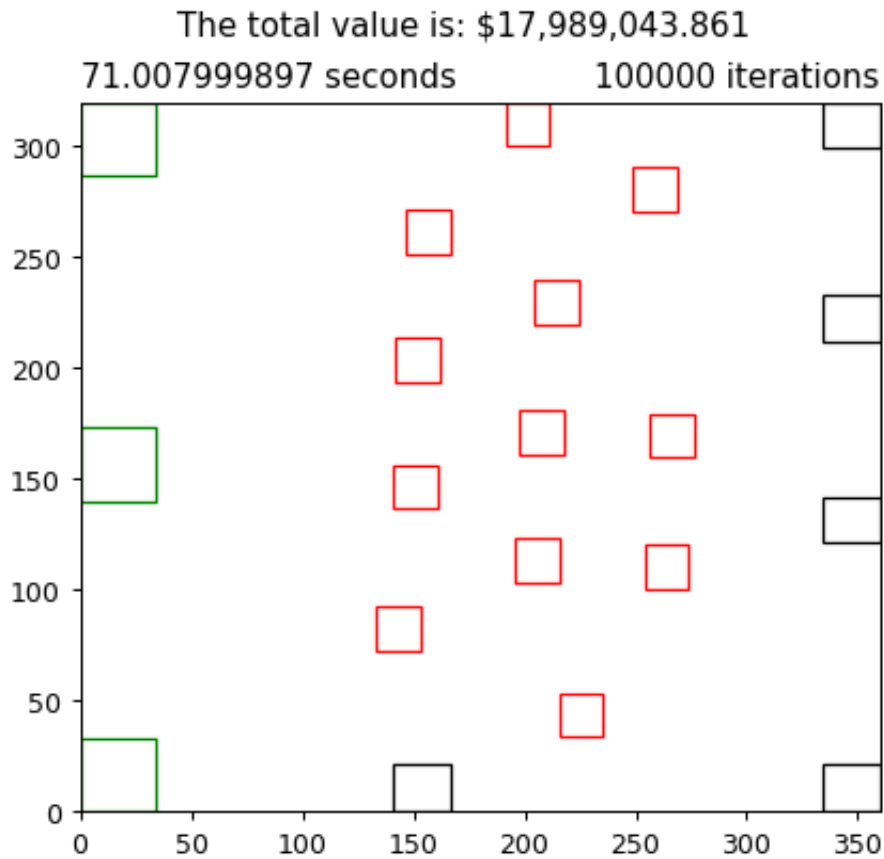
Bij de 20-huizenvariant, is er zoveel ruimte over dat we ons niet druk hoeven te maken om het water. We kunnen in elke vorm van deze variant het water er later in toevoegen. Daarom besluiten we een oplossing te zoeken, zonder rekening te houden met het water.

Telkens als we random laten draaien zien we dat hij vrij snel op een totaal waarde van in de 12 Miljoen komt, vaak al voor de 2.000 iteraties. Een waarde van 13 miljoen bereikt hij echter zeer lastig. Vaak pas na rond de 50.000 iteratie. Hieruit valt te concluderen dat er redelijk wat mogelijkheden zijn waarbij de map 12 miljoen waard is. Echter zijn er maar relatief zeer weinig mogelijkheden waarbij de map 13 miljoen of meer waard is. Rechts de kaart van de best variant van meer dan 5-miljoen varianten die we random hebben gecreëerd.

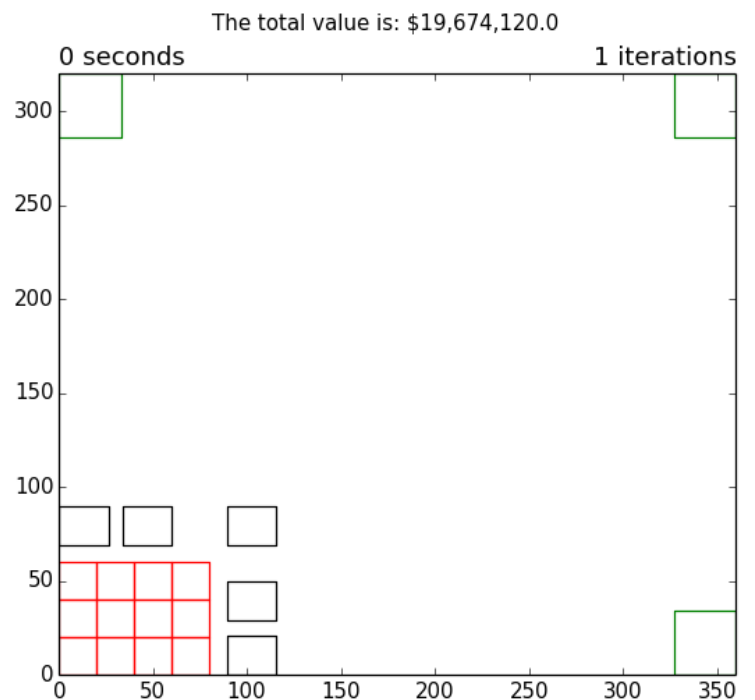
De hillclimber doet zijn werk beter. Na 1 random kaart te hebben gegenereerd, zie onder, weet de hillclimber-algorithm na 1000 iteraties en map met een waarde van 9miljoen op te waarden tot een map met een waarde van 15miljoen. Iets wat zelfs 5 miljoen randoms niet lukt.



Als je over de beste random alle hillclimbers heen gooit, met als laatste de swaphillclimber 100 duizend iteraties krijg je een symmetrisch beeld, en de hoogste waarde met een algoritme bereikt:



Als we echter zelf op basis van onze theorie een map bouwen, waarbij we de Maison's alle waarde geven krijgen een map die nog meer waard is. Hillclimber lukt het niet deze map beter te maken.



Conclusie

Verder onderzoek

Voor verder onderzoek is het interessant om te kijken, Plant-propagatie algoritme te schrijven. De Hillclimbers die wij hebben lukt het niet om de beste 20-huizen variant die wij nu hebben nog meer te optimaliseren. Een Plant-propagatie zou dat wellicht wel lukken. Het idee is dat deze van de bestaande map, tien varianten maakt, waarbij sommige heel met heel weinig verandering en sommige heel veel, van de beste daarvan maakt hij vervolgens weer nageslacht enzoverder. Dit breekt hopelijk door de grote stappen die hij soms maakt de kaart open voor nog betere mogelijkheden, maar tegelijk verbetert hij de kaart ook zoals hij nu is in kleine stappen, mocht dat nog mogelijk zijn.

Extra

Vanuit de filosofie dat het landgoed gebouwd wordt in een natuurgebied met nog ruimschoots natuur er omheen hebben we ervoor gekozen, te zeggen dat de vrije-vrije ruimte niet beperkt wordt door de grens van de kaart, ofwel de vrije-vrije ruimte kan daarbuiten lopen. We vonden het richting de laatste week echter interessant om te kijken hoe het de vorm van het landgoed zou beïnvloeden als we stelde dat dit wel zo was. Als we stelde dat het een wijk is die in een al bestaand stadsdeel gebouwd wordt. Of wel waar het einde van de kaart dus betekent: een andere wijk met ander huizen, wat betekent dat voor onze case? We verwachten hele andere patronen, De Maison's zullen niet meer naar de hoeken toe bewegen maar juist naar het midden van de kaart, terwijl de House's juist naar de hoeken gaan om ruimte te maken voor de Maison's in het midden.