

Onttegel de stad



**De toegevoegde waarde van onttegel en op het
verminderen van wateroverlast op straat**

Onttegel de stad

De toegevoegde waarde van onttegelen op het verminderen van wateroverlast op straat

Plaats:	Heeten
Datum:	18-08-2016
Opdrachtgever:	Wareco Ingenieurs
Stagebegeleider:	Ir. Stan Geurts van Kessel
Docent:	Dick Timmerman
Opleiding:	Land en Watermanagement
Major:	Planologie en Waterbeheer
Opgesteld door:	Yoeri Kolkman

Voorwoord

Voor het maken van dit rapport wil ik Wareco Ingenieurs bedanken, in het bijzonder Stan Geurts van Kessel, Johan Bouma, Wilmer Noome, Arjan Averink en Dennis Kuijk. Zij hebben mij in de periode bij Wareco Ingenieurs geholpen bij het verrichten van mijn werkzaamheden. Tijdens mijn onderzoek heb ik mijn GIS vaardigheden sterk kunnen ontwikkelen en heb ik het landmeten in de praktijk kunnen brengen. Daarnaast heb ik buiten mijn studie om leren programmeren. Iets wat mij heel waardevol lijkt voor in de toekomst.

Ik heb er voor gekozen om mijzelf te gaan verdiepen in een praktische en theoretische component van het onttregelen. Ik heb veldbezoeken uitgevoerd om te onderzoeken en te meten waar onttregelen kan worden toegepast. Ik heb een stukje geprogrammeerd om inzicht te krijgen op welke manier onttregelen kan bijdragen aan een verminderde afstroom van water naar de straat. Deze resultaten heb ik vervolgens verwerkt in een rapportage. Met behulp van deze rapportage wil ik aangeven op welke manier onttregelen kan bijdragen aan een verminderde afvoer van water naar de straat.

Samenvatting

In dit rapport is onderzocht wanneer onttegen een toegevoegde waarde op het verminderen van de wateroverlast op straat heeft. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in de onderzoekswijken Soest, Baarn en Woudenberg. De onderzoekswijken zijn allereerst ingedeeld op gebiedskenmerken. De gebiedskenmerken bestaan uit: bebouwing, verharding, hoogteligging en de stroombanen. De particuliere terreinen van de onderzoekswijk Baarn bestaan uit: nieuwbouwwoningen, rijtjeswoningen en vrijstaande woningen. Het terrein van de nieuwbouwwoningen kent het grootste aandeel verhard oppervlak. De overige terreinen zijn beperkt verhard. De onderzoekswijk Baarn is een licht hellend gebied met weinig obstakels, waardoor het water geleidelijk kan afstromen (stroombaan). De particuliere verharde terreinen van de onderzoekswijk Soest bestaan uit villa's. De particuliere terreinen van de villa's zijn beperkt verhard. De onderzoekswijk Soest is getypeerd als een sterk hellend gebied met veel obstakels. Het water komt hierdoor heel snel of juist helemaal niet tot afstroming. De particulier verharde terreinen van de onderzoekswijk Woudenberg bestaan uit rijtjeswoningen en vrijstaande woningen. Het terrein van de rijtjeswoningen is sterk verhard. Het terrein van de vrijstaande woningen is beperkt verhard. De onderzoekswijk Woudenberg is getypeerd als vlak gebied met veel obstakels, waardoor het water beperkt tot afstroming komt.

Vervolgens is met een stroomschema en een veldbezoek bepaald hoeveel verhard oppervlak kan worden gereduceerd. In de onderzoekswijken Baarn en Woudenberg kunnen de grootste aandelen particulier verhard oppervlak worden gereduceerd.

Met het model Spyder zijn de 0-situaties van de onderzoekswijken Soest, Baarn en Woudenberg vergeleken met de onttegelde situatie. In de 0-situatie komt bij de onderzoekswijk Soest bij het terrein van de villa's tot 25.5 mm water op straat te staan. Onttegen in de onderzoekswijk van Soest leidt op het terrein van de villa's nauwelijks tot reductie van de hoeveelheid water op straat. In de 0-situatie komt in de onderzoekswijk van Baarn bij het terrein van de rijtjeswoningen tot 14.2 mm water op straat te staan. Bij het terrein van de nieuwbouwwoningen komt tot 13.6 mm water op straat te staan. Bij het terrein van de vrijstaande woningen komt tot 13.0 mm water op straat te staan. Bij de historische woningen komt het minste water op straat te staan. Hier staat tot 10.5 mm water op straat. Onttegen leidt op het terrein van de nieuwbouwwoningen en rijtjeswoningen tot reductie van de hoeveelheid water op straat. Bij het terrein van de vrijstaande woningen en historische woningen draagt onttegen nauwelijks bij aan vermindering van water op straat. In de 0-situatie komt bij de onderzoekswijk Woudenberg bij de terreinen van de rijtjeswoningen 28.2 mm water op straat te staan. Bij het terrein van de vrijstaande woningen komt tot 24.4 mm water op straat te staan. Onttegen in de onderzoekswijk van Woudenberg leidt bij de terreinen van de rijtjes woningen nauwelijks tot reductie van de hoeveelheid water op straat.

Het effect van onttegen is op basis van het onderzoek niet goed te benoemen. Wanneer aan de randvoorwaarden uit het stromingschema wordt voldaan zijn de terreinen uit de onderzoekswijken geschikt voor onttegen. Uit onderzoek blijkt dat juist lokale situaties en kenmerken van de gebieden bepalend zijn in hoeverre onttegen bijdraagt aan reductie van afstromend water naar de straat. De reductie van het verharde oppervlak leidt hierdoor niet automatisch tot een aanzienlijke vermindering van water op straat. Daarom zou per perceel moeten worden bekeken of onttegen kan worden toegepast.

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting.....	2
1. Inleiding	6
1.1 Aanleiding.....	6
1.2 Kader en afbakening.....	6
1.3 Probleemstelling.....	7
1.4 Resultaat.....	7
1.5 Methoden.....	7
1.6 Leeswijzer	8
1.7 Doelgroep	8
2 Gebiedskenmerken	9
2.1 Locatie Baarn	9
2.2 Locatie Soest.....	11
2.3 Locatie Woudenberg	12
2.4 Stroombanen.....	13
3 Reductie verhard oppervlak	13
3.1 Stroomschema.....	13
3.2 Reductie verhard oppervlak Baarn.....	14
3.3 Reductie verhard oppervlak Soest	14
3.4 Reductie verhard oppervlak Woudenberg.....	15
4 Software programma Spyder	15
4.1 Opbouw model.....	15
4.2 Uitgangspunten model.....	16
5 Resultaten onttregelen	17
5.1 Resultaten Baarn	17
5.2 Resultaten Soest.....	19
5.3 Resultaten Woudenberg	20
5.4 Haalbaarheid	22
6 Conclusies.....	23
6.1 Baarn	23
6.2 Soest	23
6.3 Woudenberg.....	24
6.4 Technische haalbaarheid.....	24

6.5	Maatschappelijke haalbaarheid	24
6.6	Eind conclusie onderzoekswijken.....	24
6.7	Aanbevelingen.....	24
7	Reflectie.....	25
	Literatuurlijst	27
	Bijlage 1: Interview gemeente Baarn	28
	Bijlage 2: Interview gemeente Soest.....	31
	Bijlage 3: Interview gemeente Woudenberg	34
	Bijlage 4: Locaties veldbezoek Baarn	36
	Bijlage 5: Fotocollage Baarn	37
	Bijlage 6: Profielen Baarn	41
	Bijlage 7: Locaties veldbezoek Soest	42
	Bijlage 8: Fotocollage Soest.....	43
	Bijlage 9: Schetsen afmetingen en hoogteligging locatie Soest.....	44
	Bijlage 10: Locaties Woudenberg.....	45
	Bijlage 11: Fotocollage Woudenberg	46
	Bijlage 12: Schetsen afmetingen en hoogteligging locaties Woudenberg.....	48
	Bijlage 13: Stroombanen theorie	49
	Bijlage 14: Stroombanenkaart Baarn	50
	Bijlage 15: Stroombanenkaart Soest	51
	Bijlage 16: Stroombanenkaart Woudenberg.....	52
	Bijlage 17: Stromingschema onttegelde particulier terrein	53
	Bijlage 18: Bepaling verhardingspercentages	54
	Bijlage 19: Percentage verhard onderzoekswijk Baarn.....	55
	Bijlage 20: Percentage verhard onderzoekswijk Soest.....	57
	Bijlage 21: Percentage verhard onderzoekswijk Woudenberg	57
	Bijlage 22: Berekening infiltratie Baarn.....	58
	Bijlage 23: Infiltratie 0-situatie Baarn.....	60
	Bijlage 24: Infiltratie onttegelde situatie Baarn	61
	Bijlage 25: Berekening Berging Baarn	62
	Bijlage 26: Berging 0-situatie Baarn	64
	Bijlage 27: Berging onttegelde situatie Baarn	65
	Bijlage 28: Berekening infiltratie Soest	66
	Bijlage 29: Infiltratie 0-situatie Soest	67

Bijlage 30: Infiltratie onttegelde situatie Soest	68
Bijlage 31: Berekening berging Soest	69
Bijlage 32: Berging 0-situatie Soest	70
Bijlage 33: Berging onttegelde situatie Soest.....	71
Bijlage 34: Berekening infiltratie Woudenberg.....	72
Bijlage 35: Infiltratie 0-situatie Woudenberg.....	73
Bijlage 36: Infiltratie onttegelde situatie Woudenberg.....	74
Bijlage 37: Berekening berging Woudenberg.....	75
Bijlage 38: Berging 0-situatie Woudenberg.....	76
Bijlage 39: Berging onttegelde situatie Woudenberg	77
Bijlage 40: Uitwerking Spyder	78
Bijlage 41: Contactgegevens betrokkenen onderzoek.....	85

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Normaal gesproken werkt onbebouwde grond als een soort spons: regenwater wordt aan het oppervlak opgevangen en vindt vervolgens geleidelijk zijn weg naar planten, grondwater of rivieren en slootjes. In de stad kan regenwater doorgaans veel minder goed weg. Door de dichtheid aan van gebouwen, beton, asfalt en betegelde tuinen kan de bodem het water minder goed opnemen. Via goten, regenpijpen en putten komt een groot deel van het regenwater terecht in het riool, dat eigenlijk niet berekend is op zware regenval. Als het riool de hoeveelheid regenwater niet aan kan ontstaat er water op straat.

Om water op straat te voorkomen kunnen verschillende maatregelen genomen worden. Eén van de maatregelen zou het onttregelen van particulier terrein kunnen zijn. In hoeverre het onttregelen effect heeft op het voorkomen van wateroverlast op straat is onvoldoende bekend.

1.2 Kader en afbakening

Wareco Ingenieurs heeft opdracht gegeven om de effecten van het onttregelen van particulier terrein op het reduceren van de directe afstroming van regenwater over het particuliere oppervlak naar de straat in kaart te brengen. Op deze manier hoopt Wareco Ingenieurs inzicht te krijgen wanneer onttregelen kansrijk is en welke factoren bepalend zijn om succesvol te onttregelen. Vanwege het feit dat het onderzoek veel tijd kost door onder andere desktop studies, veldwerk en modelstudies heeft Wareco Ingenieurs het onderzoek uitbesteed. Er is gekozen voor onderzoek in de gemeenten Woudenberg, Soest en Baarn, vanwege het feit dat in deze gemeenten het oppervlak van particuliere tuinen al is geïnventariseerd. De verharde oppervlakten gelden als uitgangspunt voor het onderzoek. Daarnaast wordt aangegeven wat kansrijke en beperkende wijk- en perceelskenmerken zijn voor succesvol onttregelen. Voor deze gemeenten worden tevens literatuuronderzoeken verricht. Uit de gemeente worden gebieden geselecteerd waar sprake is van wateroverlast op straat. Er wordt geconcentreerd op maximaal 3 wijken. In het onderzoek worden alleen particuliere terreinen meegenomen. In het onderzoek worden de neveneffecten van onttregelen buiten beschouwing gelaten vanwege de omvang en tijd. Er wordt niet gekeken naar de effecten op de biodiversiteit, aanvulling op de grondwaterstand en het effect op verdamping en hittestress.

1.3 Probleemstelling

Om water op straat te verminderen kunnen verschillende maatregelen genomen worden. Eén van de maatregelen is het onttregelen van particulier terrein. In hoeverre het onttregelen effect heeft op het voorkomen van wateroverlast op straat is bij de gemeenten Baarn, Soest en Woudenberg onvoldoende bekend. Met behulp van dit onderzoek wordt deze bijdrage gekwantificeerd.

Na aanleiding van dit probleem kan de volgende onderzoeksvraag worden opgesteld:

Wanneer heeft onttregelen toegevoegde waarde op het verminderen van de wateroverlast op straat?

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn deelvragen geformuleerd.

De deelvragen luiden als volgt:

1. Wat is de situatie in de wijk en wat zijn de kenmerken van de verharde particuliere terreinen in de wijk?
2. Hoeveel regenwater van particulier verhard oppervlak stroomt er in de huidige situatie af naar de straat bij bui T=10?
3. Leidt het maximaal onttgelde oppervlak tot reductie van de hoeveelheid water op straat?
4. Wat is de technische haalbaarheid van onttregelen?
5. Wat is de financiële haalbaarheid van onttregelen?

1.4 Resultaat

Het resultaat van dit rapport is een advies dat bestaat uit conclusies, aanbevelingen en informatieverstrekking over of onttregelen bijdraagt aan het verminderen van water op straat.

1.5 Methoden

In dit onderzoek zijn verschillende methodes gehanteerd, namelijk:

- Interviews

Om het onderzoek te kunnen starten is het van belang wat er bekend is over wateroverlast in de gemeenten. Door middel van een interview per gemeente wordt informatie verkregen over in welke mate het probleem: water op straat, speelt. Na het uitwerken van de interviews zijn de onderzoekswijken bepaald.

- Bureauonderzoek

Met behulp van GIS zijn de oppervlakten van particuliere terreinen bepaald. Met behulp van gedetailleerde luchtfoto's kunnen vervolgens de verharde oppervlakten worden bepaald. Tevens zijn met behulp van GIS de hoogtekarten en stroombanen bepaald. De stroombanen geven aan op welke manier het water tot afstroming komt. De hoogtekarten en stroombanen zijn tijdens het programmeren van belang om de afstroming te kunnen bepalen. Daarnaast is "Raintools" van Stichting Rioned gebruikt om visueel inzicht te krijgen op welke manier water tot afstroming kan komen. Raintools is een software programma dat door nagenoeg alle gemeenten wordt gebruikt. Er is gekeken naar Rainproof Amsterdam. Rainproof Amsterdam is de manier waarop de gemeente Amsterdam met haar regenwater omgaat. Dit geeft nieuwe inzichten voor dit onderzoek.

- Veldwerk

De resultaten uit het bureauonderzoek zijn geverifieerd in het veld. De mogelijkheid van afstroming van particuliere terreinen is bepaald door hoogte metingen en visuele waarnemingen. Hierna is een stroomschema opgezet. Deze uitkomsten zijn van belang voor het programmeren.

- Programmeerprogramma Spyder

De resultaten uit het bureauonderzoek en het veldwerk zijn gecombineerd in het softwareprogramma Spyder. Spyder is een programma dat door Wareco Ingenieurs wordt gebruikt om water op straat te bepalen. Met het programma Spyder is het afstromende water naar de straat in de onderzoekswijken berekend. Er is gebruik gemaakt van de Leidraad Riolering C2100 om de infiltratie en berging te bepalen.

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 gaat over de inleiding. Hoofdstuk 2 volgt met de gebiedskenmerken. Hoofdstuk 3 volgt met de reductie van het verharde oppervlak. Hoofdstuk 4 volgt met het software programma Spyder. Hoofdstuk 5 volgt met de resultaten van het onttegenen. Hoofdstuk 6 volgt met de conclusie. Hoofdstuk 7 volgt met de reflectie.

1.7 Doelgroep

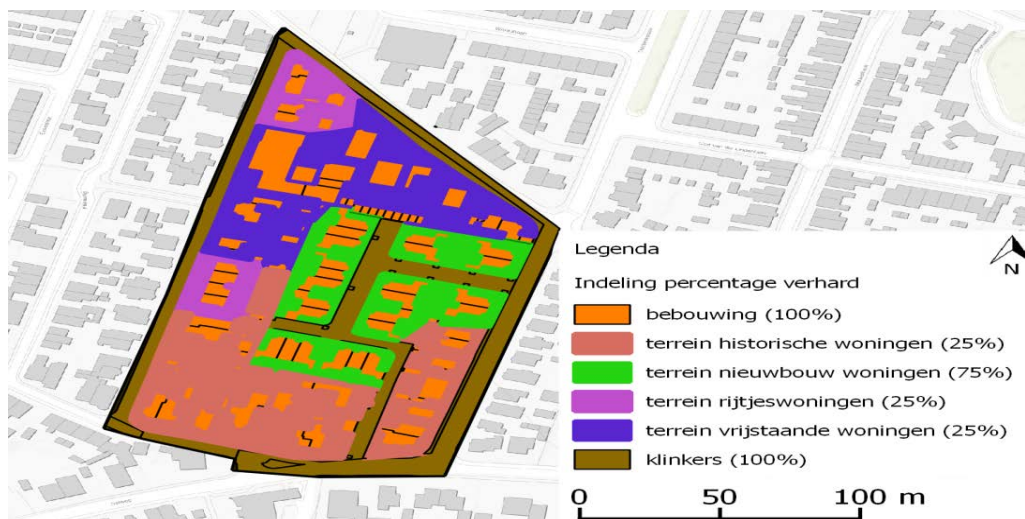
Dit rapport is in de eerste plaats bedoeld voor adviseurs van Ingenieursbureau Wareco die zich met afkoppelen bezig houden en dat verder kunnen uitbouwen naar andere gemeenten en waterschappen.

2 Gebiedskenmerken

In dit hoofdstuk worden de gebiedskenmerken van de onderzoekswijken in de gemeenten weergegeven. Er wordt ingegaan op de bebouwing, verharding, hoogteligging en de stroombanen in de wijken.

2.1 Locatie Baarn

In overleg met de gemeente is voor de onderstaande wijk gekozen omdat in deze wijk in de toekomst het rioolstelsel wordt aangepast. De onderzoekswijk binnen de gemeente Baarn (figuur 1) is qua bebouwing divers. De wijk bestaat uit enkele ruime vrijstaande woningen. In het noorden van de wijk bestaat de bebouwing voornamelijk uit historische woningen. Centraal gelegen in de wijk komen ruim opgezette nieuwbouw woningen voor. Deze woningen betreffen twee of drie onder een kapwoningen. Daarnaast komen aan de rand van de wijk enkele rijtjeswoningen voor.

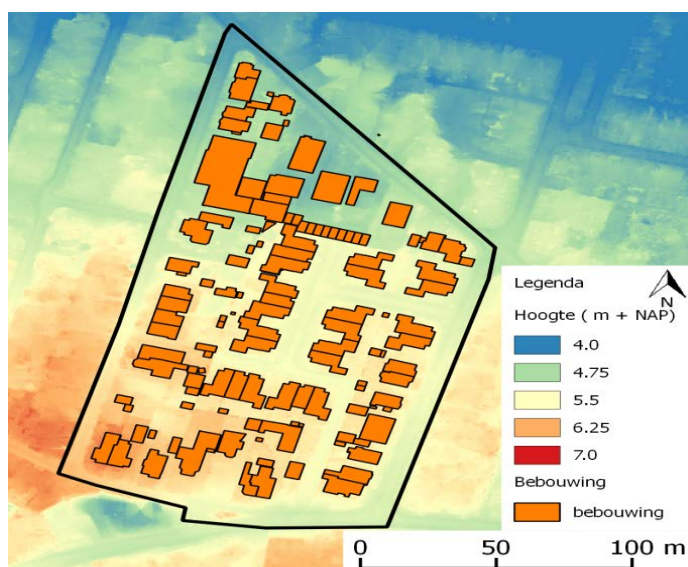


Figuur 1: Onderzoekswijk Baarn, indeling percentage verhard oppervlak

Met behulp van gedetailleerde luchtfoto's van de gemeente Baarn zijn in figuur 1 de percentages verhard oppervlak in de wijk vastgesteld. De bebouwing (woningen en schuurtjes) worden tot 100% verhard gerekend. Verder zijn de wegen, bestaande uit klinkers ook voor 100 % verhard. Het terrein van de historische woningen is gesteld op 25% verhard. Het terrein van nieuwbouw woningen is vastgesteld op 75% verhard. Het terrein van de rijtjeswoningen en vrijstaande woningen zijn vastgesteld op 25 % verhard. De oppervlakten per terrein zijn opgenomen in tabel 1.

Indeling terreinen	Particulier terrein totaal (m ²)	Particulier terrein verhard (m ²)
Terrein historische woningen	4342	1086
Terrein nieuwbouw woningen	2601	1951
Terrein rijtjeswoningen	1268	317
Terrein vrijstaande woningen	3243	810

Tabel 1: Oppervlakten totaal en verhard in m², per terrein in de onderzoekswijk Baarn



Figuur 2: Hoogte onderzoeksgebied Baarn

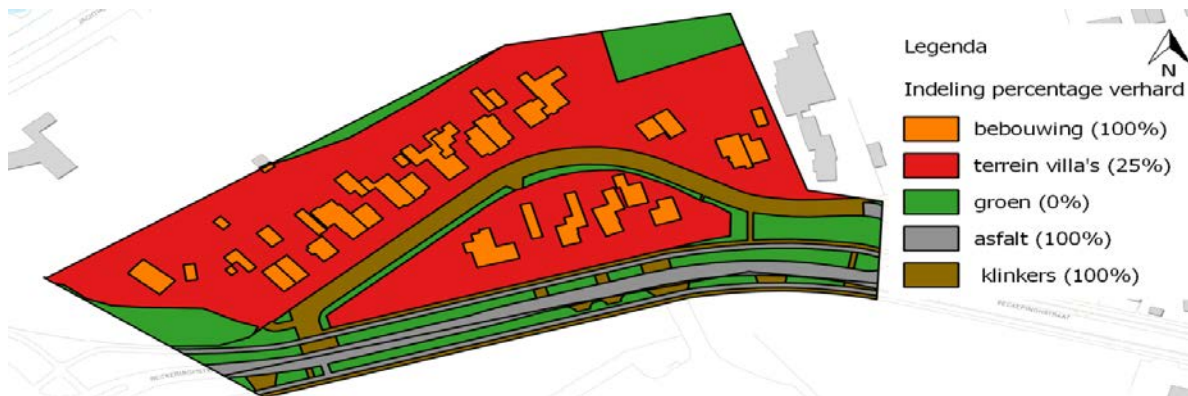
In figuur 2 is de hoogteligging van de onderzoekswijk weergegeven. De hogere delen van de onderzoekswijk bevinden zich in het zuiden van het onderzoeksgebied. De hoogte bedraagt hier tot 6,5 m + NAP. Het noorden van het onderzoeksgebied ligt tot op circa 4.5 m + NAP. Het hoogteverschil tussen het noorden en zuiden van de onderzoekswijk is ongeveer 2 m. De lengte van het onderzoeksgebied bedraagt 200 m. Hierdoor kan er worden geconcludeerd dat het gebied licht hellend is.



Figuur 3: Licht hellende oprit terrein nieuwbouwwoningen

2.2 Locatie Soest

In overleg met de gemeente Soest is voor de onderstaande wijk gekozen omdat in deze wijk veelvuldig sprake is van wateroverlast door zware regenval. De onderzoekswijk binnen de gemeente Soest (figuur 4) wordt vanwege de ruime ligging en grote woningen, tot villawijk gerekend. Kenmerkend voor deze wijk zijn de grote particuliere terreinen.

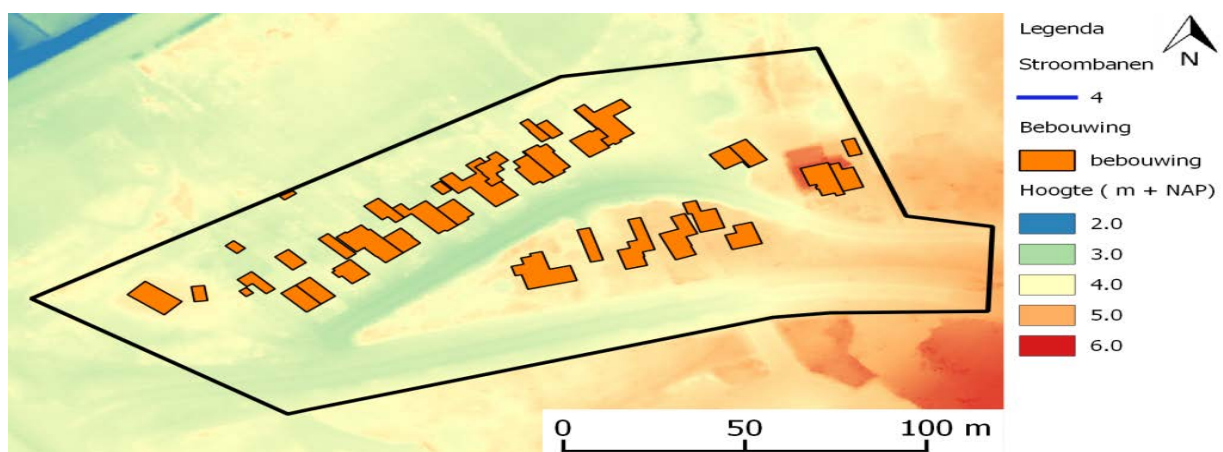


Figuur 4: Onderzoekswijk Soest, indeling percentage verhard oppervlak

Met behulp van gedetailleerde luchtfoto's van de gemeente Soest zijn de percentages verhard oppervlak vastgesteld (figuur 4). De bebouwing (woningen en schuurtjes) worden tot 100% verhard gerekend. Het terrein van de villa woningen is voor 25 % verhard. De asfalt- en klinkerwegen zijn 100% verhard. De oppervlakten zijn vastgesteld in tabel 2

Indeling percentage verhard	Particulier terrein totaal (m ²)	Particulier terrein verhard (m ²)
Terrein villa's	33635	8409

Tabel 2: Oppervlakten totaal en verhard in m², per terrein in de onderzoekswijk Soest

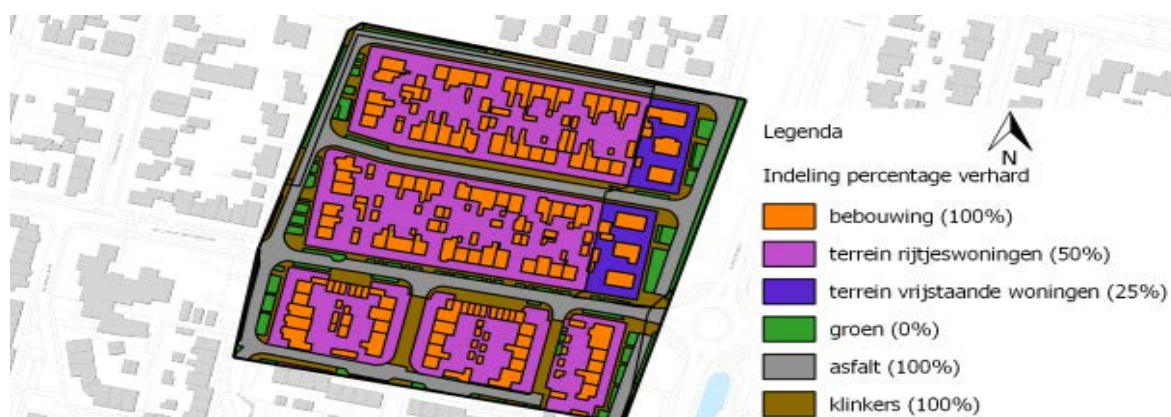


Figuur 5: Hoogte onderzoeksgebied Soest

In figuur 5 is de hoogteligging van de onderzoekswijk weergegeven. Kenmerkend voor de onderzoekswijk is dat de bebouwing op sterk hellende percelen liggen. De bouwkvavels liggen 4 tot 6 m + NAP aanzienlijk hoger dan elders in het onderzoeksgebied. De overige delen binnen de onderzoekswijk liggen lager tot 3 m + NAP. Het hoogteverschil over een relatief kleine afstand is groot. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het onderzoeksgebied sterk hellend is.

2.3 Locatie Woudenberg

In overleg met de gemeente Woudenberg is voor de onderstaande wijk gekozen omdat daar in de toekomst het rioolstelsel wordt aangepast. De onderzoekswijk binnen de gemeente Woudenberg kan qua bebouwing worden opgesplitst in twee typen bebouwing, namelijk vrijstaande bebouwing en rijtjeswoningen. De vrijstaande bebouwing kenmerkt zich door ruim opgezette woningen met veel particulier oppervlak. De rijtjeswoningen kenmerken zich door de relatief kleine particuliere oppervlakten.

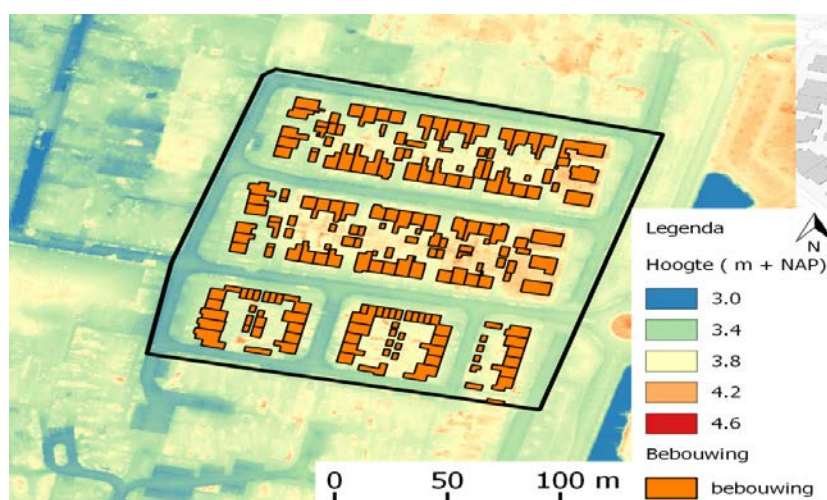


Figuur 6: Onderzoekswijk Woudenberg, indeling percentage verhard oppervlak

Met behulp van gedetailleerde luchtfoto's van de gemeente Woudenberg zijn de percentages verhard oppervlak vastgesteld (figuur 6). De bebouwing (woningen en schuurtjes) wordt tot 100% verhard gerekend. Het terrein van de rijtjeswoningen is voor 50% verhard. Het terrein voor vrijstaande woningen is voor 25% verhard. De wegen bestaan uit asfalt- en klinkerwegen en zijn 100% verhard. De oppervlakten zijn vastgesteld in tabel 3.

Indeling percentage verhard	Particulier terrein totaal (m ²)	Particulier terrein verhard (m ²)
Terrein rijtjeswoningen	11834	5917
Terrein vrijstaande woningen	1481	370

Tabel 3: Oppervlakten totaal en verhard in m², per terrein in onderzoekswijk Woudenberg



Figuur 7: Hoogte onderzoeksgebied Woudenberg

Figuur 7 geeft de hoogteligging weer. De hoogte varieert gemiddeld van 3.5 m tot 4 m + NAP. Kenmerkend voor de onderzoekswijk is dat de percelen rondom de bebouwing vrij vlak zijn. De onderzoekswijk kan hierdoor als vrij vlak worden geclassificeerd.

2.4 Stroombanen

Bij het zoeken naar maatregelen tegen wateroverlast is inzicht verkrijgen in de route van het water belangrijk. Een stroombanenkaart laat zien hoe de neerslag in het stedelijk gebied tot afstroming komt. De stroombanenkaart zegt niets over het volume van het water; het zegt enkel iets over de route die het water volgt bij hevige neerslag. Bijlage 13 geeft een overzicht op welke manier een stroombanenkaart is opgemaakt. Bijlagen 14, 15 en 16 geven voor de onderzoekswijken Baarn, Soest en Woudenberg de stroombanen weer.

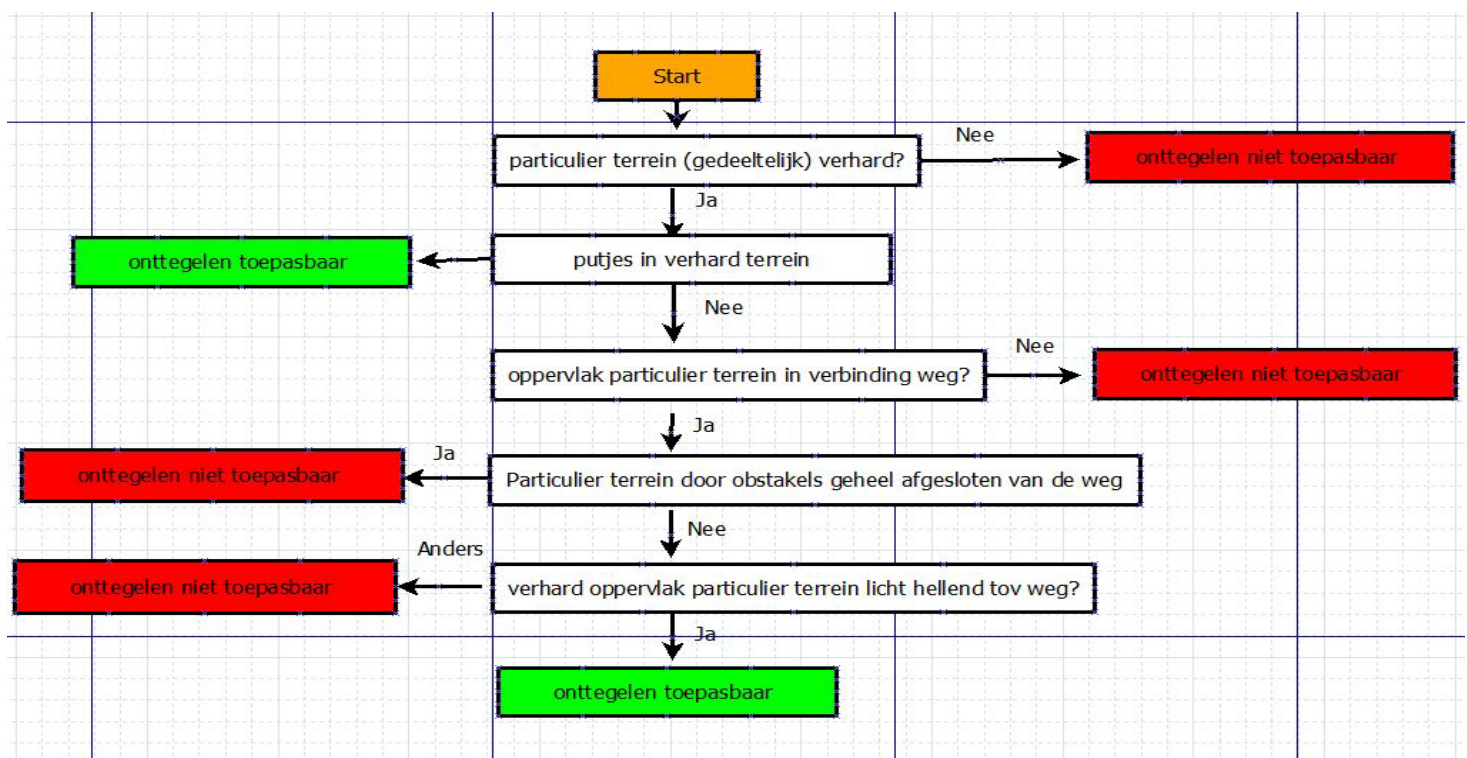
3 Reductie verhard oppervlak

In dit hoofdstuk is in paragraaf 3.1 een stroomschema opgezet en verantwoord. In paragrafen 3.2 tot en met 3.4 is per onderzoekswijk bepaald hoeveel verhard oppervlak kan worden gereduceerd.

3.1 Stroomschema

Er zijn meerdere percelen waarvan het regenwater in ieder geval niet kan afstromen naar de openbare weg, omdat de tuin lager ligt dan de weg of omdat er barrières voor komen. In die gevallen is onttégelen niet zondermeer een kansrijke maatregel tegen water op straat. Op een aantal locaties vormen de opritten een bepalend aspect van de verharding binnen de percelen. Of het (deels) onttégelen- of waterpasserend maken van deze opritten effectief is, hangt af van de helling van de oprit. De helling is namelijk ook een criterium. Als er binnen de (gedeeltelijk) verharde percelen regenwaterputjes zitten die op het riool zijn aangesloten is onttégelen toepasbaar.

Figuur 8 geeft weer welke randvoorwaarden (de witte blokken in de tabel) bepalend zijn om te kunnen onttégelen. Wanneer aan deze randvoorwaarden wordt voldaan, is het zinvol om particuliere oppervlakten te onttégelen. Wanneer niet aan de criteria wordt voldaan, is de vermindering van afstromend water naar de straat waarschijnlijk beperkt. Onttégelen wordt dan niet toegepast.



Figuur 8: Stroomschema

3.2 Reductie verhard oppervlak Baarn

Samen met het stroomschema is de reductie van het verharde oppervlak per terrein bepaald. De berekeningen zijn verantwoord in bijlage 18 en 19

Terrein	Aandeel verhard oppervlak (m ²) 0-situatie	Reductie verhard oppervlak t.o.v. 0-situatie (m ²)	Reductie verhard oppervlak (%)
Nieuwbouw woningen	1951	894	45.8
Rijteswoningen	317	49	15.6
Vrijstaande woningen	810	71	8.75
Historische woningen	1086	244	22.5

Tabel 4: Reductie verhard oppervlak onderzoeksgebied Baarn

In tabel 4 is de reductie van het verharde oppervlak bepaald. Tabel 4 wijst uit dat het terrein van de nieuwbouwwoningen procentueel het meest kan worden onttgeld.

3.3 Reductie verhard oppervlak Soest

Samen met het stroomschema is de reductie van het verharde oppervlak per terrein bepaald. De berekeningen zijn verantwoord in bijlage 18 en 20.

Terrein	Aandeel verhard oppervlak (m ²) 0-situatie	Reductie verhard oppervlak t.o.v 0-situatie (m ²)	Reductie verhard oppervlak (%)
Villa's	8409	1404	16.7

Tabel 5: Reductie verhard oppervlak onderzoeksgebied Soest

In tabel 5 is de reductie van het verharde oppervlak bepaald. Uit de tabel komt naar voren dat een klein gedeelte van het verharde oppervlak kan worden onttgeld.

3.4 Reductie verhard oppervlak Woudenberg

Samen met het stroomschema is de reductie van het verharde oppervlak per terrein bepaald. De berekeningen zijn verantwoord in bijlage 18 en 21.

Terrein	Aandeel verhard oppervlak (m ²) 0-situatie	Reductie verhard oppervlak t.o.v 0-situatie (m ²)	Reductie verhard oppervlak (%)
Rijteswoningen	5917	2219	37.5
Vrijstaande woningen	370	46	12.5

Tabel 6: Reductie verhard oppervlak onderzoeksgebied Woudenberg

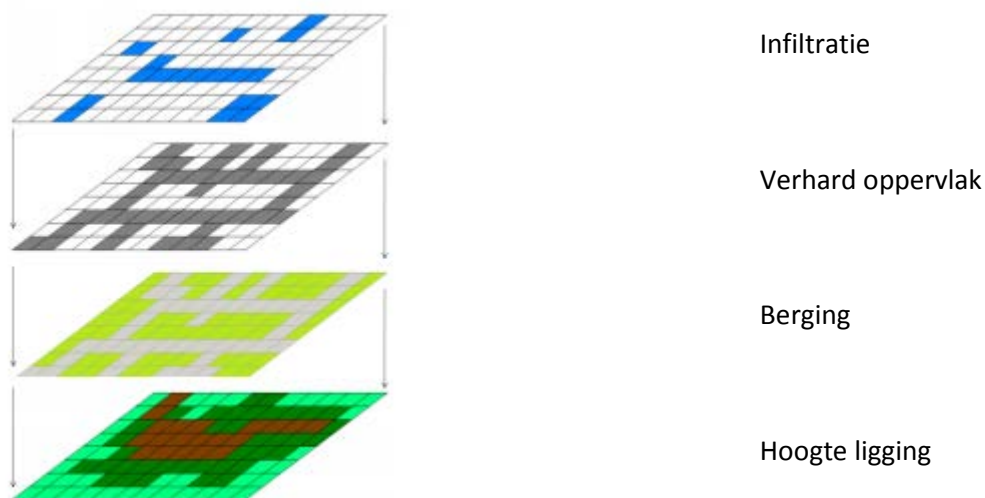
In tabel 6 is de reductie van het verharde oppervlak bepaald. Tabel 6 wijst uit dat een aanzienlijk deel van het particuliere verharde oppervlak van de rijteswoningen kunnen worden onttgeld dat vooral bij de rijteswoningen een aanzienlijk deel van het particuliere verharde oppervlak kan worden onttgeld. Bij de vrijstaande woningen kan een beperkt deel van het verharde oppervlak worden gereduceerd.

4 Software programma Spyder

In dit hoofdstuk zijn de gereduceerde verharde oppervlakten van de onderzoekswijken getoetst met behulp van het model Spyder. Dit model wordt gehanteerd bij Wareco Ingenieurs.

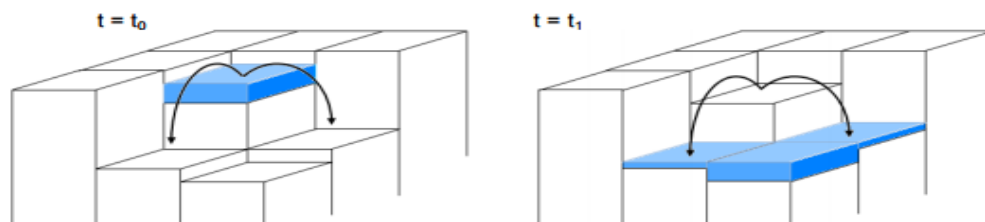
4.1 Opbouw model

Om afstroming van regenwater van particuliere terreinen naar de straat te kunnen berekenen wordt een stukje geprogrammeerd in Spyder. Het model gaat uit van een 4 lagen benadering (figuur 9). De gridcellen binnen het model beslaan 0.5m bij 0.5m.



Figuur 9: Schematische weergave 4 lagen benadering

Binnen een gridcel van 0.5 m x 0.5 m valt neerslag. Een gedeelte van de neerslag verdwijnt in de bodem door infiltratie en berging. De resterende neerslag stroomt van de relatief hoge gridcel ($t=t_0$), naar lager gelegen gridcellen ($t=t_1$), af. Op deze manier ontstaat een waterstroom (figuur 10).



Figuur 10: Schematische weergave oppervlakkige afstroom

4.2 Uitgangspunten model

Voor het model zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd. De uitgangspunten samen zorgen voor een specifiek mogelijk resultaat.

Infiltratie

Met behulp van infiltratie is getracht de doorlatendheid van de bodem na te bootsen. Gesteld wordt dat de daken zijn aangesloten op het riool en er geen infiltratie plaatsvindt. De infiltratiehoeveelheden van de verharde en onverharde oppervlakten zijn bepaald aan de hand van Module C2100 Rioleringsberekeningen. Deze infiltratiehoeveelheden zijn per onderzoekswijk in bijlagen 22, 28 en 34 berekend. De berekende infiltratiehoeveelheden zijn van belang in de lagenbenadering van infiltratie uit paragraaf 4.1.

Berging

Met behulp van berging wordt getracht de verzadigdheid van de bodem na te bootsen. Hierbij wordt bekeken hoeveel water de bodem kan opnemen. Wanneer de berging wordt overschreden stroomt het water af. Per type verhard of onverhard oppervlak zijn verschillende bergingshoeveelheden toegekend. Deze bergingshoeveelheden zijn per onderzoekswijk in bijlagen 25, 31 en 37 berekend. De berekende infiltratiehoeveelheden zijn van belang in de lagenbenadering van de berging uit paragraaf 4.1

Hoogte

De berging en infiltratie zullen bij een sterk hellend gebied kleiner zijn dan bij een zwak hellend gebied, omdat het water hier sneller tot afstroming komt. Wanneer het gebied erg vlak is, stagneert het water juist en komt dan niet tot afstroming naar de straat. Om te bepalen hoe snel het water tot afstroming naar de straat komt, is voor het programmeren gebruikt gemaakt van een hoogtekaart. De berekende hoogten zijn van belang in de lagenbenadering van de hoogte uit paragraaf 4.1

Verhard oppervlak

Het aandeel verhard oppervlak na onttégelen is afgenomen. Het verschil in verhard oppervlak is van belang in de lagenbenadering van het verhard oppervlak. De berekende verharde oppervlakten zijn van belang in de lagenbenadering van het verhard oppervlak uit paragraaf 4.1

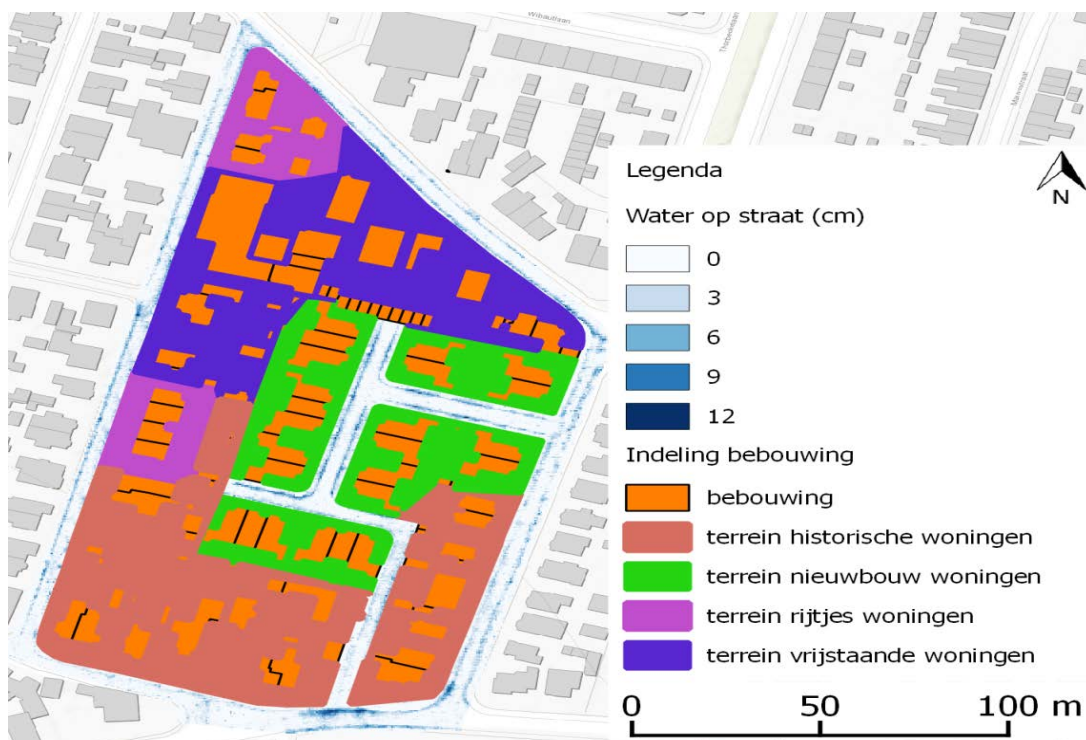
Neerslag

Voor het programmeren is gerekend met een neerslaghoeveelheid van 23 mm per half uur. Bij een intense bui met een tijdsduur van 15 minuten of korter wordt de toplaag van de bodem door de intensiteit van de neerslag afgesloten en komt het water direct tot afstroming.

5 Resultaten onttégelen

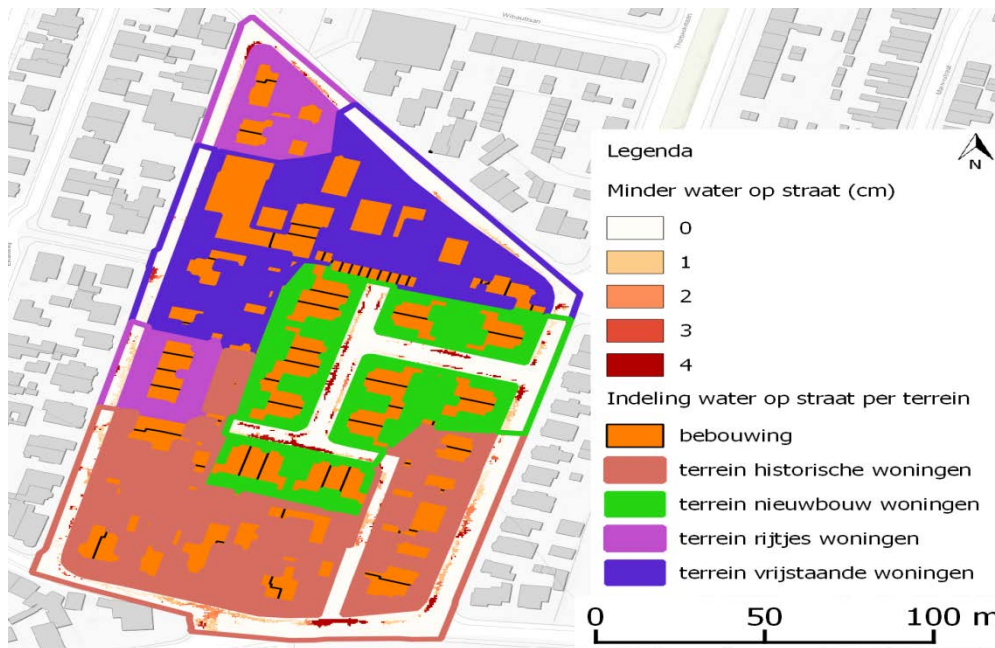
In dit hoofdstuk worden de resultaten uit het model per onderzoekswijk weergegeven. Hierbij zijn de 0-situaties en de onttégelde situaties met elkaar vergeleken. De resultaten zijn in paragraaf 5.1 tot en met 5.3 per onderzoekswijk visueel weergegeven en berekend. In paragraaf 5.4 is de geschiktheid om te onttégelen per onderzoekswijk weergegeven. In paragraaf 5.5 is de haalbaarheid voor het onttégelen per onderzoekswijk bepaald.

5.1 Resultaten Baarn



Figuur 11: 0-situatie water op straat onderzoeksgebied Baarn

Figuur 11 laat zien dat overal water tot afstroming naar de straat komt. Het meeste water komt tot afstroming bij de nieuwbouw woningen en de historische woningen. Bij de vrijstaande woningen komt relatief het minste water tot afstroming naar de straat



Figuur 12: Minder water op straat onderzoeksgebied Baarn

Figuur 12 geeft per terrein weer hoeveel water (cm) minder op de straat komt te staan wanneer er wordt onttégeld. Op de afbeelding is te zien dat bij nieuwbouw woningen de meeste winst wordt behaald. Hier komt namelijk tot 4 cm minder water op straat te staan. Bij de vrijstaande woningen wordt de minste winst behaald en blijft het aandeel water op straat nagenoeg hetzelfde.

In tabel 7 is de bijdrage van onttégelen in mm en % weergegeven. Hierbij is een vergelijking gemaakt tussen de 0-situatie en wanneer er is onttégeld.

Indeling terrein	Oppervlak straat (m ²)	0-situatie water op straat gem. (mm)	Na onttégelen water op straat gem. (mm)	Bijdrage in (mm)	Bijdrage onttégelen in (%)
Historische woningen	2673	10.5	10.3	0.2	1.9
Nieuwbouw woningen	1823	13.6	9.2	4.4	32.4
Rijtjes woningen	768	14.2	10.5	3.7	26.1
Vrijstaande woningen	1216	13	12.9	0.1	0.8

Tabel 7: Bijdrage van onttégelen in mm en %

Onttégelen draagt bij de vrijstaande woningen en historische woningen nauwelijks bij aan het verminderen van water op straat.

5.2 Resultaten Soest



Figuur 13: 0-situatie water op straat onderzoeksgebied Soest

Figuur 13 geeft de 0-situatie weer van de bestaande toestand. Vanaf het terrein van de villa's komt veel water tot afstroming naar de straat. Vervolgens stagneert het water op de lager gelegen locaties. Op de laagste delen van de straat kan tot 16 cm water blijven staan.



Figuur 14: Minder water op straat onderzoeksgebied Soest

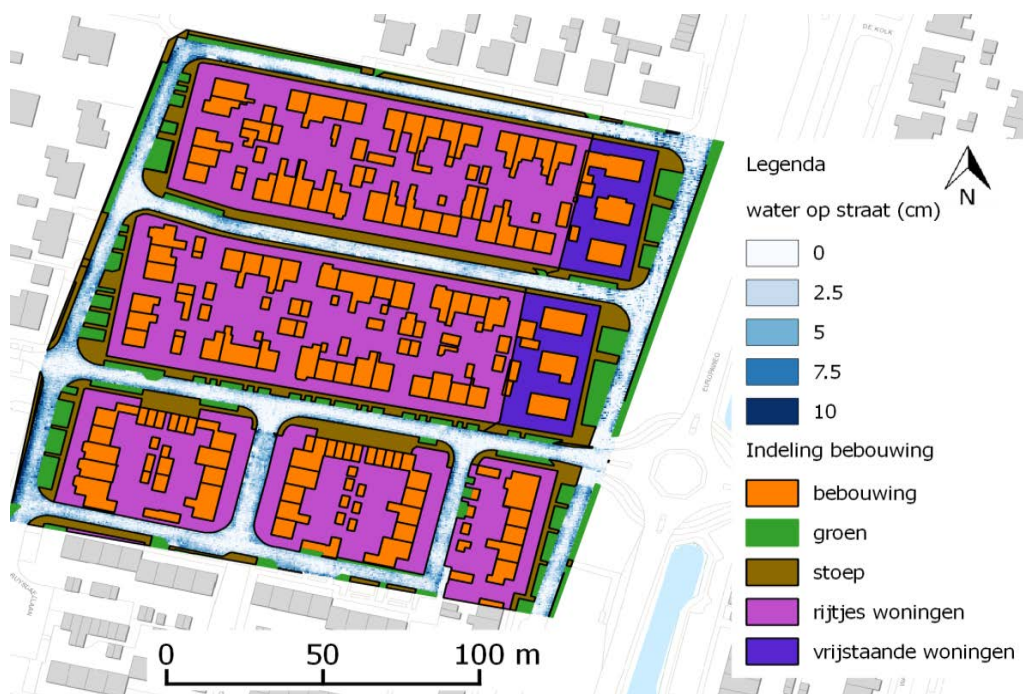
Figuur 14 geeft weer hoeveel water er minder op straat komt te staan wanneer er wordt ontteld. In het midden van de onderzoekswijk komt tot 4 mm minder water op straat te staan. Onttegen draagt hier beperkt bij aan het verminderen van water op straat.

Indeling terrein	Oppervlak straat (m ²)	0-situatie water op straat gemiddeld (mm)	Na onttegen water op straat gemiddeld (mm)	Bijdrage in (mm)	Bijdrage onttegen in (%)
Villa's	4521	25.5	25.2	0.3	1.2

Tabel 8: Bijdrage van onttegen in mm en %

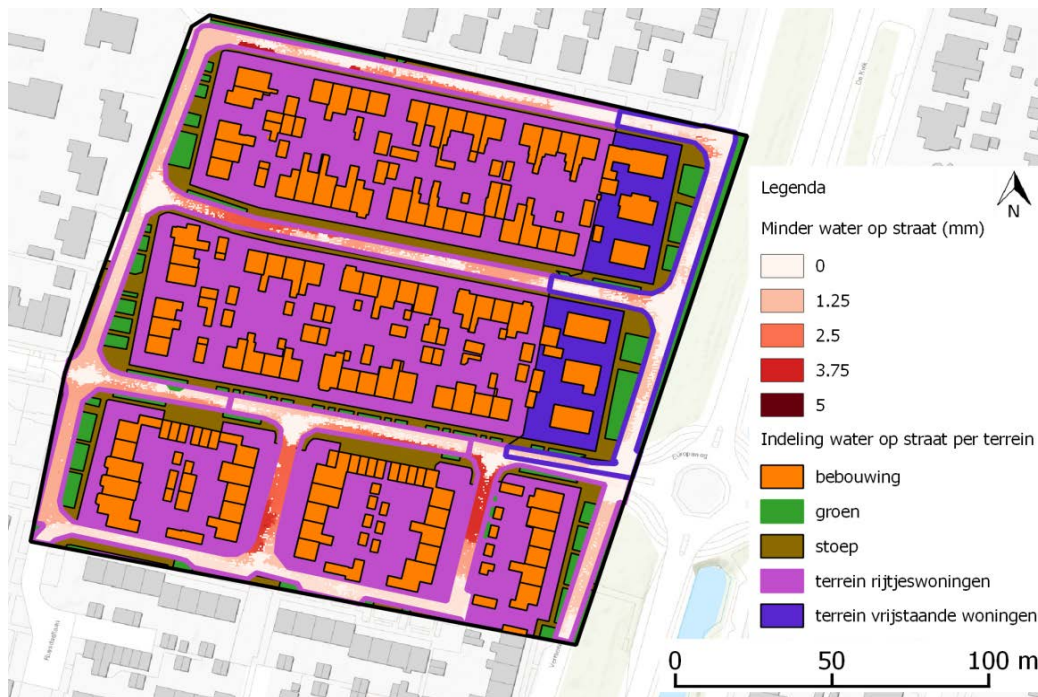
Uit de tabel blijkt dat onttegen in de onderzoekswijk Soest weinig kansen biedt om water op straat te reduceren.

5.3 Resultaten Woudenberg



Figuur 15: 0-situatie water op straat onderzoeksgebied Woudenberg

Figuur 15 laat zien dat er overal in de wijk water tot afstroming naar de straat komt. Op enkele locaties komt tot 10 cm water op straat te staan.



Figuur 16: Minder water op straat onderzoeksgebied Woudenberg

Figuur 16 geeft weer hoeveel water op straat wordt gereduceerd door onttégelen. Uit het figuur blijkt dat onttégelen in de onderzoekswijk van Woudenberg beperkt bijdraagt aan het verminderen van water op straat. Bij de vrijstaande woningen worden enkele mm water minder op straat verwacht. Bij de rijtjeswoningen wordt tot 5 mm minder water op straat verwacht.

Indeling terrein	Oppervlak straat (m ²)	0-situatie water op straat gemiddeld (mm)	Na onttégelen water op straat gemiddeld (mm)	Bijdrage in (mm)	Bijdrage onttégelen in (%)
Rijtjes woningen	5071	28.2	27.0	1.2	4.3
Vrijstaande woningen	1265	24.4	23.9	0.5	2

Tabel 9: Bijdrage van onttégelen in mm en %

In tabel 9 is te zien dat onttégelen in de onderzoekswijk van Woudenberg een geringe bijdrage levert in het verminderen van water op straat. De bijdrage aan het verminderen van water op straat bij onttégelen bij rijtjeswoningen ligt op 4.3 %. De bijdrage van onttégelen verminderen van water op straat bij vrijstaande woningen ligt op 2 %.

5.4 Haalbaarheid

Technische haalbaarheid

Om succesvol te kunnen onttregelen dient het stroomschema te worden doorlopen. Wanneer aan de randvoorwaarden in het stroomschema wordt voldaan is het gebied geschikt om te worden onttregeld.

Om in beeld te krijgen welke kosten onttregelen met zich meebrengen, zijn de kosten van stratenmakerbedrijf Homedeal gehanteerd. Een stratenmaker hanteert voor het verwijderen van tegels bedragen tussen de € 10 en € 20 per m² inclusief btw.

Maatschappelijke haalbaarheid

Klimaatverandering is een mondiale ontwikkeling, maar bij het zoeken naar adaptieve oplossingen gaat het juist om lokale maatregelen zoals onttregelen van particuliere terreinen. Ontttregelde terreinen bieden kansen om wateroverlast op straat te beperken.

Hemelwaterinfiltratie zorgt voor besparing op zuiveringskosten en oppervlaktewaterberging bij het waterschap. Dit geld kan worden geïnvesteed in het financieren van het onttregelen. Bewoners kunnen op deze manier subsidie krijgen om hun tuinen kosteloos te laten onttregelen.

Om draagvlak te creëren onder bewoners hoeft niet gelijk iedereen overtuigd te worden. Vaak begint het met het prikkelen van de innovatoren en pioniers. Wanneer zij overtuigd zijn zal de massa volgen.

Pioniers halen plezier uit innoveren. Experimenteren ligt vaak in hun natuur. Hoe moedig je innovatoren en pioniers aan?

- Geef ruimte voor trots, zorg als gemeente voor een podium waar men ideeën kan tonen;
- Wij hebben een droom, wil je meedenken? Betrek mensen bij de ontwikkeling van hun eigen omgeving.

Hoe krijg je vervolgens de massa mee? Geef dat extra zetje in de rug:

- Geef inzicht in de directe persoonlijke voordelen;
- Gebruik competitie als prikkel. De buurman krijgt al subsidie;
- Zorg dat de eerste inschrijvers voor onttregelen extra subsidie krijgen;
- Speel in op gezamenlijk "winnen". Deze straat heeft bijvoorbeeld de meeste groene tuinen;
- Centrale instanties zoals buurtcentra en woningenbouwcorporaties kunnen worden ingezet om mee te sturen.

6 Conclusies

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvraag en de deelvragen beantwoord voor de onderzoekswijken Baarn, Soest en Woudenberg. Daarnaast zijn enkele aanbevelingen gegeven.

6.1 Baarn

Wat is de situatie in de wijk en wat zijn de kenmerken van de verharde particuliere terreinen in de wijk?

De onderzoekswijk Baarn is getypeerd als een licht hellend gebied met weinig obstakels. De verharde particuliere terreinen bestaan uit: nieuwbouwwoningen, rijtjeswoningen en vrijstaande woningen. Het terrein van de nieuwbouwwoningen binnen de onderzoekswijk Baarn kent het grootste aandeel verhard oppervlak. De overige terreinen zijn beperkt verhard.

Hoeveel regenwater van particulier verhard oppervlak stroomt er in de huidige situatie af naar de straat bij bui T=10?

Bij de terreinen van de rijtjeswoningen komt het meeste water tot afstroming naar de straat. Hier staat tot 14.2 mm water op straat. Bij het terrein van de nieuwbouwwoningen komt tot 13.6 mm water op straat te staan. Bij het terrein van de vrijstaande woningen komt tot 13.0 mm water op straat te staan. Bij de historische woningen komt het minste water op straat te staan. Hier staat namelijk tot 10.5 mm water op straat.

Leidt het maximaal onttegelde oppervlak tot reductie van de hoeveelheid water op straat?

Onttegen in de onderzoekswijk van Baarn leidt op het terrein van de nieuwbouwwoningen en rijtjeswoningen tot reductie van de hoeveelheid water op straat. Onttegen draagt bij de vrijstaande woningen en historische woningen nauwelijks bij aan het verminderen van water op straat. Bij het terrein van de vrijstaande woningen komt 0.1 mm water minder op straat te staan. Bij het terrein van de historische woningen komt 0.2 mm water minder op straat te staan.

6.2 Soest

Wat is de situatie in de wijk en wat zijn de kenmerken van de verharde particuliere terreinen in de wijk?

De onderzoekswijk Soest is getypeerd als een sterk hellend gebied met veel obstakels. De particulier verharde terreinen bestaan uit villa's. De particuliere terreinen van de villa's zijn beperkt verhard.

Hoeveel regenwater van particulier verhard oppervlak stroomt er in de huidige situatie af naar de straat bij bui T=10?

Bij de terreinen van de villa's komt tot 25.5 mm water op straat te staan.

Leidt het maximaal onttegelde oppervlak tot reductie van de hoeveelheid water op straat?

Onttegen in de onderzoekswijk van Soest leidt op het terrein van de villa's nauwelijks tot reductie van de hoeveelheid water op straat.

6.3 Woudenberg

Wat is de situatie in de wijk en wat zijn de kenmerken van de verharde particuliere terreinen in de wijk?

De onderzoekswijk Woudenberg is getypeerd als een vlak gebied met veel obstakels. De particulier verharde terreinen bestaan uit rijtjeswoningen en vrijstaande woningen. Het terrein van de rijtjeswoningen is sterk verhard. Het terrein van de vrijstaande woningen is beperkt verhard.

Hoeveel regenwater van particulier verharde oppervlak stroomt er in de huidige situatie af naar de straat bij bui T=10?

Bij de terreinen van de rijtjeswoningen komt het meeste water tot afstroming naar de straat. Hier komt tot 28.2 mm water op straat te staan. Bij de terreinen van de vrijstaande woningen komt tot 24.4 mm water op straat te staan.

Leidt het maximaal onttégelde oppervlak tot reductie van de hoeveelheid water op straat?

Onttegelen in de onderzoekswijk van Woudenberg leidt bij de terreinen van de rijtjeswoningen en de vrijstaande woningen nauwelijks tot reductie van de hoeveelheid water op straat.

6.4 Technische haalbaarheid

Wanneer aan de randvoorwaarden van het stromingschema wordt voldaan, kan onttégelen succesvol worden toegepast.

6.5 Maatschappelijke haalbaarheid

Meerdere partijen hebben baat bij de positieve effecten van onttégelen. Bij waterschappen en gemeenten zorgt onttégelen in de besparing van kosten. Zij zullen graag mensen zo ver willen krijgen om over te gaan op onttégelen. Om draagvlak onder mensen te creëren is het belangrijk dat innovatoren en pioniers worden overtuigd, dan volgt de mensenmassa vanzelf. Door competities, financiële voordelen en centrale instanties zijn mensen te activeren.

6.6 Eind conclusie onderzoekswijken

Het effect van onttégelen is op basis van het onderzoek onvoldoende te benoemen. Wanneer aan de randvoorwaarden uit het stromingschema wordt voldaan zijn de terreinen uit de onderzoekswijken geschikt voor onttégelen. Uit onderzoek blijkt dat lokale situaties en kenmerken van de gebieden het meest bepalend zijn in hoeverre onttégelen bijdraagt aan de reductie van afstromend water naar de straat. Reductie van het verharde oppervlak leidt niet automatisch tot een aanzienlijke vermindering van water op straat.

6.7 Aanbevelingen

In het onderzoek is voor de wijken bepaald wat de bijdrage van onttégelen is. Uit onderzoek blijkt dat de bijdrage van onttégelen afhankelijk is van lokale situaties en kenmerken in de onderzoeksgebieden. Hierbij wordt Wareco Ingenieurs aanbevolen om per perceel te bekijken of onttégelen kan worden toegepast. Op deze manier kunnen specifiekere resultaten worden behaald.

Door woningbouwverenigingen te betrekken bij het onttégelen kunnen huurders worden benaderd om over te gaan op onttégelen. Op deze manier kan onttégelen een succes worden.

Wanneer gemeenten het onttégelen willen promoten is het wenselijk om inloopavonden te organiseren. Waterschappen en gemeenten kunnen dan een presentatie houden waarom onttégelen een positieve bijdrage levert aan de vermindering van water op straat. Het is de bedoeling dat de inloopavonden een interactieve insteek krijgen. Bewoners kunnen daardoor ook zelf met ideeën komen voor het onttégelen.

In het onderzoek naar de bijdrage van onttégelen zijn drie verschillende onderzoekswijken onderzocht. Om elders in Nederland een soort gelijk onderzoek uit te voeren zullen de uitgangspunten op het stromingschema moeten worden aangevuld.

Om bewoners te motiveren om over te gaan op onttégelen is het wenselijk dat er een subsidieregeling wordt verstrekt. Op deze manier zijn bewoners eerder geneigd om mee te doen.

Tijdens dit onderzoek is specifiek gekeken naar wat de bijdrage van onttégelen is op het verminderen van de oppervlakkige afstroom van water naar de straat. Wanneer een locatie niet geschikt is om te onttégelen kan alsnog worden overwogen om te gaan onttégelen. Onttégelen kan bijdragen aan het bufferen van water. Door te onttégelen ontstaat er namelijk meer groen gebied. Dit is goed voor de stadsecologie. Wanneer er meer groen in de stad komt verdampt er meer water. Verdamping kost energie waardoor de temperatuur in de stad daalt.

7 Reflectie

In dit hoofdstuk wordt gereflecteerd op de inhoud, gevoeligheid voor aannames en deelresultaten, proces en persoonlijk niveau.

Tijdens dit onderzoek is getracht de oppervlakkige afstroming vanaf particuliere terreinen per onderzoekswijk in kaart te brengen. Met behulp van het plan van aanpak is het onderzoek stapsgewijs uitgewerkt. Tot aan de analyse fase is het onderzoek voorspoedig verlopen. Vanaf de modelberekeningen liep het onderzoek vertraging op. Dit kwam door onervarenheid in het programmeren. Dit probleem was te verhelpen geweest als er vanaf het begin van het onderzoek geoefend was met het programmeren. Met het programmeren zijn nieuwe ervaringen opgedaan. Dit heeft geleid tot kennisvermeerdering.

Omtrent het onderzoek zijn een aantal discussiepunten aan te voeren. Doordat tijdens het onderzoek gebruik is gemaakt van steekproeven tijdens het veldbezoek is het waarschijnlijk dat de bijdrage van onttégelen niet volledig overeenkomt met de werkelijkheid. Wanneer de steekproeven elders hadden plaatsgevonden is er een reële kans dat het resultaat zou verschillen van het huidige resultaat. Tevens maakt het aantal steekproeven uit voor de uitkomst van het onderzoek. Het aantal steekproeven per onderzoekswijk varieerde. Hierdoor is het resultaat in de ene wijk specifiekter dan in de andere wijk. Vanwege de haalbaarheid is het onmogelijk om elk perceel te onderzoeken, maar voor specifiek resultaat is dit wel noodzakelijk.

Daarnaast is gebruik gemaakt van het model Spyder. Wanneer er toetsing plaatsvindt aan de hand van meerdere modellen zijn er automatisch meerdere uitkomsten. Deze uitkomsten moeten met elkaar worden vergeleken voor een gedetailleerd resultaat. In dit geval is alleen gebruikt gemaakt van het model Spyder, wat het resultaat minder gedetailleerd maakt als wanneer er gebruik was gemaakt van meerdere modellen.

In de onderzoekswijk van Baarn is het vanwege privacy omstandigheden onmogelijk om particuliere terreinen te onderzoeken. In plaats van het onderzoeken/bekijken van de particuliere terreinen is daarom gebruik gemaakt van gedetailleerde luchtfoto's. Op basis van deze luchtfoto's zijn aannames gedaan welke particuliere terreinen tot afstroming kunnen komen.

Literatuurlijst

- al, B. e. (2010). *Tutorial: Modeling Over Land Flow*. Opgeroepen op mei 2016, van the-landlab.org
- Blok, M. (2016, maart 9). Bepaling onderzoekslocatie Veenendaal. (Y. Kolkman, Interviewer)
- BV, D. M. (2004). *Module C2100 Rioleringsberekeningen, hydraulisch functioneren*. Opgeroepen op mei 2016, van www.riool.net
- Homedeaal. (2016). *De beste bestratingsdeals*. Opgeroepen op mei 13, 2016, van homedeaal prijsguiden: <https://www.homedeaal.nl/prijsguiden/herbestraten-kosten/>
- Klok, T. (2012, januari 20). *Modelling of stormwater overland flow in urban areas*. Opgeroepen op maart 29, 2016, van essay UT Twente: <http://essay.utwente.nl>
- KNMI. (2016). *Uitleg over Buien*. Opgeroepen op maart 29, 2016, van Kennis e datacentrum: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/buien>
- Luijterlaar, H. v. (2015, april 21). *Introductie Raintools*. Opgeroepen op april 13, 2016, van www.riool.net
- MUG, I. (2015, mei). *Bepaling verhard oppervlak vijf gemeenten Vallei en Veluwe*. Opgeroepen op februari 16, 2016, van MUG Ingenieursbureau: http://www.mug.nl/geo-ict/projecten/bepaling_verhard_oppervlak_vijf_gemeenten_vallei_en_veluwe.html
- Nederland, T. G. (2016). *Dinoloket Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond*. Opgeroepen op maart 25, 2016, van Dinoloket: <https://www.dinoloket.nl/>
- Oudenalder, D. v. (2016, maart 8). Bepaling onderzoekswijk Baarn. (Y. Kolkman, Interviewer)
- Rainproof, A. (2016). *Tegels eruit, groen erin*. Opgeroepen op april 13, 2016, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/>
- Roskamp, F. (2016, maart 10). Bepaling onderzoekslocatie Soest. (Y. Kolkman, Interviewer)
- Spitz, G. (2014, november). *Mini-Dossier Rainproof*. Opgeroepen op maart 7, 2016, van REGEN EN DE STAD: https://www.oneworld.nl/sites/oneworld.nl/files/minidossier_rainproof_def_2_0.pdf
- Velden, R. v. (2016, maart 11 maart). Bepaling onderzoekslocatie Woudenberg. (Y. Kolkman, Interviewer)
- Wijngaart, A. B. (2016). *Statistiek van extreme neerslag voor korte neerslagduren*. Opgeroepen op maart 29, 2016, van www.knmi.nl

Bijlage 1: Interview gemeente Baarn

Bijlage 2: Interview gemeente Soest

Bijlage 3: Interview gemeente Woudenberg

Bijlage 4: Locaties veldbezoek Baarn

Bijlage 5: Fotocollage Baarn

Bijlage 6: Profielen Baarn

Bijlage 7: Locaties veldbezoek Soest

Bijlage 8: Fotocollage Soest

Bijlage 9: Schetsen afmetingen en hoogteligging locatie Soest

Bijlage 10: Locaties Woudenberg

Bijlage 11: Fotocollage Woudenberg

Bijlage 12: Schetsen afmetingen en hoogteligging locaties Woudenberg

Bijlage 13: Stroombanen theorie

Bijlage 14: Stroombanenkaart Baarn

Bijlage 15: Stroombanenkaart Soest

Bijlage 16: Stroombanenkaart Woudenberg

Bijlage 17: Stromingschema onttegelen particulier terrein

Bijlage 18: Bepaling verhardingspercentages

Bijlage 19: Percentage verhard onderzoekswijk Baarn

Bijlage 20: Percentage verhard onderzoekswijk Soest

Bijlage 21: Percentage verhard onderzoekswijk Woudenberg

Bijlage 22: Berekening infiltratie Baarn

Bijlage 23: Infiltratie 0-situatie Baarn

Bijlage 24: Infiltratie onttegelde situatie Baarn

Bijlage 25: Berekening Berging Baarn

Bijlage 26: Berging 0-situatie Baarn

Bijlage 27: Berging onttegelde situatie Baarn

Bijlage 28: Berekening infiltratie Soest

Bijlage 29: Infiltratie 0-situatie Soest

Bijlage 30: Infiltratie onttegelde situatie Soest

Bijlage 31: Berekening berging Soest

Bijlage 32: Berging 0-situatie Soest

Bijlage 33: Berging onttegelde situatie Soest

Bijlage 34: Berekening infiltratie Woudenberg

Bijlage 35: Infiltratie 0-situatie Woudenberg

Bijlage 36: Infiltratie onttegelde situatie Woudenberg

Bijlage 37: Berekening berging Woudenberg

Bijlage 38: Berging 0-situatie Woudenberg

Bijlage 39: Berging onttegelde situatie Woudenberg

Bijlage 40: Uitwerking Spyder

Bijlage 41: Contactgegevens betrokkenen onderzoek

Bijlagen

Bijlage 1: Interview gemeente Baarn

• Gemeentelijk niveau Baarn
1. Waar wordt wateroverlast in algemene zin ervaren?
- Er zijn verschillende locaties binnen Baarn. Zowel aan de noord als zuidzijde van het station wordt wateroverlast ervaren. - Verder komen de problemen met betrekking tot wateroverlast veelal aan de randen van Baarn voor.
2. Welke impact had de bui van 28 juli 2014 op de gemeente?
- De bui van 28 juli 2014 had een grote impact op de gemeente. Half Baarn stond onder water.
3. Houdt de gemeente meldingen en klachten bij via een klachten-meld systeem?
- Met behulp van peilbuizen worden de waterstanden in de gemeente bijgehouden. Wanneer er veel regen valt, reageert de grondwaterstand parallel aan de hoeveelheid regen. Dit houdt in dat bij veel regen, er veel klachten van bewoners zijn
4. Waar komt het water vandaan?
- Het water komt voornamelijk van de hogere gebieden afstromen tijdens fikse regenval stroomt het water af naar de lager gelegen gebieden
5. Wat vindt de gemeente van water op straat? Mag dit eens in de x jaren voorkomen?
- In principe wordt een tijdsduur van een halfuur aangehouden dat er water op straat mag staan. Langer is onacceptabel.
6. Welke maatregelen heeft de gemeente genomen en wanneer?
- Onder het zuidoostelijke deel van de gemeente is een gescheiden stelsel aangelegd.
7. Hebben de maatregelen effect gehad?
- Ja, doordat het rioolstelsel gescheiden is, is de belasting op het riool minder geworden.
8. Wat wil de gemeente in de toekomst doen?
- De gemeente wil berging gaan creëren om regenwater op te vangen en af te koppelen. Om particulier terrein af te koppelen wil de gemeenten subsidies verstrekken. Op deze manier probeert de gemeente betrokken bewoners enthousiast te krijgen. - Daarnaast wil de gemeente afkoppelen als masterplan toepassen. Met behulp van alle genomen maatregelen moet de wateroverlast verminderen.

• Wijk niveau Baarn
1. In welke wijk wordt de meeste overlast ervaren?
- In de wijken in het noorden van Baarn en zuiden van Baarn wordt de meeste wateroverlast ervaren.
2. Hoe ziet zo n wijk eruit? (omschrijving en kenmerken van de wijk)
- De wijk die wordt gekozen voor het onderzoek betreft een wisselende wijk qua woningbouw, waarbij een aanzienlijk deel uit particulier terrein bestaat.
3. Welke wijk is het meest gevoelig voor water overlast?
- Wijk noord Baarn is het meest gevoelig. Deze wijk staat in verbinding met rioolstelsel bovenstrooms. Wanneer deze vol staat komt het water in de rioolstelsels beneden bij Baarn noord omhoog. Deze wijk wordt als onderzoekswijk gekozen.
4. Zijn er problemen met de riolering? Welke problemen spelen er?
- De rioleringen worden te zwaar belast, ze zijn op 20 mm bui berekend, maar door samenkomst van rioleringen wordt dit meer en overstroomd het riool.
5. Welk type rioolstelsel kent de wijk met overlast?
- Een gemengd rioolstelsel
6. Hoe uit de grondwaterstand zich ten opzichte van maaiveld?
- De grondwaterstand in de hoogste gebieden staan gemiddeld 17m beneden maaiveld. Aan de randen van Baarn staat het grondwater gemiddeld 0.5 tot 1 m beneden maaiveld.
7. Welke verwachtingen hebben jullie met betrekking op de bewoners op het verminderen van de wateroverlast? En zijn ze daar (in bv onttegelen) actief in?
- De gemeente verwacht de bewoners actief te krijgen door bijvoorbeeld subsidie te verlenen, wanneer de tegels worden verwijderd.
- Daarnaast is heffing toepassen op verhard oppervlak een manier om bewoners hun tuinen te laten onttegelen.
- Verder zou aan de hand van een veldbezoek, bewoners enthousiast kunnen worden gemaakt om te onttegelen.

• Straat niveau Baarn
1. Wanneer doet de wateroverlast op straat zich voor?
- In de zomer, regenval
2. Wanneer zijn de problemen met wateroverlast op straat ontstaan?
- Meer dan 5 jaar geleden
3. Wat is naar uw mening de oorzaak van de wateroverlast op straat?
- Te kleine riolen
- Het water stroomt vanuit andere locaties de straat in
- Klimaat verandering met als gevolg zwaardere buien
- Kwel
- Afsluitende laag
4. Hoe uit het probleem zich? (overlast in tuin/woning)
- Vaak wateroverlast op straat, maar ook tuinen die onderlopen
5. Is er sprake van schade
- Tuinen die onder water staan, maar niet in huizen en of kelders

Bijlage 2: Interview gemeente Soest

• Gemeentelijk niveau Soest
1. Waar wordt wateroverlast in algemene zin ervaren?
- De wateroverlast vindt vooral aan de randen van Soest plaats
2. Welke impact had de bui van 28 juli 2014 op de gemeente?
- Tijdens de bui van 29 juli 2014 zijn 5 parkeergarages volgelopen. Daarnaast liepen een aantal kelders onder.
3. Houdt de gemeente meldingen en klachten bij via een klachten/meld systeem?
- Ja, via de website Woonpunt, daarnaast kan er telefonisch contact met de gemeente worden gelegd. De klachten kan de gemeente op zijn beurt weer bij het waterschap neerleggen.
4. Waar komt het water vandaan?
- Het gebied is behoorlijk hellend, waardoor het water snel afstroomt naar de lager gelegen gebieden.
5. Wat vindt de gemeente van water op straat? Mag dit eens in de x jaren voorkomen?
- In principe mag water tot een uur op straat staan, maar tijdens een normale afvoer mag het water hoogstens 0.5 uur op straat staan. Wanneer het water langer op straat staat dan wenselijk is, is er vaak sprake van een verstopte kolk.
6. Welke maatregelen heeft de gemeente genomen en wanneer?
- Afgelopen jaren heeft de gemeente slechts op enkele locaties het riool vergroot. Daarnaast heeft de gemeente op (locatie kaart) regenwaterriolen aangelegd, maar door de zwaardere buien van de laatste jaren worden deze regenriolen te zwaar belast, waardoor ze minder goed functioneren.
7. Hebben de maatregelen effect gehad?
- Op locaties waar de riolen zijn vergroot, zijn de knelpunten afgenomen. De regenriolen zijn op den duur minder effectief geworden omdat de buien zwaarder zijn geworden.
8. Wat wil de gemeente in de toekomst doen?
- De gemeente heeft de ambitie dat mensen zelf initiatief moeten gaan nemen om te gaan onttegenen. De gemeente probeert bewoners enthousiast te krijgen door groene daken subsidie te verlenen. Dit gebeurt sinds 3 jaar. Daarnaast is er sinds 2014 een afkoppelsubsidie. Voor iedereen die een regenpijp doorzaagt en dit de tuin in laat gaan, subsidieert de gemeente 3 euro per vierkante meter. Echter zijn de kosten voor bewoners te hoog. Een ander idee is het aanbieden van werkzaamheden, door middel van het afkoppelen het dak te betalen. Om mensen geïnteresseerd te krijgen moet er actief reclame worden gemaakt

- Wijk niveau Soest

1. In welke wijk wordt de meeste overlast ervaren?

- Wijken aan de rand van Soest (zie kaart).

2. Hoe ziet zo n wijk eruit?

- De wijk bestaat uit vrijstaande woningen (20 a 30 stuks, met redelijk grote tuinen.

3. Welke wijk is het meest gevoelig voor wateroverlast?

- Wijk aan de Eikhorstweg, dit betreffen vrijstaande woningen. Op deze locatie is veel wateroverlast tijdens hevige buien. Tijdens de bui van juli 2014 liep het water de auto's in

4. Zijn er problemen met de riolering? Welke problemen spelen er?

- Riolering is een verzamelpunt, waardoor er bij aanvoer van veel water problemen ontstaan

5. Welk type rioolstelsel kent de wijk met overlast?

- Gemengde riolering

6. Hoe uit de grondwaterstand zich ten opzichte van maaiveld?

- De grondwaterstand is relatief laag en veroorzaakt weinig problemen

7. Welke verwachtingen hebben jullie met betrekking op de bewoners op het verminderen van de wateroverlast? En zijn ze daar (in bv onttgelen) actief in?

- De gemeente heeft de ambitie dat mensen zelf initiatief moeten gaan nemen om te gaan onttgelen. De gemeente probeert bewoners enthousiast te krijgen door groene daken subsidie te verlenen. Dit gebeurt sinds 3 jaar. Daarnaast is er sinds 2014 een afkoppelsubsidie. Voor iedereen die een regenpijp doorzaagt en dit de tuin in laat gaan, subsidieert de gemeente 3 euro per vierkante meter. Echter zijn de kosten voor bewoners te hoog. Een ander idee is het aanbieden van werkzaamheden, door middel van het afkoppelen het dak te betalen. Om mensen geïnteresseerd te krijgen moet er actief reclame worden gemaakt.

• Straat niveau
1. Wanneer doet de wateroverlast op straat zich voor?
- In de zomer, na (hevige) regenval
2. Wanneer zijn de problemen met wateroverlast op straat ontstaan?
- Tijdens zware buien kwam het wel een voor dat enkele gebieden overlast ervaren. De laatste 5 jaar ziet de gemeente wel een toename van de bui intensiteit.
- 1-5 jaar geleden
3. Wat is na uw mening de oorzaak van de wateroverlast op straat?
- Te kleine riolen
- Het water stroomt vanuit andere locaties de straat in
- Verstopt riool
- Verstoppte straatkolken
- Klimaat verandering met als gevolg zwaardere buien
4. Hoe uit het probleem zich?
- Tuinen lopen onder en er loopt water in de kelders.

Bijlage 3: Interview gemeente Woudenberg

• Gemeentelijk niveau Woudenberg	
1. Waar wordt wateroverlast in algemene zin ervaren?	- In het oudste gedeelte van Woudenberg wordt de meeste overlast ervaren.
2. Welke impact had de bui van 28 juli 2014 op de gemeente?	- Heel Woudenberg stond blank
3. Houdt de gemeente meldingen en klachten bij via een klachten-meldt systeem?	- Nee
4. Waar komt het water vandaan?	- Woudenberg heeft een vlakke ligging, doordat het oude gedeelte van Woudenberg tot ongeveer 30 cm lager ligt ten opzicht van het nieuwe gedeelte, stroomt het water naar het oude gedeelte af.
5. Wat vindt de gemeente van water op straat? Mag dit eens in de x jaren voorkomen?	- De gemeente hanteert een beleid dat water op straat maximaal een half uur mag voorkomen, duurt het langer, dan is het onacceptabel.
6. Welke maatregelen heeft de gemeente genomen en wanneer?	- In de nieuwe woonwijken heeft de gemeente een gemengd rioolstelsel laten aanleggen, om het riool te ontlasten.
7. Hebben de maatregelen effect gehad?	- Ja, het riool wordt minder belast dan bij het gemengd riool in het oude gedeelte van Woudenberg
8. Wat wil de gemeente in de toekomst doen?	- Vanaf 2018 staan er plannen om het riool te gaan vervangen.

- Wijkniveau Woudenberg

1. In welke wijk wordt de meeste overlast ervaren?

- In de wijken in het centrum van Woudenberg, bestaande uit het oude gedeelte, wordt de meeste overlast ervaren.

2. Hoe ziet zo n wijk eruit? (omschrijving en kenmerken van de wijk)

- De wijk is erg concentreert. Er is veel verhard

3. Welke wijk is het meest gevoelig voor water overlast?

- De lager gelegen wijken in het centrum van Woudenberg

4. Zijn er problemen met de riolering? Welke problemen spelen er?

- Tijdens hevige buien wordt het riool zwaar belast en functioneert het als bemalinggebied.

5. Welk type rioolstelsel kent de wijk met overlast? Een gemengd rioolstelsel

- Hoe uit de grondwaterstand zich ten opzichte van maaiveld? De grondwaterstand staat net onder maaiveld

6. Welke verwachtingen hebben jullie met betrekking op de bewoners op het verminderen van de wateroverlast? En zijn ze daar (in bv onttegelen) actief in?

- De gemeente heeft graag dat bewoners hun terras niet langer op het riool aansluiten.

- Straatniveau Woudenberg

1. Wanneer doet de wateroverlast op straat zich voor?

- In de zomer,

2. Wanneer zijn de problemen met wateroverlast op straat ontstaan?

- Meer dan 5 jaar geleden

3. Wat is naar uw mening de oorzaak van de wateroverlast op straat?

- Te kleine riolen
- Het water stroomt vanuit andere locaties de straat in
- Klimaat verandering met als gevolg zwaardere buien

4. Hoe uit het probleem zich? (overlast in tuin/woning)

- het water blijft op de straat staan

5. Is er sprake van schade

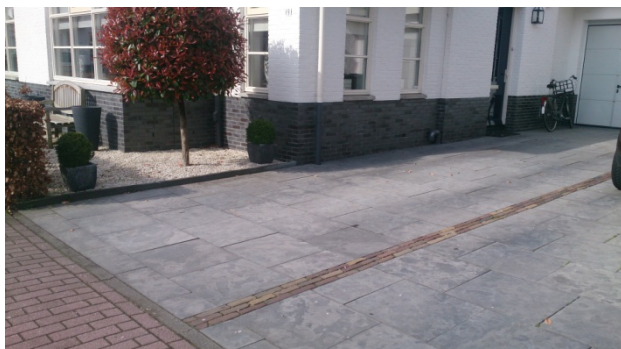
- Nee

Bijlage 4: Locaties Veldbezoek Baarn



Bijlage 5: Fotocollage Baarn

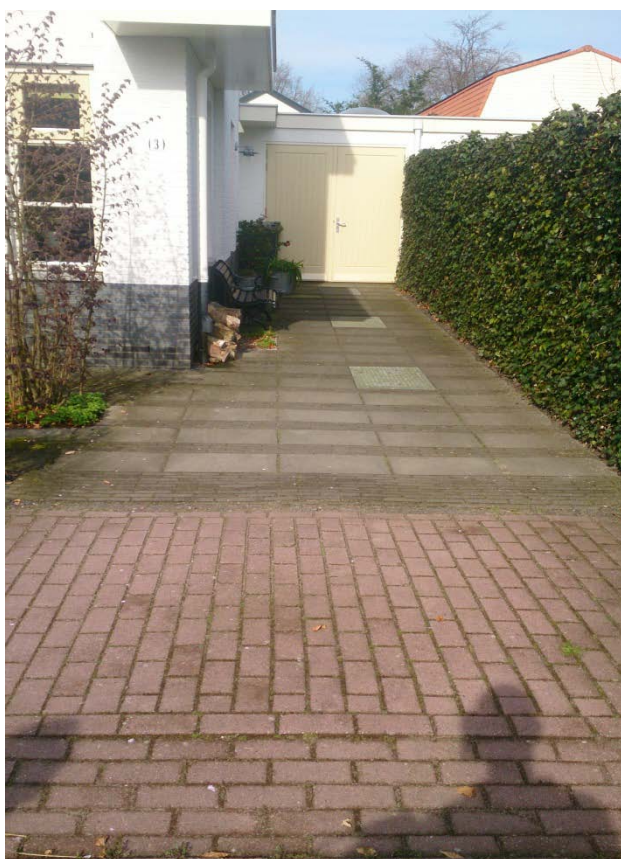
- Nieuwbouwwoningen



Figuur 5.1: verharde oprit locatie 18



Figuur 5.2: licht hellende oprit locatie 18



Figuur 5.3: verharde oprit locatie 17

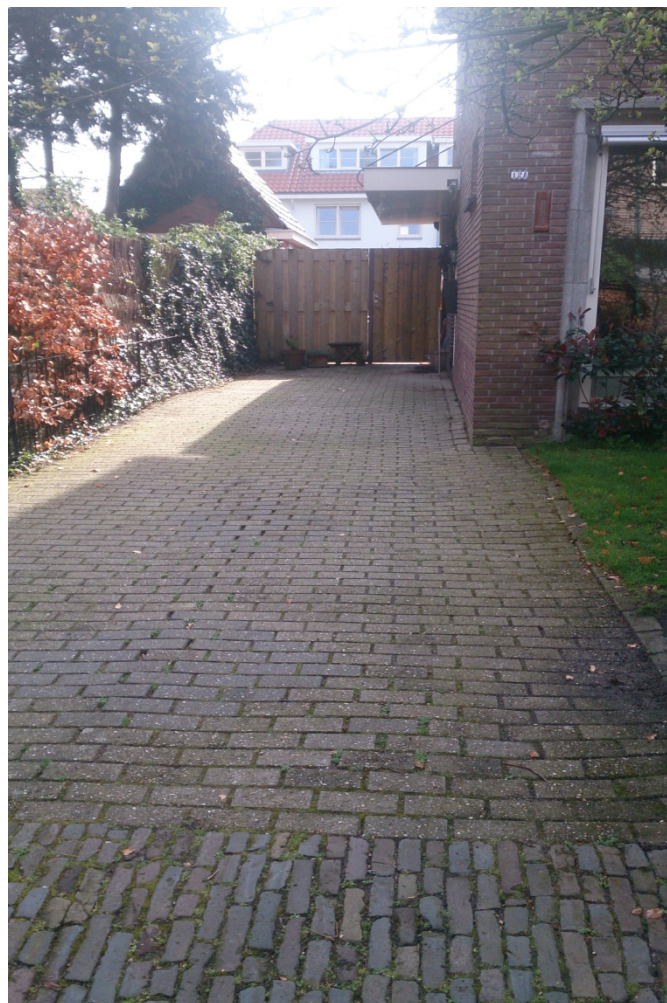


Figuur 5.4: Terrein nieuwbouwwijk

- Rijtjeswoningen



Figuur 5.5: Terrein Rijtjeswoningen



Figuur 5.6: verharde oprit
rijtjeswoningen locatie 9

-
- Vrijstaande woningen

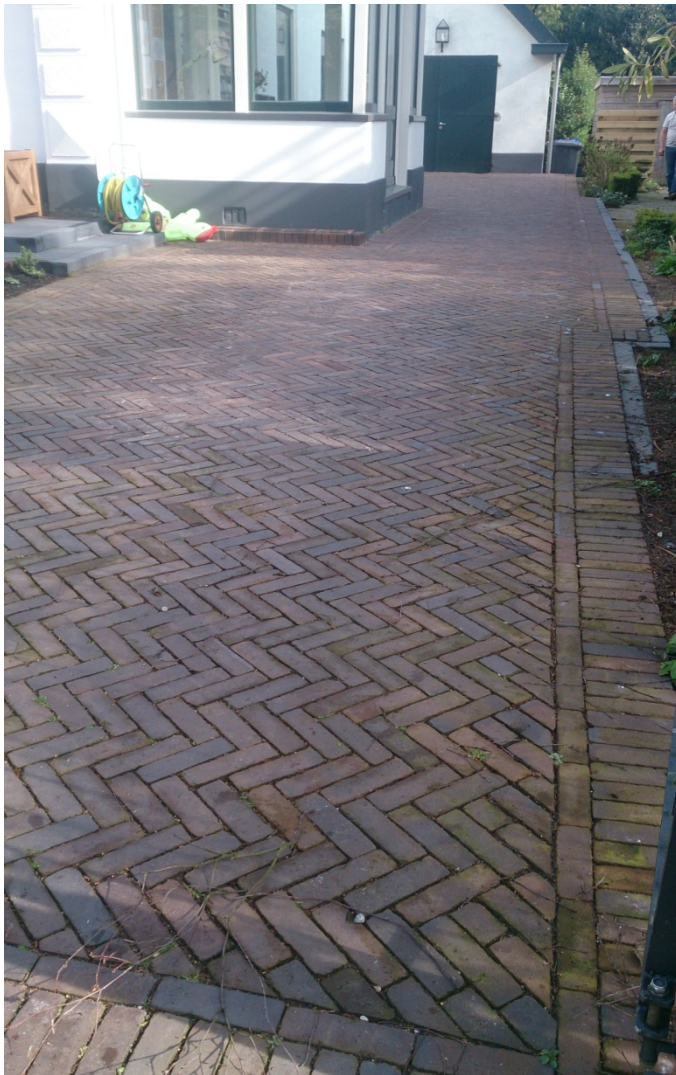


Figuur 5.7: verharde oprit vrijstaande woningen
locatie 12

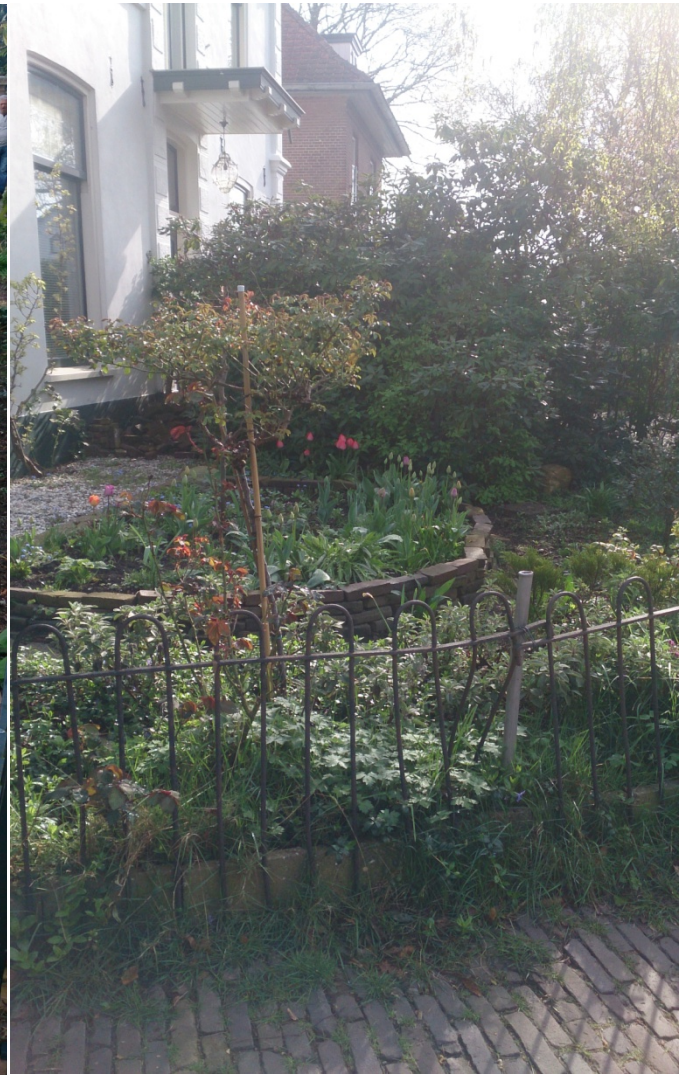


Figuur 5.8: verharde oprit vrijstaande
woningen locatie 11

- Historische woningen



Figuur 5.9: Licht hellende oprit
vrijstaande woningen locatie 4



Figuur 5.10: Tuin vrijstaande
woningen locatie 4

Bijlage 6: Profielen Baarn

Vanwege privé situaties was het niet mogelijk om per locatie de dwarsprofielen van de locaties op te meten. Aan de hand van luchtfoto's, AHN en eigen visuele waarnamen, is in bijlage 12 een overzicht gegeven welke locatie tot afstroming naar de straat kunnen komen.

Bijlage 7: Locaties Veldbezoek Soest



Bijlage 8: Fotocollage Soest

- Villa's



Figuur 8.1: Voortuin locatie 1



Figuur 8.2: Achtertuin locatie 1

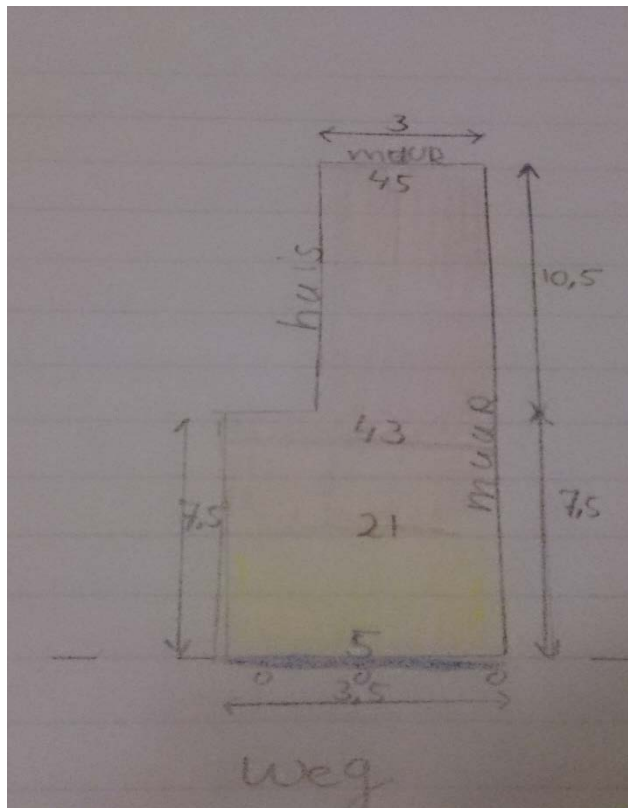


Figuur 8.3: Voortuin locatie 3

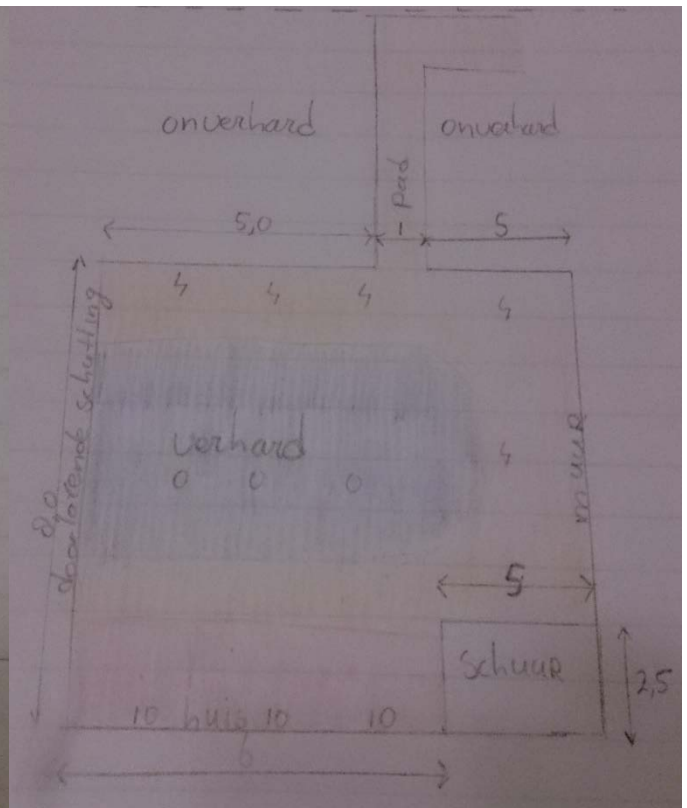


Figuur 8.4: Achtertuin locatie 3

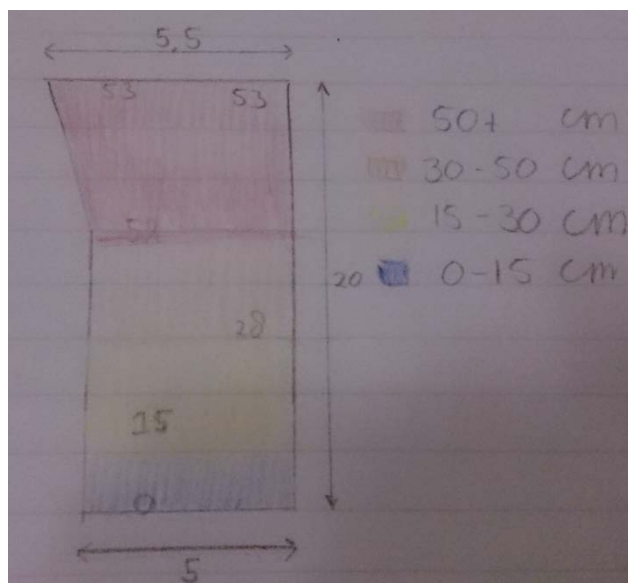
Bijlage 9: Schetsen afmetingen en hoogteligging locaties Soest



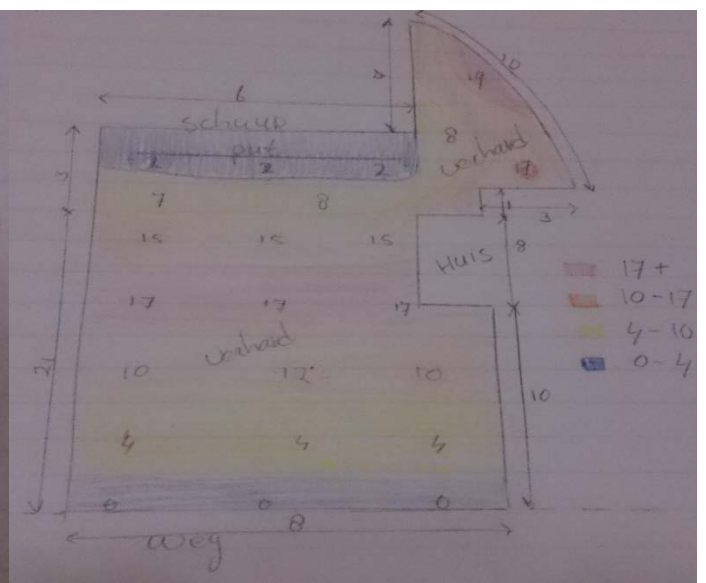
Figuur 9.1: Schets voortuin locatie 1



Figuur 9.2: Schets achtertuin locatie 1

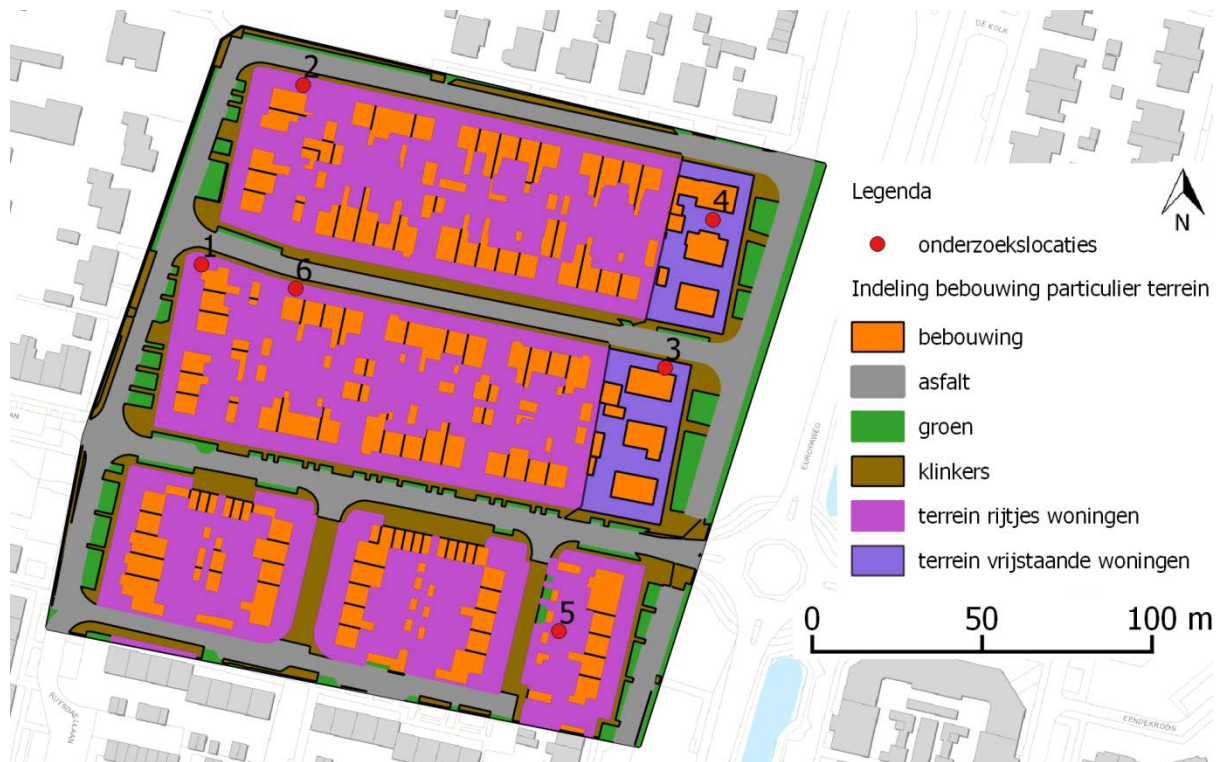


Figuur 9.3: Schets voortuin locatie 2



Figuur 9.4: Schets tuin locatie 3

Bijlage 10: Locaties Woudenberg



Bijlage 11: Fotocollage Woudenberg

- Rijtjes woningen



Figuur 11.1: Verharde achtertuin locatie 1



Figuur 11.2: Verharde achtertuin locatie 1



Figuur 11.3: Verharde achtertuin met put locatie 5



Figuur 11.4: Verharde achtertuin locatie 6

- Vrijstaande woningen

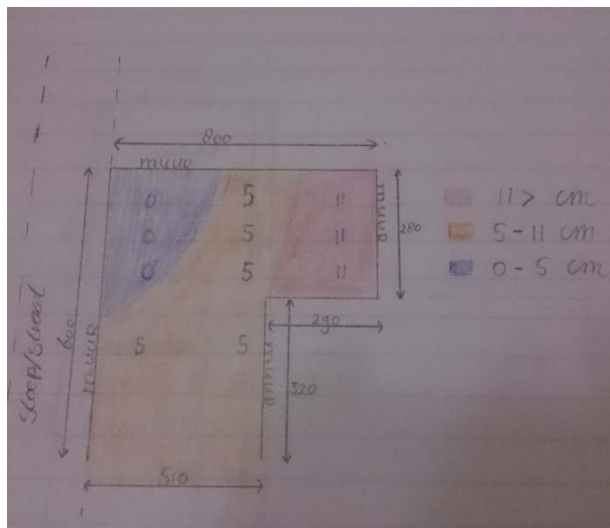


Figuur 11.5: Achtertuin half verhard
locatie 3

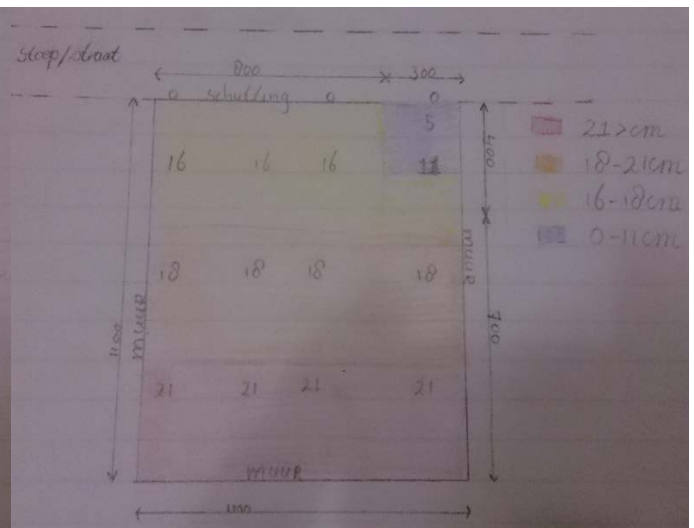


Figuur 11.6: Verharde achtertuin
met ruimte tussen schutting locatie
3

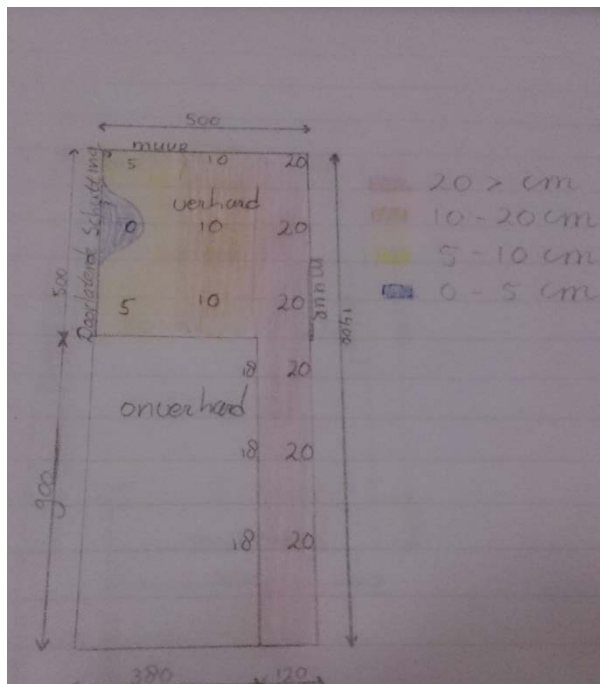
Bijlage 12: Schetsen afmetingen en hoogteligging locaties Woudenberg



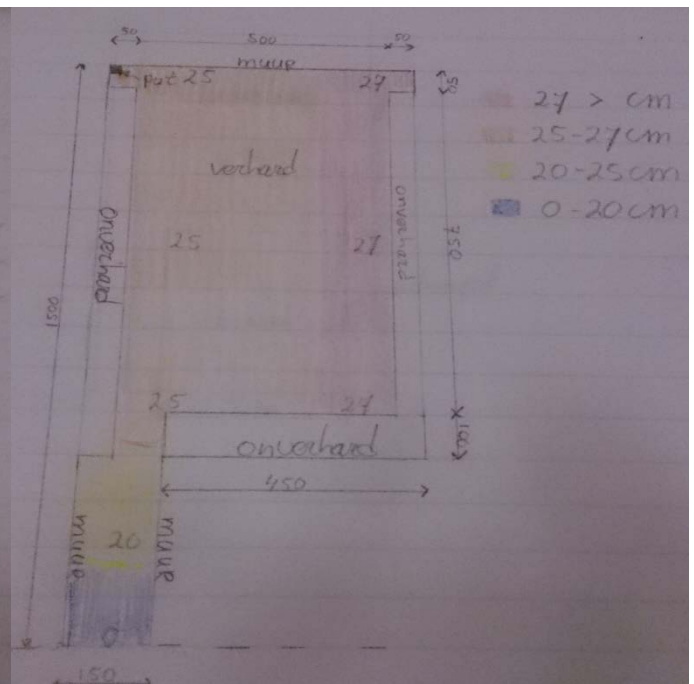
Figuur 12.1: Schets achtertuin locatie 1



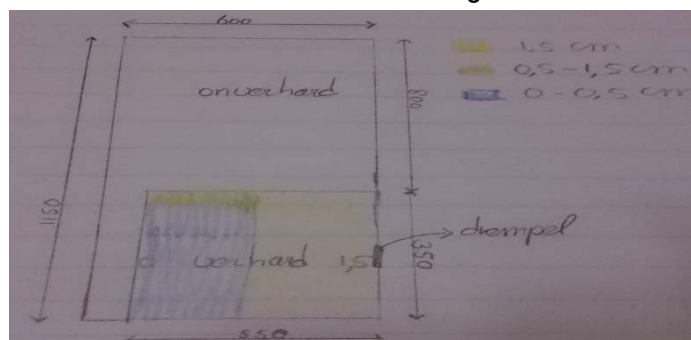
Figuur 12.2: Schets achtertuin locatie 2



Figuur 12.3: Schets tuin locatie 3



Figuur 12.4: Schets achtertuin locatie 5

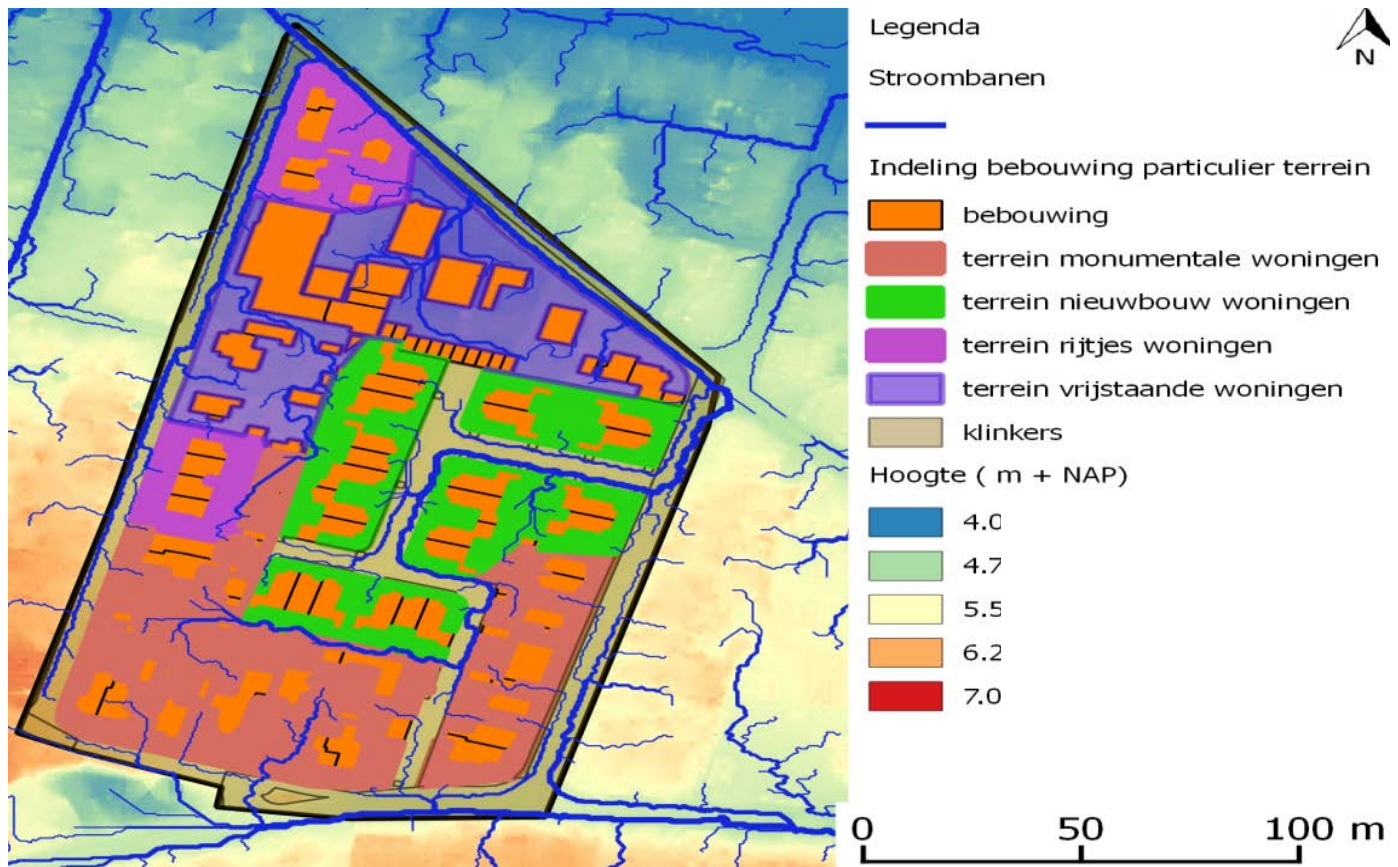


Figuur: 12.5: Schets achtertuin locatie 6

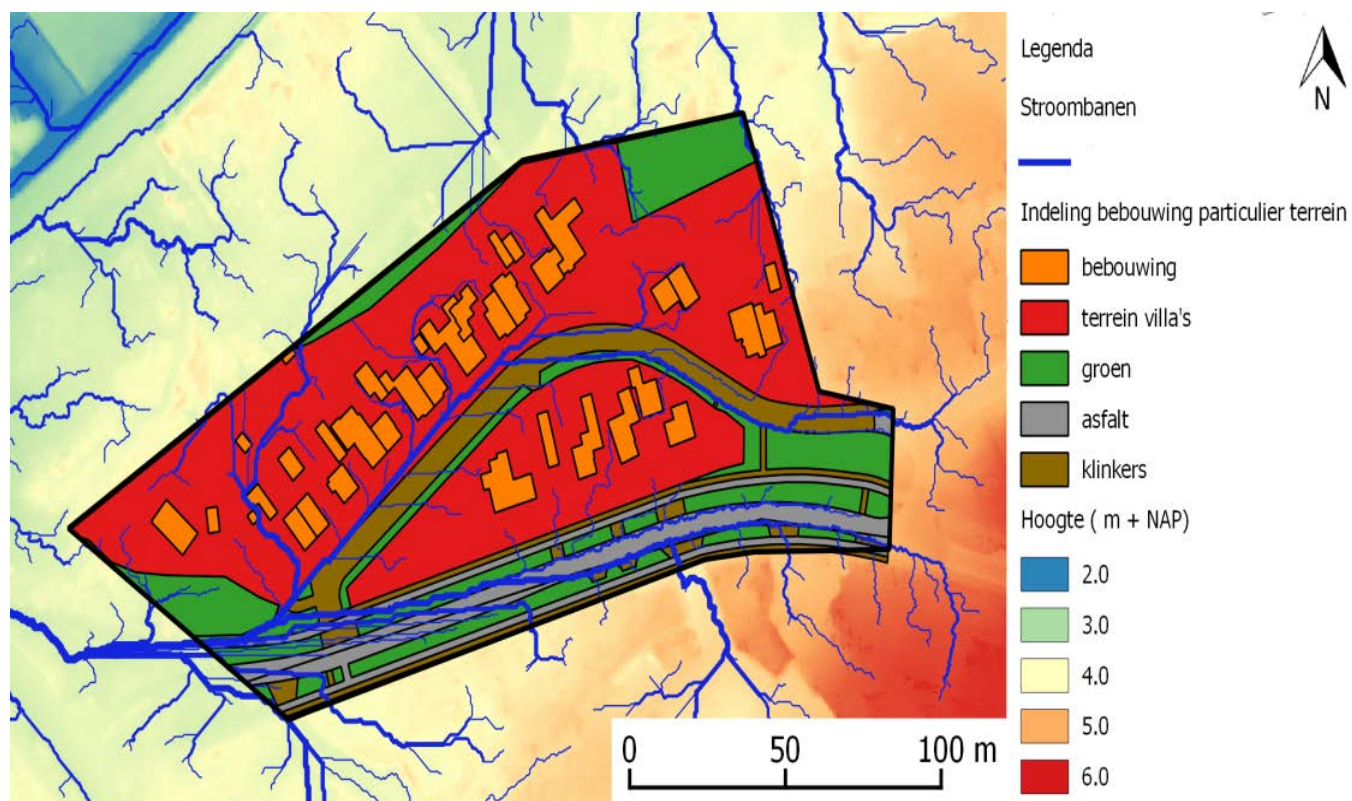
Bijlage 13: Stroombanen theorie

Een stroombanenkaart laat zien hoe de neerslag in het stedelijk gebied tot afstroming komt. Hierbij laat de kaart de routes zien waarlangs afstroming over het maaiveld plaatsvindt. De stroombanenkaart is afgeleid uit de hoogtekaart. Op deze kaart is eerst een analyse uitgevoerd om lokale depressies op te vullen. Dit is gedaan omdat bij hevige neerslag er vanuit wordt gegaan dat deze depressies ook gevuld worden en de afstroming daar niet stopt. Vervolgens is een GIS-analyse uitgevoerd om de stroombanen te berekenen. Per rastercel is berekend hoeveel cellen erop af kunnen stromen. Afhankelijk van dat aantal wordt de stroombaan breder en donkerder gekleurd. Een stroombaan stopt op het moment dat de laagste plek in het maaiveld bereikt is of op het moment dat de stroombaan bij een waterloop uitkomt. De stroombanenkaart zegt niets over volumes water, het zegt enkel iets over de route die het water volgt bij hevige neerslag.

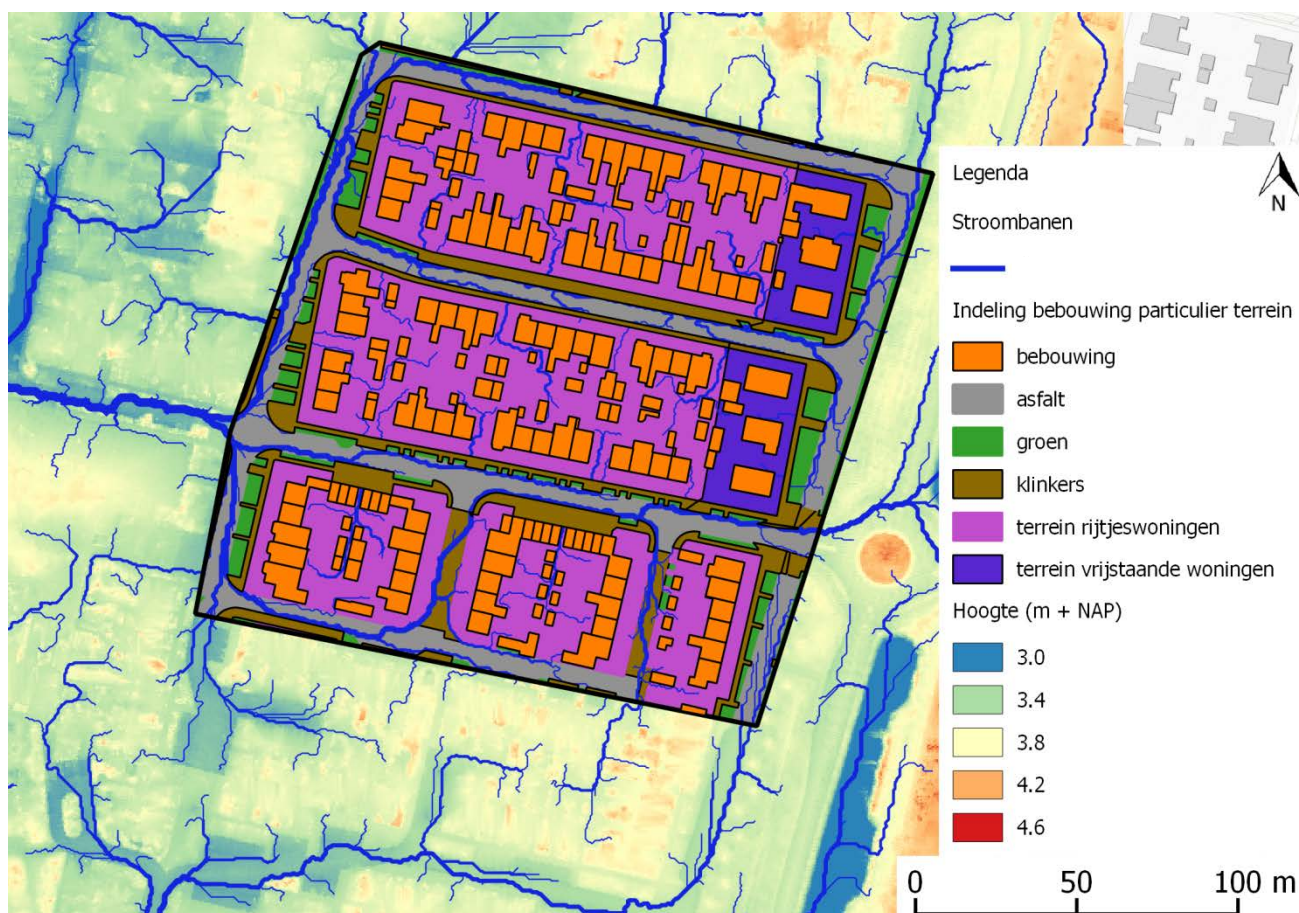
Bijlage 14: Stroombanenkaart Baarn



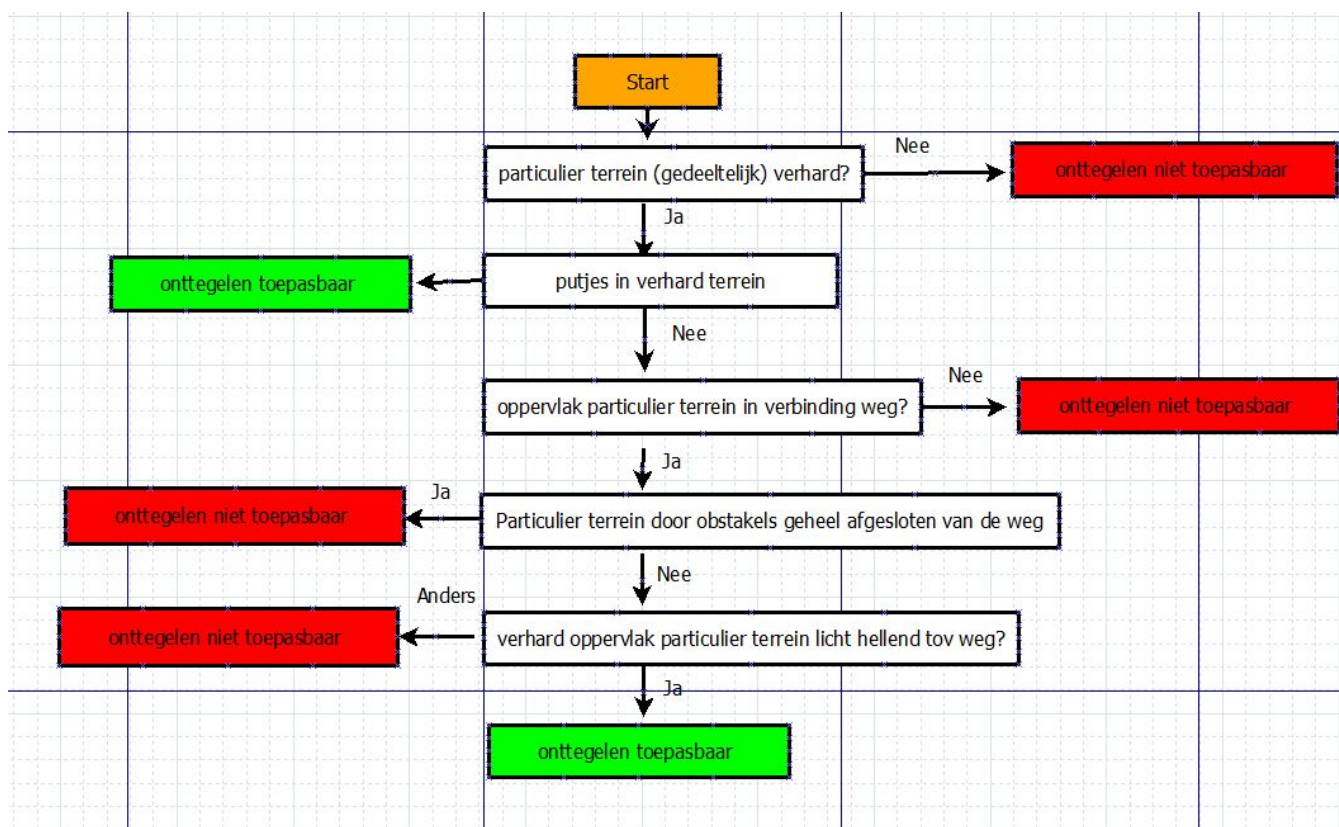
Bijlage 15: Stroombanenkaart Soest



Bijlage 16 Stroombanenkaart Woudenberg



Bijlage 17: Stromingschema onttegelen particulier terrein



Bijlage 18: Bepaling verhardingspercentages

Gesteld wordt dat de verharde voortuin en achtertuin even groot zijn. Om deze reden wordt de factor 0.5 toegevoegd aan de formule om de verharding te berekenen.

De verharding is bepaald volgens de volgende formule:

Percentage verharde voortuin = $0.5 * (\text{totale verharding \%}) / (\text{locaties totaal}) * \text{aantal voortuin locaties}$

Percentage verharde achtertuin = $0.5 * (\text{totale verharding \%}) / (\text{locaties totaal}) * \text{aantal achtertuin locaties}$

Haalbaar onttégeld oppervlak (%) = percentage verharde voortuin + percentage verharde achtertuin.

Voorbeeld

Percentage verharde voortuin nieuwbouwwoningen:
 $0.5 * (75) / (9) * 9 = 37.5 \% \text{ verhard}$

Percentage verharde achtertuin nieuwbouwwoningen
 $0.5 * (75) / (9) * 2 = 8.3 \% \text{ verhard}$

Haalbaar onttégeld oppervlak nieuwbouwwoningen (%) = percentage verharde voortuin + percentage verharde achtertuin.

$37.5\% + 8.3\% = 45.8 \%$

Aandeel verhard oppervlak na onttégelen = Aandeel verharding – haalbaar onttégeld oppervlak

voorbeeld

$75 \% - 45.8 \% = 29.2 \%$

Aandeel onverhard oppervlak na onttégelen = Aandeel onverhard + haalbaar onttégeld oppervlak

Voorbeeld

$25 \% + 45.8 = 70.8 \%$

Vanwege privé situaties was het in de onderzoekswijk in de gemeente Baarn niet mogelijk om de achtertuinen te bekijken. Met behulp van de AHN, gedetailleerde luchtfoto's en Google Streetview is per locatie getracht te achterhalen of de achtertuinen afstromen naar de straat.

De percentages haalbaar onttégeld oppervlak worden per onderzoekswijk in de onderstaande tabellen gepresenteerd.

Bijlage 19: Percentage verhard onderzoekswijk Baarn

Terrein	Locaties totaal	Aandeel verhard (%) 0-situatie	Aandeel onverhard (%) 0-situatie	Voortuin locatie stroomt af naar straat + Percen- tage verharde voortuin	Achtertuint locaties stroomt af naar straat + Percen- tage verharde achtertuint	Haalbaar onverhard oppervlak (%)	Aandeel verhard oppervlak na onttegelen (%)	Aandeel onverhard oppervlak na onttegelen (%)
Nieuw- bouw woningen	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	75%	25%	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 37.5% verhard	19,15 8.3% verhard	45.8%	29.2%	70.8%
Rijttjes- woningen	5, 8, 9, 10	25%	75%	5, 8, 9, 10 12.5% verhard	5 3.1% verhard	15.6%	9.4%	90.6 %

Vrijstaande woningen	6, 7, 11, 12, 13	25%	75%	6, 7 6.25% verhard	13 2.5% verhard	8.75%	16.25%	83.75%
Historische woningen	1, 2, 3, 4, 23	25%	75%	1, 2, 3, 4, 23 12.5% verhard	1, 2, 3, 4, 23 10% verhard	22.5%	2.5%	97.5%

Bijlage 20: Percentage verhard onderzoekswijk Soest

Terrein	Locaties totaal	Aandeel verhard (%) 0-situatie	Aandeel onverhard (%) 0-situatie	Voortuin locatie stroomt af naar straat + Perce- tage verharde voortuin	Achtertuint locaties stroomt af naar straat + Perce- tage verharde achtertuin	Haalbaar onverhard oppervlak (%)	Aandeel verhard oppervlak na onttegelen (%)	Aandeel onverhard oppervlak na onttegelen (%)
Villa's	1, 2, 3	25%	75%	1, 2, 3 12.5% verhard	1 4.2% verhard	16.7%	8.3%	91.7%

Bijlage 21: Percentage verhard onderzoekswijk Woudenberg

Terrein	Locaties totaal	Aandeel verhard (%) 0- situatie	Aandeel onverhard (%) 0-situatie	Voortuin locatie stroomt af naar straat + Perce- tage verharde voortuin	Achtertuint locaties stroomt af naar straat + Perce- tage verharde achtertuin	Haalbaar onverhard oppervlak (%)	Aandeel verhard oppervlak na onttegelen (%)	Aandeel onverhard oppervlak na onttegelen (%)
Rijteswoningen	1, 2, 4, 5	50%	50%	1, 2, 4, 5 25% verhard	2, 4 12.5% verhard	37.5%	12.5%	87.5%
Vrijstaande woningen	3, 4	25%	75%	3, 4 12.5% verhard	0 0% verhard	12.5%	12.5%	87.5%

Bijlage 22: Berekening infiltratie Baarn

Baarn (vlak gebied)

Historische woningen

0-situatie infiltratie verhard oppervlak particulier terrein

Historische woningen 25% verhard en 75 % onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.25 \cdot 2 = 0.5$$

$$0.75 \cdot 5 = 3.75$$

$$\text{Totaal} = 4.25 \text{ mm} = 0.00425 \text{ m infiltratie per uur}$$

Infiltratie ontegeld oppervlak

Historische woningen 2.5 % verhard en 97.5% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.0025 \cdot 2 = 0.005$$

$$0.975 \cdot 5 = 4.88$$

$$\text{Totaal} = 4.88 = 0.0049 \text{ m infiltratie per uur}$$

Nieuwbouw woningen

0-situatie infiltratie verhard oppervlak particulier terrein

Nieuwbouw woningen 75% verhard en 25% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.75 \cdot 2 = 1.75$$

$$0.25 \cdot 5 = 1.25$$

$$\text{Totaal} = 3 \text{ mm} = 0.003 \text{ m infiltratie per uur}$$

Infiltratie ontegeld oppervlak particulier terrein

Nieuwbouw woningen 29.2% verhard en 70.8% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.292 \cdot 2 = 0.584$$

$$0.708 \cdot 5 = 3.54$$

$$\text{Totaal} = 4.124 \dots \text{ mm} = 0.0041 \text{ m infiltratie per uur}$$

Rijteswoningen

0-situatie infiltratie verhard oppervlak particulier terrein

Rijteswoningen 25% verhard en 75 % onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.25 \cdot 2 = 0.5$$

$$0.75 \cdot 5 = 3.75$$

$$\text{Totaal} = 4.25 \text{ mm} = 0.0043 \text{ m infiltratie per uur}$$

Infiltratie ontegeld oppervlak particulier terrein

Rijteswoningen 9.4% verhard en 90.6% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.094 \cdot 2 = 0.047$$

$$0.906 \cdot 5 = 4.718 \text{ mm} = 0.0047 \text{ m infiltratie per uur}$$

Vrijstaande woningen

0-situatie infiltratie verhard oppervlak particulier terrein

Historische woningen 25% verhard en 75 % onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.25 \cdot 2 = 0.5$$

$$0.75 \cdot 5 = 3.75$$

$$\text{Totaal} = 4.25 \text{ mm} = 0.0043 \text{ m infiltratie per uur}$$

Infiltratie ontegeld oppervlak particulier terrein

Vrijstaande woningen 16.25% verhard en 83.75% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.1625 \cdot 2 = 0.08125$$

$$0.8375 \cdot 5 = 4.505 \text{ mm} = 0.0045 \text{ m infiltratie per uur}$$

Wegen

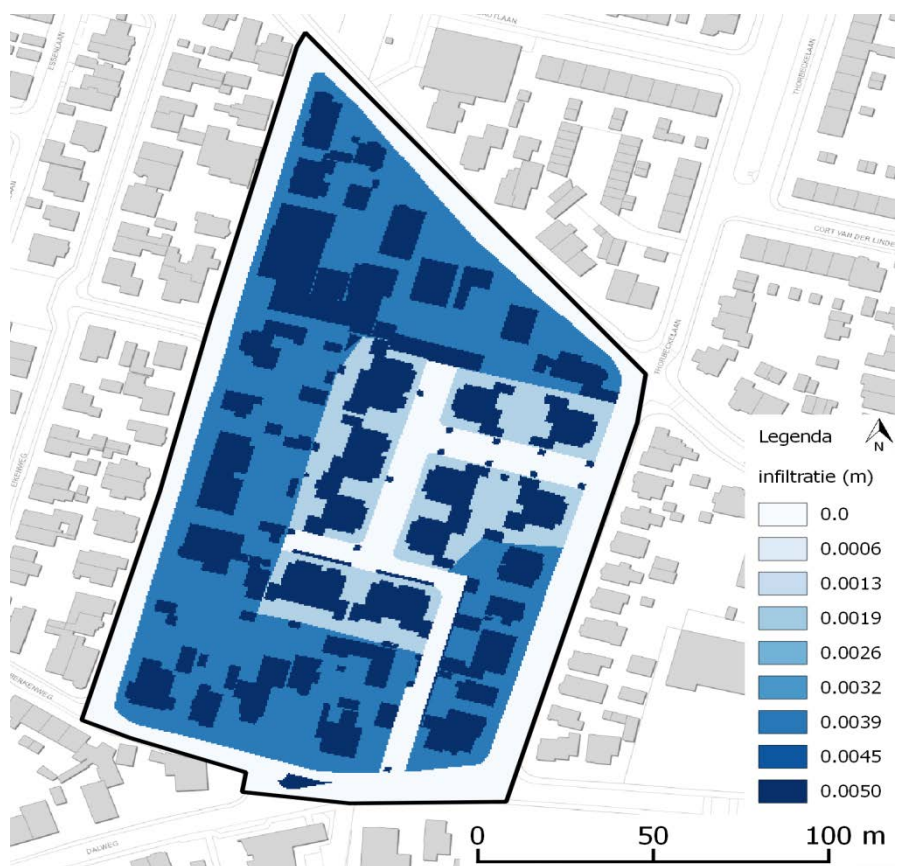
- Klinkers 100 % verhard

$$2.0 \text{ mm} = 0.002 \text{ m infiltratie per uur}$$

- Asfalt 100 % verhard

$$0 \text{ mm} = 0 \text{ m infiltratie per uur}$$

Bijlage 23: Infiltratie 0-situatie Baarn



Bijlage 24: Infiltratie onttegelde situatie Baarn



Bijlage 25: Berekening Berging Baarn

Baarn (vlak gebied)

Historische woningen

0-situatie berging verhard oppervlak particulier terrein

Historische woningen 25% verhard en 75 % onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.25 \cdot 0.5 = 0.125$$

$$0.75 \cdot 4 = 3$$

$$\text{Totaal} = 3.125 \text{ mm} = 0.0031 \text{ m berging}$$

Berging onttégeld oppervlak

Historische woningen 2.5 % verhard en 97.5% onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.0025 \cdot 0.5 = 0.00125$$

$$0.975 \cdot 4 = 3.9$$

$$\text{Totaal} = 3.901... = 0.0039 \text{ m berging}$$

Nieuwbouw woningen

0-situatie berging verhard oppervlak particulier terrein

Nieuwbouw woningen 75% verhard en 25% onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.75 \cdot 0.5 = 0.375$$

$$0.25 \cdot 4 = 1.00$$

$$\text{Totaal} = 1.375 \text{ mm} = 0.0014 \text{ m berging}$$

Berging onttégeld oppervlak particulier terrein

Nieuwbouw woningen 29.2% verhard en 70.8% onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.292 \cdot 0.5 = 0.146$$

$$0.708 \cdot 4 = 2.832$$

$$\text{Totaal} = 2.978... \text{ mm} = 0.0030 \text{ m berging}$$

Rijtjeswoningen

0-situatie berging verhard oppervlak particulier terrein

Rijtjeswoningen 25% verhard en 75 % onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.25 \cdot 0.5 = 0.125$$

$$0.75 \cdot 4 = 3$$

$$\text{Totaal} = 3.125 \text{ mm} = 0.0031 \text{ m berging}$$

Berging onttégeld oppervlak particulier terrein

Rijteswoningen 9.4% verhard en 90.6% onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.094 \cdot 0.5 = 0.047$$

$$0.906 \cdot 4 = 3.671 \text{ mm} = 0.0037 \text{ m berging}$$

Vrijstaande woningen

0-situatie berging verhard oppervlak particulier terrein

Historische woningen 25% verhard en 75 % onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.25 \cdot 0.5 = 0.125$$

$$0.75 \cdot 4 = 3$$

$$\text{Totaal} = 3.125 \text{ mm} = 0.0031 \text{ m berging}$$

Berging onttégeld oppervlak particulier terrein

Historische woningen 16.25% verhard en 83.75% onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.1625 \cdot 0.5 = 0.08125$$

$$0.8375 \cdot 4 = 3.431 \text{ mm} = 0.0034 \text{ m berging}$$

Wegen

- Klinkers 100 % verhard

$$0.5 \text{ mm} = 0.0005 \text{ m infiltratie per uur}$$

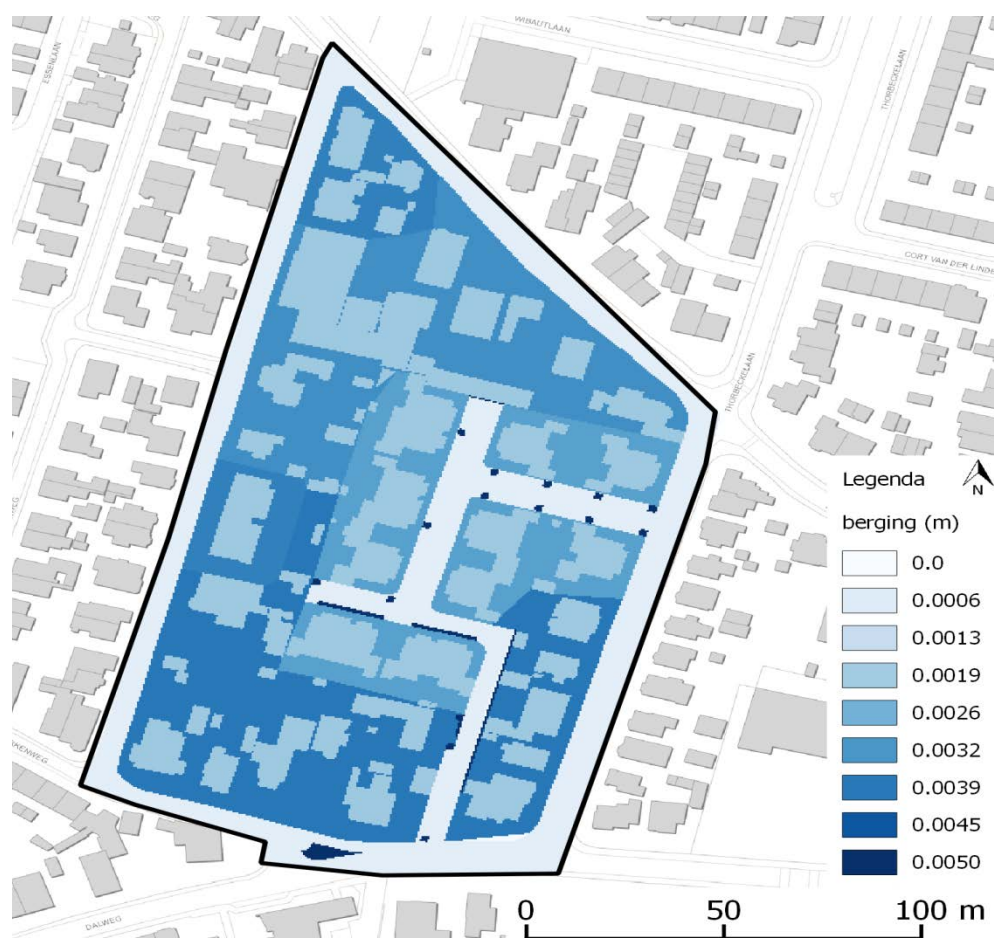
- Asfalt 100 % verhard

$$0.5 \text{ mm} = 0.0005 \text{ m infiltratie per uur}$$

Bijlage 26: Berging in meters 0-situatie Baarn



Bijlage 27: Berging onttegelde situatie Baarn



Bijlage 28: Berekening infiltratie Soest

Soest (hellend gebied)

Villa's

0-situatie infiltratie verhard oppervlak particulier terrein

Rijttjes woningen 25% verhard en 75 % onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.25 \cdot 2 = 0.5$$

$$0.75 \cdot 5 = 3.75$$

$$\text{Totaal} = 4.25 \text{ mm} = 0.0043 \text{ m infiltratie per uur}$$

Infiltratie onttgeld oppervlak

Rijttjes woningen 8.3 % verhard en 91.7% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.083 \cdot 2 = 0.166$$

$$0.917 \cdot 5 = 4.375$$

$$\text{Totaal} = 4.751 = 0.0048 \text{ m infiltratie per uur}$$

Wegen

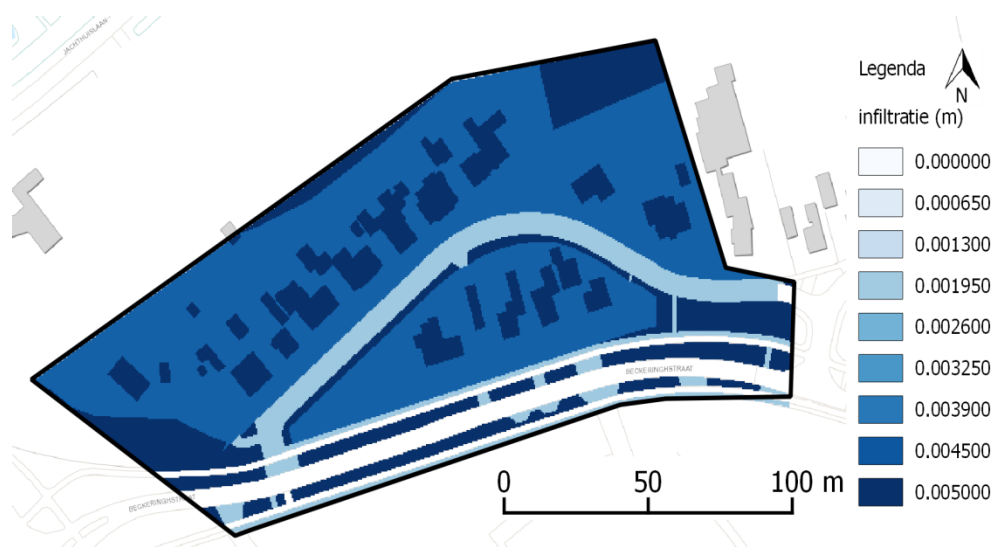
- Klinkers 100 % verhard

$$2 \text{ mm} = 0.002 \text{ m infiltratie per uur}$$

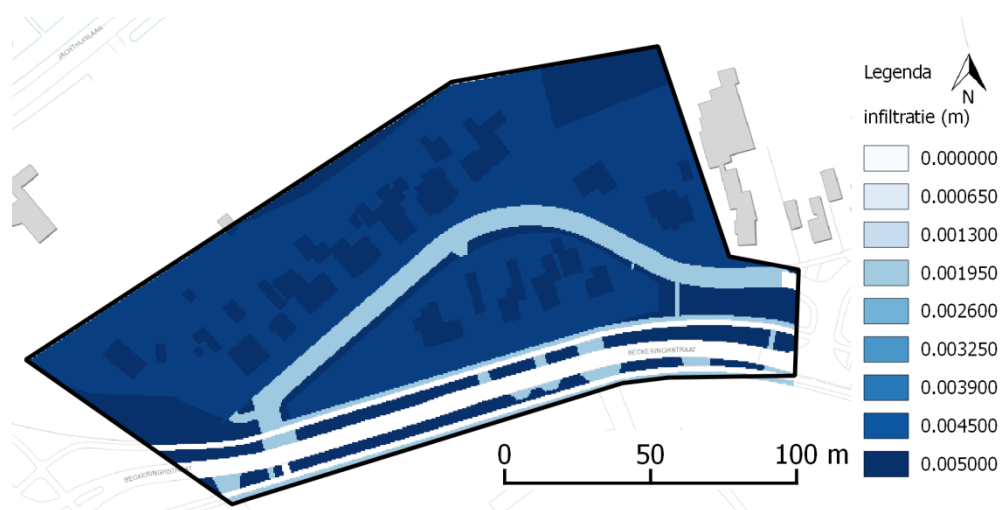
- Asfalt 100 % verhard

$$0 \text{ mm} = 0 \text{ m infiltratie per uur}$$

Bijlage 29: Infiltratie 0-situatie Soest



Bijlage 30: Infiltratie onttegelde situatie Soest



Bijlage 31: Berekening berging Soest

Soest (hellend gebied)

Villa's

0-situatie berging verhard oppervlak particulier terrein

Villa's 25% verhard en 75 % onverhard

Berging = 0 mm voor de tegels en 2 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.50 \cdot 0 = 0$$

$$0.50 \cdot 2 = 1$$

$$\text{Totaal} = 1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m berging}$$

Berging onttégeld oppervlak

Villa's 12.5 % verhard en 87.5% onverhard

Berging = 0 mm voor de tegels en 2 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.083 \cdot 0 = 0$$

$$0.917 \cdot 2 = 3.5$$

$$\text{Totaal} = 1.834... = 0.0018 \text{ m berging}$$

Wegen

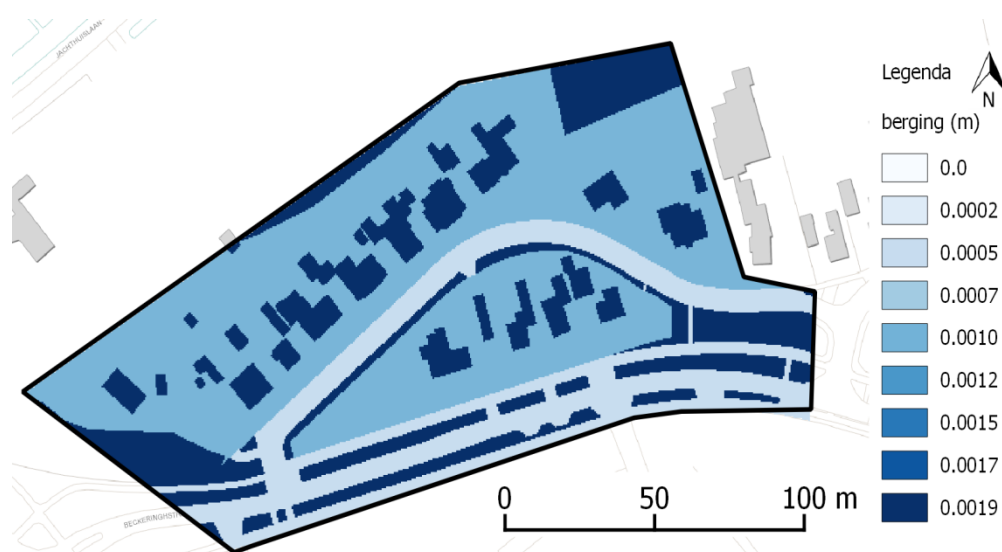
- Klinkers 100 % verhard

$$0.5 \text{ mm} = 0.0005 \text{ m infiltratie per uur}$$

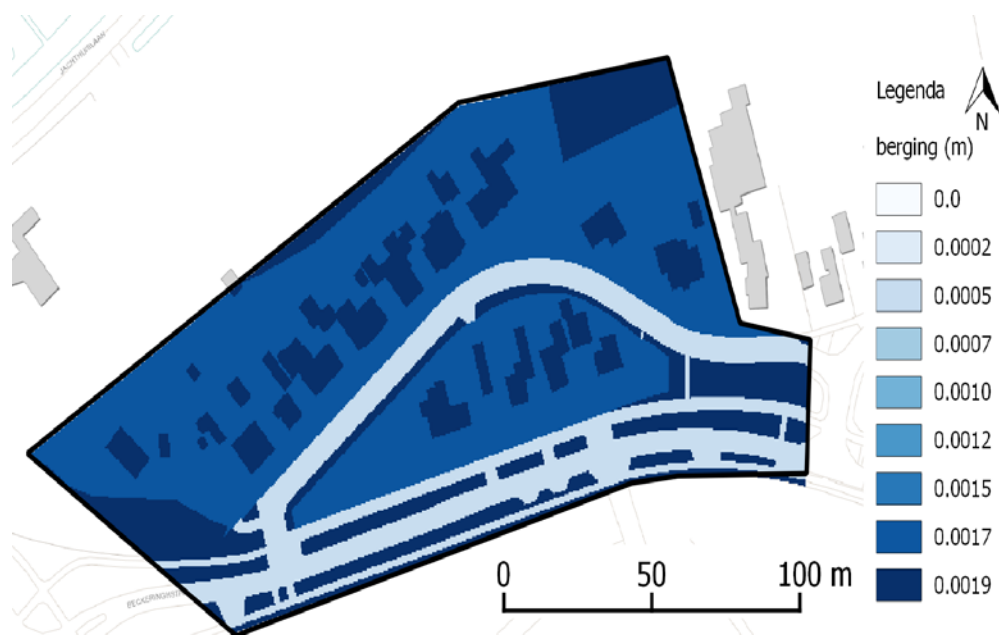
- Asfalt 100 % verhard

$$0.5 \text{ mm} = 0.0005 \text{ m infiltratie per uur}$$

Bijlage 32: Berging 0-situatie Soest



Bijlage 33: Berging onttegelde situatie Soest



Bijlage 34: Berekening infiltratie Woudenberg

Woudenberg (vlak gebied)

Rijtjes woningen

0-situatie infiltratie verhard oppervlak particulier terrein

Rijtjes woningen 50% verhard en 50 % onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.50 \cdot 2 = 1$$

$$0.50 \cdot 5 = 2.50$$

$$\text{Totaal} = 3.50 \text{ mm} = 0.0035 \text{ m infiltratie per uur}$$

Infiltratie ontegeld oppervlak

Rijtjes woningen 12.5 % verhard en 87.5% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.125 \cdot 2 = 0.25$$

$$0.875 \cdot 5 = 4.375$$

$$\text{Totaal} = 4.625 = 0.0046 \text{ m infiltratie per uur}$$

Vrijstaande woningen

0-situatie infiltratie verhard oppervlak particulier terrein

Vrijstaande woningen 25% verhard en 75% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.25 \cdot 2 = 0.50$$

$$0.75 \cdot 5 = 3.75$$

$$\text{Totaal} = 4.25 \text{ mm} = 0.0043 \text{ m infiltratie per uur}$$

Infiltratie ontegeld oppervlak particulier terrein

Vrijstaande woningen 12.5% verhard en 87.5% onverhard

Infiltratie = 2 mm voor de tegels en 5 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100 Rioleringsberekeningen)

$$0.125 \cdot 2 = 0.25$$

$$0.875 \cdot 5 = 4.375$$

$$\text{Totaal} = 4.625 \dots \text{ mm} = 0.0046 \text{ m infiltratie per uur}$$

Wegen

- Klinkers 100 % verhard

$$2 \text{ mm} = 0.002 \text{ m infiltratie per uur}$$

- Asfalt 100 % verhard

$$0 \text{ mm} = 0 \text{ m infiltratie per uur}$$

Legenda

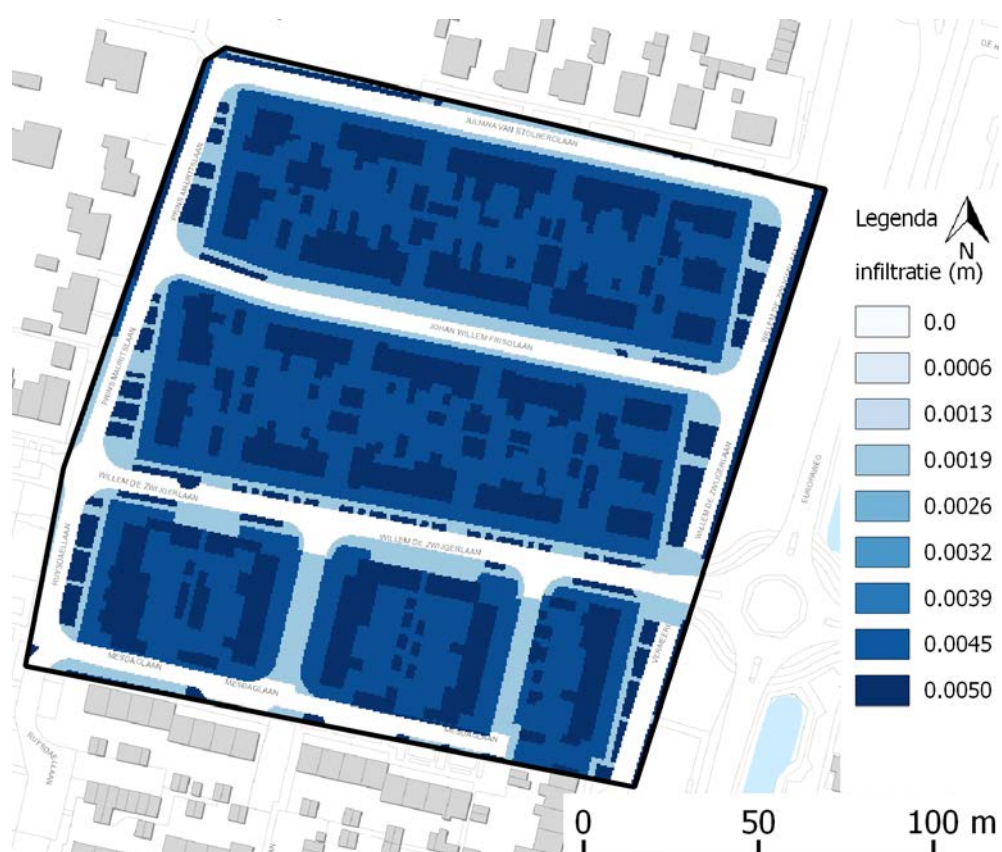
N

infiltratie (m)

0.0
0.0006
0.0013
0.0019
0.0026
0.0032
0.0039
0.0045
0.0050

0 50 100 m

Bijlage 36: Infiltratie onttegelde situatie Woudenberg



Bijlage 37: Berekening berging Woudenberg

Woudenberg (vlak gebied)

Rijtjes woningen

0-situatie berging verhard oppervlak particulier terrein

Rijtjes woningen 50% verhard en 50 % onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.50 \cdot 0.5 = 0.25$$

$$0.50 \cdot 4 = 2$$

$$\text{Totaal} = 2.25 \text{ mm} = 0.0022 \text{ m berging}$$

Berging onttégeld oppervlak

Rijtjes woningen 12.5 % verhard en 87.5% onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.125 \cdot 0.5 = 0.06$$

$$0.875 \cdot 4 = 3.5$$

$$\text{Totaal} = 3.56 \dots = 0.0036 \text{ m berging}$$

Vrijstaande woningen

0-situatie berging verhard oppervlak particulier terrein

vrijstaande woningen 75% verhard en 25% onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.75 \cdot 0.5 = 0.375$$

$$0.25 \cdot 4 = 1.00$$

$$\text{Totaal} = 1.375 \text{ mm} = 0.0014 \text{ m berging}$$

Berging onttégeld oppervlak particulier terrein

vrijstaande woningen 12.5% verhard en 87.5% onverhard

Berging = 0.5 mm voor de tegels en 4 mm voor onverhard oppervlak (Module C2100

Rioleringsberekeningen)

$$0.125 \cdot 0.5 = 0.0625$$

$$0.875 \cdot 4 = 3.5$$

$$\text{Totaal} = 3.5625 \dots \text{ mm} = 0.0036 \text{ m berging}$$

Wegen

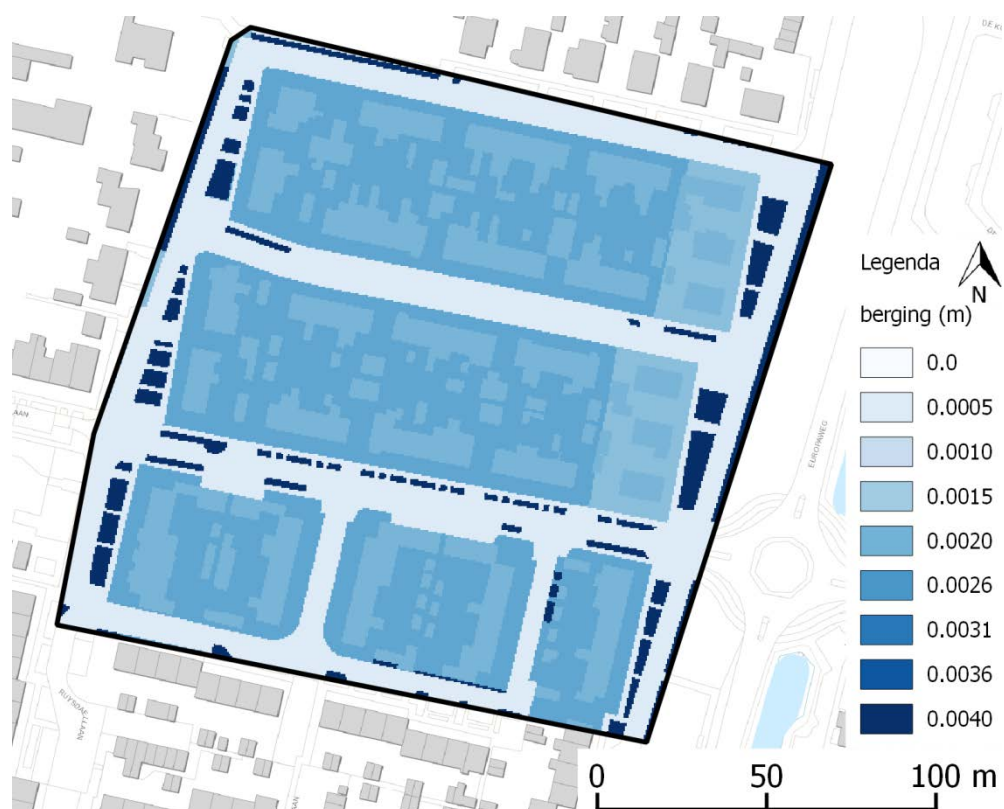
- Klinkers 100 % verhard

$$0.5 \text{ mm} = 0.0005 \text{ m infiltratie per uur}$$

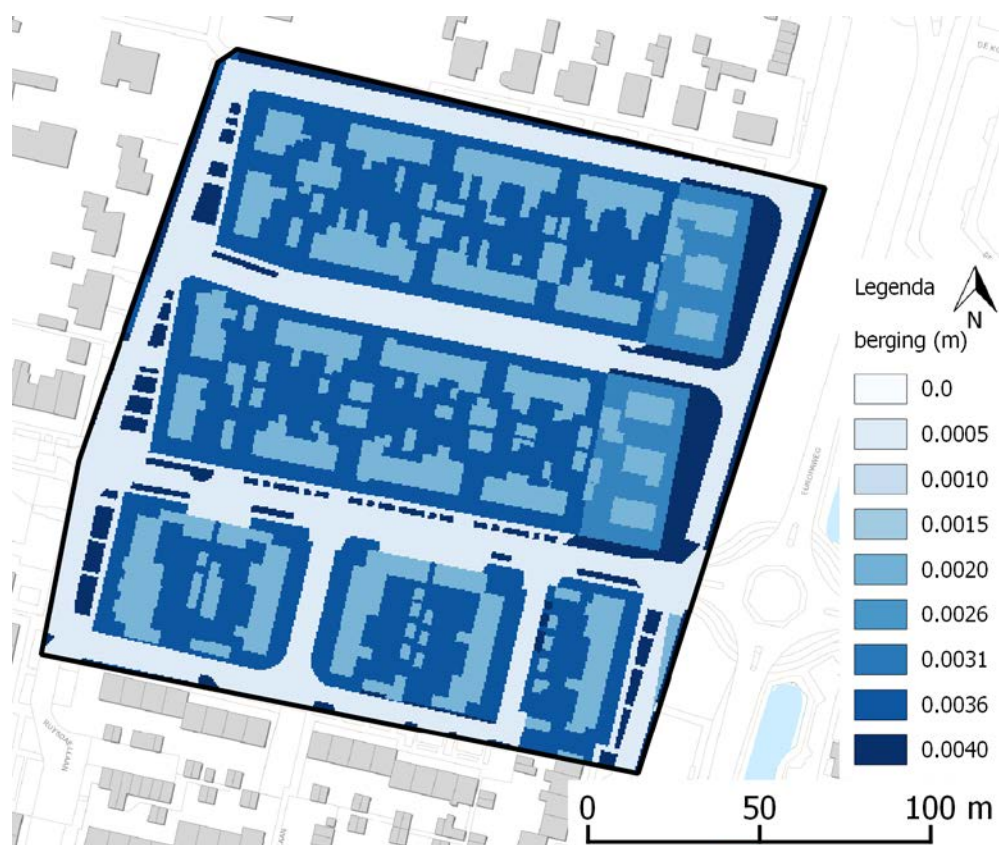
- Asfalt 100 % verhard

$$0.5 \text{ mm} = 0.0005 \text{ m infiltratie per uur}$$

Bijlage 38: berging 0-situatie Woudenberg



Bijlage 39: berging onttegelde situatie Woudenberg



Bijlage 40: Uitwerking Spyder

```
4
5 @author: Yoeri Kolkman
6 """
7
8 from landlab.io import read_esri_ascii
9 from landlab import RasterModelGrid
10 import time
11 import os
12 import pylab
13 import numpy as np
14 from sympy.utilities import reshape
15
16
17
18 """
19 the main function does all the work:
20 it sets the parameter values, creates and initializes a grid, sets up
21 the state variables, runs the main loop, and cleans up.
22 """
23
24 # INITIALIZE
25
26 # User-defined parameter values
27 dem_name = 'AHN.asc'
28 berging_name = 'berging_onttegeld_woudenberg.asc'
29 afvoer_name = 'infiltratie_onttegeld_woudenberg.asc'
30 appendix = 'college_' #toevoeging aan data om uniek bestand te creëren, bijv.
31 Debietmeting_row = 532
32 Debietmeting_column = 130
33 naast_debietmeting_row = 532
34 naast_debietmeting_column = 131
35 n = 0.06 # roughness coefficient (Manning's n)
36 no_data = 0 # waarde van "geen data" (hoogte van panden)
37 no_data2 = 999
38
39 #initial condonditions kunnen niet 0 zijn
40 h_init = 0.0001 # initial thin layer of water (m)
41 Q_mmhr = 0. # afvoercapaciteit riool (mm/uur)
42 S_mm = 0.0 # bergingscapaciteit rioolstelsel, neemt af tot 0 tijdens berekening
```

```

43 dt = 0.15 # for show, wordt in loop veranderd, of niet
44 dtmax = dt # is eigenlijk niet nodig, restanten oude code
45 g = 9.8 # gravitational acceleration (m/s2)
46 alpha = 0.7 # time-step factor (ND; from Bates et al., 2010)
47 run_time = 3600 # duration of run, seconds
48 interval = 15*60 # tijdstap voor output
49 p1 = [23,00]
50 P_mmhr_constant = 14 # rainfall rate, in mm/hr
51 rain_duration = 30*60 # rainfall duration, in seconds
52
53
54 # Derived parameters
55 #rainfall_rate = (rainfall_mmhr/1000.)/3600. # rainfall in m/s
56 Q = (Q_mmhr/1000.)/3600. #ondergrondse afvoer in m/s
57 #S = S_mm/1000. #berging in meters
58 ten_thirds = 10./3. # pre-calculate 10/3 for speed
59 elapsed_time = 0.0 # total time in simulation
60 report_interval = 30. # interval to report progress (seconds)
61 next_report = time.time()+report_interval # next time to report progress
62 DATA_FILE = os.path.join(os.path.dirname(__file__), dem_name)
63 BERGING_FILE = os.path.join(os.path.dirname(__file__), berging_name)
64 AFVOER_FILE = os.path.join(os.path.dirname(__file__), afvoer_name)
65
66 # Create and initialize a raster model grid by reading a DEM
67 print('Reading data from "'+str(DATA_FILE)+'"')
68 #z = np.loadtxt(dem_name, dtype=float, skiprows=6).flatten()
69 #mg = RasterModelGrid(4871, 5061, 0.5)
70 (mg, z, header) = read_esri_ascii(DATA_FILE)
71 (mg, S, header) = read_esri_ascii(BERGING_FILE)
72 (mg, Q, header) = read_esri_ascii(AFVOER_FILE)
73 header_lines = ['%s %s' % (key, str(val))
74                 for key, val in list(header.items())]
75 print('DEM has ' + str(mg.number_of_node_rows) + ' rows, ' + str(mg.number_of_node_columns) + ' columns, and
76
77 Q=Q/3600
78
79 # Modify the grid DEM to set all nodata nodes to inactive boundaries
80 mg.set_nodata_nodes_to_closed(z, no_data) # set nodata nodes to inactive bounds
81 mg.set_nodata_nodes_to_closed(z, no_data2)
82 # Set the open boundary (outlet) cell. We want to remember the ID of the
83 # outlet node and the ID of the interior node adjacent to it. We'll make
84 # the outlet node an open boundary.

```

```

124     if time.time() >= next_report:
125         print('Time = ' + str(elapsed_time), '(', str(100.*elapsed_time/run_time) + '%)', str(int(sum
126             next_report += report_interval
127             t.append(elapsed_time)
128
129
130     # Calculate time-step size for this iteration (Bates et al., eq 14)
131
132     dtmax = alpha*mg.dx/np.sqrt(g*np.amax(h))
133
134     # Calculate the effective flow depth at active links. Bates et al. 2010
135     # recommend using the difference between the highest water-surface
136     # and the highest bed elevation between each pair of cells.
137
138     w      = h+z    # water-surface height [L]
139
140     wmax   = mg.max_of_link_end_node_values(w) #[L]
141     hflow  = wmax - zmax #[L]
142
143     # Calculate water-surface slopes [L/L]
144     water_surface_slope = mg.calculate_gradients_at_active_links(w)
145
146     #begrens de helling van de waterstand en vervang ongeldige waardes [L/L]
147     water_surface_slope[np.isnan(water_surface_slope)] = 0
148     water_surface_slope[np.isneginf(water_surface_slope)] = -0.1
149     water_surface_slope[np.isposinf(water_surface_slope)] = 0.1
150     water_surface_slope[water_surface_slope > 0.1] = 0.1
151     water_surface_slope[water_surface_slope < -0.1] = -0.1
152
153     # Calculate the unit discharges (Bates et al., eq 11) [L^2/T]
154     q = (q_lim - g*hflow*dtmax*water_surface_slope) / \
155         (1. + g*hflow*dtmax*n*n*abs(q_lim)/(hflow**ten_thirds))
156
157     # Vervang ongeldige waardes en begrensd q [L^2/T]
158     if np.isnan(sum(q)):
159         index = np.where(np.isnan(q))
160         q[np.isnan(q)] = 0
161
162     qmax   = np.fmin(1, 0.25*hflow*mg.dx)/dtmax
163     qpos   = q >= 0
164     qneg   = q < 0
165     q_lim  = np.fmin(qpos*q, qmax) + np.fmax(qneg*q, -qmax)

```

```

166
167 # Calculate water-flux divergence at nodes [L/T]
168 dqds = mg.calculate_flux_divergence_at_nodes(q_lim)
169
170 P_netto = np.fmax(0, rainfall_rate-S) #[L/T]
171 S = np.fmax(0, S-rainfall_rate) #[L/T]
172 # print(max(S) , max(P_netto))
173 # Update rainfall rate
174 if elapsed_time > step2*rain_duration:
175     P_mmhr_constant= p1[step2]
176     rainfall_mmhr = mg.add_zeros('node', 'Neerslag') + P_mmhr_constant
177     rainfall_rate = (rainfall_mmhr/1000.)/3600.
178     step2+=1
179     print(P_mmhr_constant)
180     #rainfall_rate = 0.
181
182 # Calculate rate of change of water depth [L/T]
183 dhdt = P_netto-dqds-Q
184
185 #begrens netto uitstroom met volume in cell. dqds<0 betekent toename van volume in cell.
186 # dhmax= 1*h*mg.dx**2
187 # dh = np.fmin(dhdt,dhmax)
188
189 #Onderstaand script begrensd de tijdstap op basis van de waterhoogte en het debiet. Dit levert (
190
191 #Second time-step limiter (experimental): make sure you don't allow
192 #water-depth to go negative
193 # if np.amin(dhdt) < 0.:
194 #     shallowing_locations = np.where(dhdt<0.)
195 #     time_to_drain = -h[shallowing_locations]/dhdt[shallowing_locations]
196 #     dtmax2 = alpha*np.amin(time_to_drain)
197 #     dt = np.min([dtmax, dtmax2])
198 # else:
199 #dt = dtmax
200
201
202 # Update the water-depth field [L]
203 h[core_nodes] = h[core_nodes] + dhdt[core_nodes]*dt
204 # h[outlet_node] = h[node_next_to_outlet]
205 h[h<0]=0.0
206
207

```

```

208         if elapsed_time > step*interval:
209
210             np.savetxt('h_'+appendix+str(step*interval), np.flipud(mg.node_vector_to_raster(h)), head
211                 comments='')
212             np.savetxt('w_'+appendix+str(step*interval), np.flipud(mg.node_vector_to_raster(w)), head
213                 comments='')
214             dqr = np.flipud(mg.node_vector_to_raster(dqds))
215             hr = np.flipud(mg.node_vector_to_raster(h))
216             wr = np.flipud(mg.node_vector_to_raster(w))
217             np.savetxt('h'+str(step*interval),hr)
218             np.savetxt('w2'+str(step*interval),wr)
219             np.savetxt('dq'+str(step*interval),dqr)
220             step += 1
221             Update current time
222             elapsed_time += dt
223             qs=sum(q)
224             Remember discharge and time
225
226             q_outlet.append(q[outlet_link])
227
228
229 # FINALIZE
230
231 # Set the elevations of the nodata cells to the minimum active cell
232 # elevation (convenient for plotting)
233 z[np.where(z<=0.)] = 9999 # temporarily change their elevs ...
234 zmin = np.amin(z) # ... so we can find the minimum ...
235 z[np.where(z==9999)] = zmin # ... and assign them this value.
236
237 # Get a 2D array version of the water depths and elevations
238 hr = mg.node_vector_to_raster(h)
239 zr = mg.node_vector_to_raster(z)
240
241 # Clear previous plots
242 pylab.figure(1)
243 pylab.close()
244 pylab.figure(2)
245 pylab.close()
246
247 # Plot discharge vs. time
248 #pylab.figure(1)
249 #pylab.plot(np.array(t), np.array(limiter))

```

```

244 pylab.figure(2)
245 pylab.close()
246
247 # Plot discharge vs. time
248 #pylab.figure(1)
249 #pylab.plot(np.array(t), np.array(limiter))
250 ##pylab.plot(np.array(t), np.array(q_outlet)*mg.dx)
251 #pylab.xlabel('Time (s)')
252 #pylab.ylabel('Q (m3/s)')
253 #pylab.title('Outlet discharge')
254
255
256 # Plot topography
257 pylab.figure(2)
258 pylab.subplot(121)
259 im = pylab.imshow(zr, cmap=pylab.cm.RdBu,
260                  extent=[0, mg.number_of_node_columns * mg.dx,
261                          0, mg.number_of_node_rows * mg.dx])
262 cb = pylab.colorbar(im)
263 cb.set_label('Elevation (m)', fontsize=12)
264 pylab.title('Topography')
265
266 # Plot water depth
267 pylab.subplot(122)
268 im2 = pylab.imshow(hr, cmap=pylab.cm.RdBu,
269                   extent=[0, mg.number_of_node_columns * mg.dx,
270                           0, mg.number_of_node_rows * mg.dx])
271 pylab.clim(0, 0.25)
272 cb = pylab.colorbar(im2)
273 cb.set_label('Water depth (m)', fontsize=12)
274 pylab.title('Water depth')
275
276 # Display the plots
277 pylab.show()
278 print('Done.')
279 print('Total run time = '+str(time.time()-start_time)+' seconds.')
280
281
282 #if __name__ == "__main__":
283
284 #     main()

```

```

85 outlet_node = mg.grid_coords_to_node_id(Debietmeting_row, Debietmeting_column)
86 node_next_to_outlet = mg.grid_coords_to_node_id(naast_debietmeting_row, naast_debietmeting_column)
87
88 mg.set_fixed_value_boundaries_at_grid_edges(True, True, True, True, 0.01)
89 #mg.set_closed_boundaries_at_grid_edges(True, True, True, True)
90
91 # Set up state variables
92 h = mg.add_zeros('node', 'Water_depth') + h_init # water depth (m)
93 q_lim = mg.create_active_link_array_zeros() # unit discharge (m2/s)
94 rainfall_mmhr = mg.add_zeros('node', 'Neerslag') + P_mmhr_constant
95 rainfall_rate = (rainfall_mmhr/1000.)/3600.
96 # Get a list of the core nodes
97 core_nodes = mg.core_nodes
98
99 # To track discharge at the outlet through time, we create initially empty
100 # lists for time and outlet discharge.
101 q_outlet = []
102 t = []
103
104 #limiter.append(0)
105 q_outlet.append(0.)
106 t.append(0.)
107 outlet_link = mg.get_active_link_connecting_node_pair(outlet_node,
108                                                         node_next_to_outlet)
109
110 #moved out of loop
111 zmax = mg.max_of_link_end_node_values(z)
112 # Display a message
113 print( 'Running ...' )
114 start_time = time.time()
115 step = 1
116 step2 = 0
117
118
119 # RUN
120
121 # Main Loop
122 while elapsed_time < run_time:
123     # Report progress
124     if time.time() >= next_report:
125         print('Time = '+str(elapsed_time), ' (', str(100.*elapsed_time/run_time)+'%) ', str(int(sum
126         next_report += report_interval

```

Bijlage 41: Contactgegevens betrokkenen onderzoek

Contact gemeentes

1. Gemeente Baarn
Dik van de Oudenalder
Dik.vandenoudenalder@baarn.nl
2. Gemeente Soest
Frank Roskamp
F.Roskamp@soest.nl
3. Gemeente Woudenberg
Ruud van der Velden
r.vandervelden@gemwoudenberg.nl

Contact Vallei en Veluwe

4. Melle Eijkelkamp
MEijkelkamp@vallei-veluwe.nl

Contact Rioned

5. Harry Luijtelaar
Harry.vanLuijtelaar@Rioned.org