



SCHADUW-TOOL BEKEN AA EN MAAS

Pim de Blank & Remko van der Lans

Van Hall Larenstein

7 juni 2018



SCHADUW-TOOL

BEKEN AA EN MAAS

Colofon

Samenstelling

Pim de Blank en Remko van der Lans

In opdracht van

© Waterschap Aa en Maas, Februari 2018
Postbus 5049
Pettelaarpark 70
5216 PP 's-Hertogenbosch
Telefoon: 088 - 17 88 000
<https://www.aaenmaas.nl>



© Hogeschool Van Hall Larenstein, Februari 2018
Postbus 9001
6880 GB Velp
Telefoon: 026-3695695 (receptie)
www.hvhl.nl





De afgelopen vijf maanden hebben we met veel plezier een afstudeeropdracht voor waterschap Aa en Maas uitgevoerd. Het doel van deze opdracht was om een beter beeld te krijgen van de ligging en waarde van schaduwwerpende landschapselementen langs waterlopen. Omdat we net klaar waren met de minor Ruimtelijke Informatie Techniek, kwam al gauw het idee om hiervoor een geautomatiseerde tool te ontwikkelen. We vonden dit allebei een leuk en uitdagend idee en gingen daarom al snel op zoek naar de mogelijkheden.

Aangezien we al bij een aantal projecten samen hadden gewerkt, verliep het hele proces behoorlijk vloeiend. We wisten namelijk al goed waar onze individuele sterke en zwakke punten liggen. Hierdoor konden we elkaar goed aanvullen en helpen. We hebben zo veel mogelijk geprobeerd om alle activiteiten - zoals programmeren, het meten in het veld en het schrijven van het verslag - gezamenlijk te doen. Dit leek ons de beste methode om samenhang in de eindproducten te creëren.

Het werken voor waterschap Aa en Maas is ons allebei erg goed bevallen. We hadden steeds het idee dat we als gelijken werden behandeld. Dit maakte dat we ons tijdens het gehele onderzoek erg zeker hebben gevoeld qua kennis en vaardigheden. Natuurlijk waren er momenten waarop we iets niet wisten of ondersteuning nodig hadden. Iets waarop steeds snel en positief werd gereageerd. Verder vonden we het erg leuk om de interesse te merken die iedereen in ons onderzoek had. Dit gaf zeker een extra impuls om een goed resultaat te leveren.

Van verschillende mensen binnen waterschap Aa en Maas hebben we advies en hulp ontvangen. Daarvoor willen we alle betrokkenen graag bedanken. Er is echter een aantal mensen dat in onze ogen een persoonlijke vermelding verdient. In dat kader willen we allereerst Irma Bresser en Steven Batten bedanken. Zij hebben ons geholpen met het opvragen en verzamelen van alle kaartlagen en gegevens die we nodig hadden voor het ontwikkelen en laten functioneren van de tool. Als we iets nodig hadden, dan werd dat altijd snel geregeld. Vaak konden we al de volgende dag aan de slag met de gevraagde gegevens.

Ook willen we graag Rob Fraaije bedanken. Hij heeft ons op weg geholpen met het statistische element binnen ons verslag. Omdat we op Van Hall Larenstein maar beperkt les hebben gehad in statistiek, hebben we samen met hem besproken hoe we de metingen het beste konden aanpakken. Zodat het onderzoek statistisch gezien een valide resultaat zou hebben. Dit ging trouwens tegelijkertijd gepaard met opfrissing van onze kennis op dit gebied.

Ten slotte willen we onze begeleiders vanuit Hogeschool Van Hall Larenstein en waterschap Aa en Maas in het bijzonder bedanken. Het gaat hier om Gert Jan van der Veen (VHL), Bart Brugmans (Aa en Maas) en Marcel Cox (Aa en Maas).

Wanneer we vragen hadden over de opbouw van de scriptie of een onderdeel van de afstudeeropdracht, konden we altijd bij Gert-Jan terecht. Ondanks omstandigheden waardoor we Bart eigenlijk alleen de eerste paar weken hebben gesproken, konden we in die tijd ook altijd bij hem terecht voor vragen over voorgaande onderzoeken.

Over het algemeen hebben we echter voornamelijk met Marcel gewerkt. Waarbij hij zich altijd erg enthousiast toonde over het onderzoek en altijd bereid was om ons te helpen wanneer we vastliepen of iets geregeld moesten krijgen binnen het waterschap. Na een voortgangsgesprek met Marcel hadden we steeds het gevoel dat we ook echt iets toevoegden aan de praktijk van het waterschap. Dat de organisatie ook daadwerkelijk veel aan ons onderzoek en product zou hebben. Dit zorgde er zeker voor dat we gemotiveerd bleven en met veel plezier aan de slag gingen.

Pim de Blank en Remko van der Lans
's-Hertogenbosch, 7 Juni 2018



Om de streefdoelen van de Kaderrichtlijn Water te behalen, investeren de Nederlandse waterbeheerders het laatste decennium steeds meer in het ecologisch herstel van beken en rivieren. Kleinschalige herstelmaatregelen - zoals beschaduwden, het inbrengen van houtpakketten en het aanpassen van het onderhoud - leiden tot belangrijke ecologische winst (Verdonschot, Verdonschot, Bauwens, & Brugmans, 2017). Uit eerdere onderzoeken (Verdonschot, Brugmans, Scheepens, Coenen, & Verdonschot, 2016) (Verdonschot, Brugmans, Barten, & Scheepens, 2017) blijkt tevens dat een hoog percentage schaduw leidt tot een sterke reductie van vrijwel alle problematische plantensoorten waardoor minder onderhoud nodig is. Dit heeft een positief effect op de aquatische fauna, aangezien er minder verstoring van het habitat plaatsvindt (Verdonschot, Lange, Verdonschot, & Besse, 2007).

Naar aanleiding van deze onderzoeken wil Waterschap Aa en Maas te weten komen welke landschapselementen voor beschaduwing van zogenoemde R-waterlopen zorgen. En hoe hoog het percentage is dat deze elementen aan schaduw opleveren. De R-waterlopen zijn namelijk de waterlopen waar vanuit de Kaderrichtlijn Water op dit specifieke terrein doelen zijn gesteld (bijlage 1). Door het schaduwpercentage van alle landschapselementen te bepalen, kan het waterschap vaststellen welke hiervan voldoen aan de richtlijn en dus cruciaal zijn voor het verbeteren of behouden van de ecologische waarde van de betreffende waterloop. De locaties en de schaduwpercentages van deze landschapselementen zijn tot nu toe namelijk nog niet goed in beeld gebracht.

Kennis over schaduwpercentages van landschapselementen kan worden verkregen door middel van veldonderzoek. Dit kost echter veel tijd en geld, zeker ook omdat dit meerdere malen herhaald zal moeten worden (bomen groeien nu eenmaal). Een alternatieve optie is echter om schaduwpercentages te bepalen met behulp van een geautomatiseerde tool. Voor deze laatste optie is in het kader van dit rapport gekozen.

Voor het ontwikkelen van een dergelijke tool is het software-platform ArcGIS als basis gekozen. Door deze keuze is de tool namelijk het gemakkelijkst te integreren binnen de huidige werkwijze van waterschap Aa en Maas. De GIS-tool is voor het grootste deel gebouwd met de zogenoemde modelbuilder. Hierdoor konden meerdere 'kleinere tools' worden samengevoegd tot één 'grote tool'. In de praktijk kan de gecombineerde tool nu schaduwpercentages berekenen via het invoeren van een LAS-dataset¹, enkele kaarten met verschillende landschapselementen en oppervlaktewateren en de tijden van zonsopgang en -ondergang.

Om te beproeven of het schaduwpercentage vanuit de tool overeenkomt met de daadwerkelijke situatie in het veld zijn steekproefsgewijs metingen uitgevoerd. Hieruit kwam naar voren dat de berekende schaduw gemiddeld 21% afwijkt van de werkelijkheid, maar hier niet significant van verschilt. Deze afwijking is vervolgens binnen de tool voor zover mogelijk gecorrigeerd.

Met de inzet van Schaduw-tool kan voortaan vrij gemakkelijk worden bepaald hoe hoog de waarde van verschillende landschapselementen is voor de beschaduwing van de R-waterlopen. De resultaten uit de tool worden hierbij verdeeld in vier categorieën: <10%, 10-40%, 40-70% en >70%. Een hoger schaduwpercentage is hierbij gelijk is aan een hogere waarde. Om te kijken of een gehele R-waterloop voldoet aan de schaduwdoelen vanuit de Kaderrichtlijn Water, worden individueel berekende schaduwoppervlakten van verschillende landschapselementen samengevoegd.

Aangezien het berekende schaduwpercentage nog kan afwijken met de werkelijkheid, moeten de uitkomsten vanuit de tool niet als absolute waarheid worden gezien. De resultaten dienen enkel als richtlijn. Het blijft belangrijk om naar alle factoren, die het schaduwpercentage mogelijk beïnvloeden, te blijven te kijken.

¹ Een verzameling van diverse LAS bestanden (Puntenwolken die d.m.v. laserpulsen ingewonnen worden). Te gebruiken voor het in 3d weergeven van objecten.



1.	Inleiding	1
	1.1 Kader	1
	1.2 Probleemstelling	2
	1.3 Hoofd- en deelvragen	2
	1.4 Doelstelling	3
	1.5 Opbouw rapport	3
2.	Methode	5
	2.1 Deelvraag 1	5
	2.2 Deelvraag 2	5
	2.3 Deelvraag 3	6
	2.4 Deelvraag 4	6
3.	De Schaduw-tool	7
	3.1 Eisen Schaduw-tool	7
	3.2 Benodigde data	7
	3.3 Functie van tool	8
	3.3.1 Filter-tool	8
	3.3.2 LAS-tool	9
	3.3.3 Schaduw-tool	9
	3.4 Keuzes en afwegingen	11
	3.4.1 Selectie schaduwelementen	11
	3.4.2 Batchproces	11
	3.4.3 Overhangende boomkronen	12
	3.4.4 Groepering	12
	3.5 Handleiding	12
4.	Resultaten steekproef	13
	4.1 Verzamelde data	13
	4.2 Resultaten T-toets	14
5.	Aanbevelingen	15
	5.1 Gebruik resultaten	15
	5.2 Verbetering tool	16
	5.2.1 Bufferafstanden	16
	5.2.2 Detailniveau	17
	5.2.3 Overige verbeteringen	17
	5.3 Verbetering data	18
6.	Kritische reflectie	19
	Bibliografie	20
	Bijlagen	21



1.1 Kader

In 2014 is Waterschap Aa en Maas gestart met het Brabant-brede kennisontwikkelingsproject *Kleinschalige maatregelen voor een natuurlijk waterbeheer in Brabantse wateren*. Dit project wordt uitgevoerd door de waterschappen Aa en Maas, Brabantse Delta, De Dommel, de Provincie Noord-Brabant. Vanuit Wageningen Environmental Research wordt dit project, geleid door aquatisch ecologen Ralf en Piet Verdonschot, uitgevoerd. Binnen dit project wordt wetenschappelijk (literatuur)onderzoek gedaan naar het behalen van ecologische doelen (gericht op de Kaderrichtlijn Water) door middel van kleinschalige maatregelen.

Kleinschalige herstelmaatregelen in beeksystemen - zoals beschaduwen, het inbrengen van houtpakketten en het aanpassen van het onderhoud – kunnen leiden tot belangrijke ecologische winst (Verdonschot, Verdonschot et al., 2017). De Nederlandse waterbeheerders investeren het laatste decennium daarom steeds meer in het ecologisch herstel van beken en rivieren dan in de jaren daarvoor. Ook de Europese regelgeving (Kaderrichtlijn Water) is hiervoor een belangrijke stimulans geweest.

Uit onderzoek blijkt inmiddels dat meer stroming en schaduw leiden tot minder onderhoud (Verdonschot et al., 2016) (Verdonschot, Brugmans et al., 2017). Vanaf een gemiddelde stroomsnelheid van 20 cm/s geldt: hoe hoger de stroomsnelheid, des te minder ontwikkeling van waterplanten. Zwaar beschaduwen (>70%) van de watergang over zo lang mogelijke trajecten- te bereiken via de ontwikkeling van ‘beekbegeleidende bosstroken’ - zorgt eveneens voor een sterke reductie van vrijwel alle problematische plantensoorten. Dit is dan een gevolg van het wegnemen van licht en het daardoor dempen van de watertemperatuur.

Het artikel ‘Werken aan klimaatbestendige beken’ (Browne et al. 2016), geeft verder aan dat het van belang is dat schaduwwerpende landschapselementen zoveel mogelijk aansluiting en kroondichtheid hebben. Diverse waterplanten hebben namelijk een soort ‘buffer’ waardoor ze zich vanuit een zonniger en warmer deel alsnog naar een minder aantrekkelijk deel van de waterloop kunnen verspreiden. Daarom is het streven naar zoveel mogelijk aansluiting van de beekbegeleidende bossen en struwelen van belang. Bij het bepalen van verbeterbare locaties speelt deze factor, naast het berekende schaduwpercentage, daarom een grote rol.

Verder draagt de beschaduwning van waterlopen bij aan duurzaamheid in ecologisch opzicht en wat betreft de frequentie in onderhoud. De reductie van problematische soorten door het grbuikmaken van schaduw betekent namelijk dat beken minder vaak beheerd te hoeven te worden. Dit heeft een positief effect op de aquatische fauna. Bij het opschonen van beken worden problematische soorten op dit moment namelijk op grote schaal met machines verwijderd. Met deze machines kan echter niet exact gewerkt worden, waardoor ook gewenste flora wordt beschadigd en zelfs deels verdwijnt. De habitat van gewenste fauna wordt verstoord of zelfs verwijderd. Buiten het genoemde positieve effect op de aquatische fauna, zorgt minder onderhoud bovendien voor minder uitstoot van uitlaatgassen door bij beheer gebruikte machines.

Naast de reductie van problematische soorten zorgt een beekbegeleidend bos er in landbouwgebied voor dat voedingsstoffen, organisch materiaal (meststoffen) en toxische stoffen de beek moeilijker kan bereiken. De bosstroken hebben op deze locaties dus een bufferende werking. Ook zorgt bos ervoor dat er ‘substraatdifferentiatie’ plaatsvindt, Takken, bladeren en dood hout vallen in het water, vergaan en worden voedingsstoffen voor planten en dieren. Dit heeft direct en indirect een positief effect op macrofauna. De stroming dient dan echter wel voldoende te zijn, omdat dit organisch materiaal anders voor ophopingen zorgt en daarmee de beheersfrequentie juist weer zou vergroten (Verdonschot et al., 2016).

1.2 Probleemstelling

Het Waterschap vindt het belangrijk dat er voldoende macrofauna van koel stromend water in haar beken voorkomt. Hiervoor is schaduw een belangrijke factor, dit zorgt er namelijk voor dat de temperatuur wordt gedempt en er minder licht op de waterloop valt. Plantengroei wordt hierdoor beperkt, wat resulteert in een hogere stroomsnelheid. Uit onderzoek van Alterra blijkt dat de lagere watertemperatuur die hieruit voortkomt, een positief effect heeft op deze aquatische fauna (Verdonschot et al., 2007) .

Om te voldoen aan de opgestelde schaduwrichtlijnen (vanuit de Kaderrichtlijn Water) wil opdrachtgever waterschap Aa en Maas weten op welke plaatsen 'schaduwwerpende' landschapselementen aanwezig zijn en hoeveel schaduw deze voor de betreffende watergang opleveren. Op deze manier kan het waterschap vervolgens bepalen welke landschapselementen voldoen aan de gestelde richtlijn (of moeten worden versterkt) en dus cruciaal zijn voor het verbeteren van de ecologische waarde van de waterloop. Op dit moment hebben overigens alleen de stromende wateren (zogenoemde 'R-waterlopen') een schaduwrichtlijn (bijlage 1), waardoor de focus voornamelijk op deze waterlopen zal liggen.

Er is door het waterschap nog niet goed in beeld gebracht waar zich schaduwwerpende landschapselementen bevinden en hoeveel procent schaduw deze voor de waterloop opleveren. Zoals gesteld heeft onderzoek wel aangetoond dat een hoger schaduwpercentage positieve invloed heeft op de aquatische fauna van de beekloop.

Het verzamelen van informatie over schaduwwerpende landschapselementen schetst overigens niet alleen een beter beeld van de ecologische waarde van deze landschapselementen. Ook biedt het de mogelijkheid om een beter standpunt in te nemen op het moment dat bepaalde landschapselementen knelpunten opleveren voor beheer en onderhoud.

Vanuit het project *Wijzer onderhoud* streeft het waterschap namelijk naar obstakelvrije zones van 5 meter langs de waterlopen. Dit kan conflicteren met de schaduwdoelen uit de Kaderrichtlijn Water. Als de landschapselementen vanuit de schaduwdoelen ecologisch zeer waardevol blijken te zijn, is het dus belangrijk om ze te behouden. In het verlengde hiervan wil het Waterschap daarom graag weten op welke plaatsen de ecologische waarde door kleinschalige ingrepen gericht op schaduwwerking, verbeterd kan worden. Veldinventarisaties vergen echter veel tijd en geld. Daarom zoekt het waterschap hierbij duidelijk naar andere methoden die sneller en duurzamer kunnen worden uitgevoerd.

1.3 Hoofd- en deelvragen

De opdracht vanuit het Waterschap Aa en Maas is teruggebracht tot de volgende hoofdvraag en deelvragen.

Hoofdvraag:

Op welke locaties langs de beken (R-waterlopen) bevinden zich schaduwwerpende landschapselementen en hoe waardevol zijn deze landschapselementen voor de ecologische waarde van de waterloop?

Deelvragen:

1. Welke toepassingen met betrekking tot schaduw zijn er binnen GIS al beschikbaar?
2. Op welke manier kan een geautomatiseerde GIS-tool worden gecreëerd om deze schaduwwerpende landschapselementen in kaart te brengen en welke data zijn hiervoor nodig?
3. Komen de schaduwpercentages die de tool voor de steekproefgebieden aangeeft overeen met de werkelijkheid? En hoe kunnen afwijkingen in de weergave vanuit de tool worden gecorrigeerd?
4. Hoe kan bepaald worden welke locaties - door kleinschalige ingrepen met betrekking tot schaduwwerking - waardevoller kunnen worden?

1.4 Doelstelling

Het doel van dit project is om een GIS-tool te ontwikkelen waarmee de schaduwwerking van de aan de waterloop grenzende landschapselementen kan worden berekend. Hierbij is de schaduw op de waterloop gekoppeld aan de ecologische waarde. De tool biedt ondersteuning voor het bepalen van waardevolle locaties van schaduwwerpende landschapselementen. Ook zal een beeld gecreëerd worden van de locaties waar het schaduwpercentage eventueel verhoogd dient te worden.

Hierbij levert de te ontwikkelen GIS-tool tevens een bijdrage aan de duurzaamheid. Voor het maken van de AHN (Algemene Hoogtekaart Nederland) worden namelijk eens in de vier jaar LAS-data 'ingevlogen' met een vliegtuig. Met behulp van deze data kan de tool vervolgens, zonder veldonderzoek, een inschatting maken van de schaduwpercentages die diverse landschapselementen op een waterloop werpen. Dit betekent dus minder fysieke inzet van werknemers in het veld. Hierdoor kan dus sterk op tijd bespaard worden. Verder hoeven minder vervoersmiddelen te worden ingezet, waardoor ook weer minder uitstoot van uitlaatgassen plaatsvindt.

De volgende deelproducten zijn hiervoor in de rapportage opgenomen:

- Onderbouwing van de tool.
- Validatie van de door de tool geleverde resultaten, door middel van steekproefsgewijze metingen in het veld.
- Advies voor mogelijke verbetering van de tool en gebruikte data.
- Advies voor het uitlezen van de resultaten van de tool en het hieruit trekken van conclusies.

1.5 Opbouw rapport

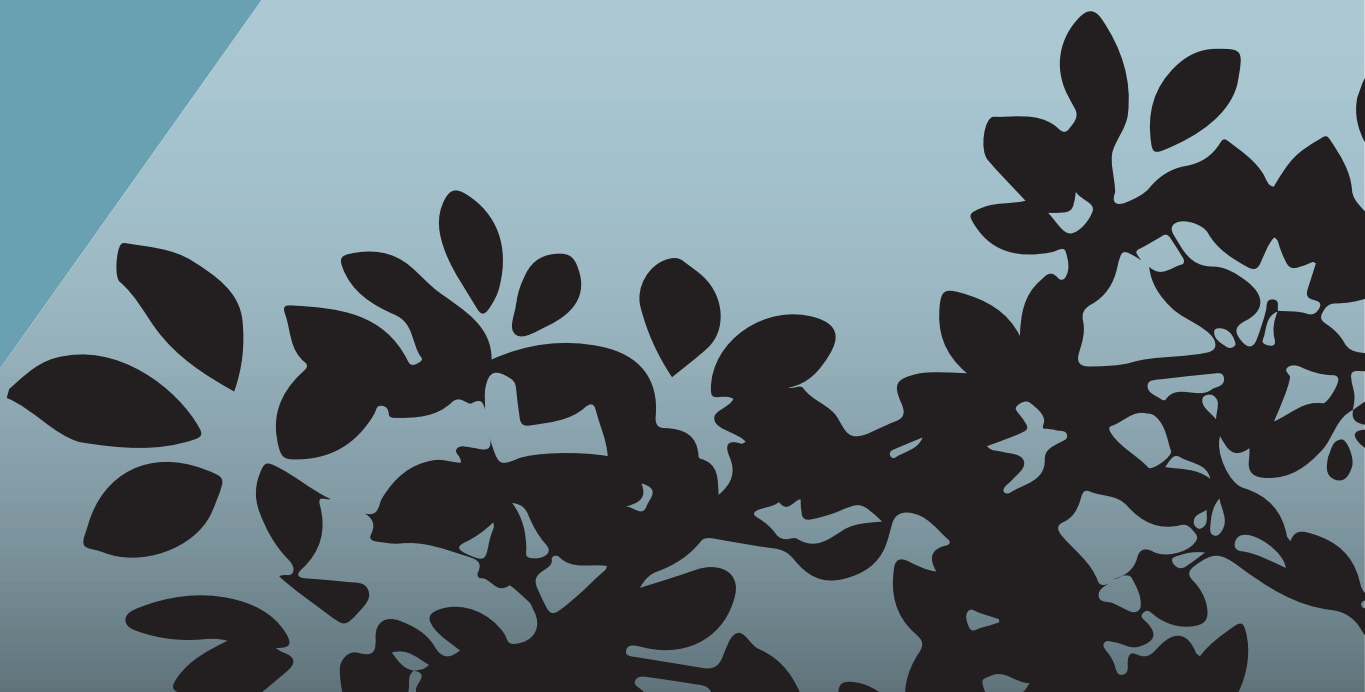
Het eerstvolgende hoofdstuk van dit rapport gaat in op de methode die is toegepast om de hoofd- en deelvragen te beantwoorden. Daarbij wordt aangegeven waarom er voor deze methode is gekozen.

Hoofdstuk 3 bevat de onderbouwing van de gemaakte GIS-tool. Hierbij wordt ingegaan op de eisen die het waterschap voor de tool heeft, welke data hiervoor nodig is, de functie en werkwijze en welke keuzes en afwegingen zijn gemaakt in het ontwikkelingsproces.

Het daaropvolgende hoofdstuk 4 geeft inzicht in het uitgevoerde controle-onderzoek en geeft aan of de resultaten hiervan overeenkomen met de werkelijkheid of significant verschillen.

In hoofdstuk 5 wordt vervolgens een advies opgesteld voor het aflezen van de resultaten van de tool. Hoe kunnen er correcte conclusies uit worden getrokken? Verder wordt ook ingegaan op mogelijke verbeterpunten van de tool en beschikbare data.

Ten slotte bevat het laatste hoofdstuk - hoofdstuk 6 - een kritische reflectie. Mogelijk zwakke punten in het onderzoek zullen hier worden uitgelicht.



Het in kaart brengen en waarderen van schaduwwerpende landschapselementen kan door middel van veldinventarisaties plaatsvinden. Deze kosten echter veel tijd en geld, zeker ook vanwege de herhalingsfrequentie. Als alternatief is daarom - in overleg met het Waterschap Aa en Maas - besloten om een geautomatiseerde GIS-tool te creëren. De precieze mogelijkheden en voordelen van deze tool worden binnen dit project nader onderzocht. In dit hoofdstuk zal per deelvraag worden beschreven welke methodiek hiervoor precies is toegepast en waarom. Uiteindelijk leiden de antwoorden die de verschillende deelvragen opleveren, tot het antwoord op de hoofdvraag.

2.1 Deelvraag 1: Welke toepassingen met betrekking tot schaduw zijn er beschikbaar?

Om erachter te komen welke geografische informatiesystemen het meest geschikt waren voor het maken van een geautomatiseerde tool - om de hoeveelheid schaduw op R-waterlopen te berekenen - is gekeken naar verschillende typen software. Denk hierbij aan programma's als AutoCAD, Q-GIS, ArcGIS Pro en ArcGIS.

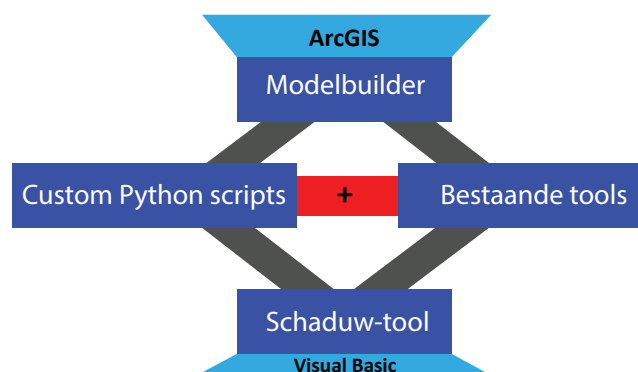
Na exploratief onderzoek is er uiteindelijk voor gekozen om gebruik te maken van ArcGIS. Dit programma wordt binnen waterschap Aa en Maas het meest gebruikt. Dit maakt dat de uiteindelijke tool uiteindelijk gemakkelijker geïntegreerd kan worden in de huidige werkwijze van het waterschap. Daarnaast is er binnen ArcGIS al een tool aanwezig die schaduw kan projecteren (Sun Shadow Volume). Door de aanwezigheid van deze tool kan de nodige ontwikkelingstijd gespaard worden, omdat deze bestaande tool als basis kan dienen.

Bepaalde andere programma's waren bovendien niet geschikt voor het verwerken van de binnen het waterschap beschikbare data. AutoCAD was bijvoorbeeld niet in staat om ongefixeerde LAS-puntenwolken¹ te gebruiken.

De keuze tussen ArcGIS Pro en de standaardversie van het programma is gemaakt vanuit een oogpunt van compatibiliteit. De Pro-variant komt grotendeels overeen met de standaard variant van het programma, maar omgekeerd bestaat die uitwisselbaarheid niet. Daarom is uiteindelijk besloten om voor ArcGIS Pro te kiezen.

2.2 Deelvraag 2: Op welke manier kan een geautomatiseerde GIS-tool worden gecreëerd en welke gegevens zijn hiervoor nodig?

Er zijn meerdere methodes om een tool te ontwikkelen binnen ArcGIS. Veruit de gemakkelijkste en snelste methode is om gebruik te maken van de zogenoemde Modelbuilder. Deze applicatie maakt het mogelijk om bestaande tools met elkaar te verbinden en op die manier van verschillende kleinere tools één grote tool samen te stellen. Daarnaast is het mogelijk om helemaal zelf een nieuwe tool te ontwikkelen en coderen. Hierbij kunnen door middel van de programmeertaal Python, in combinatie met de 'ArcPy package', diverse functies worden uitgevoerd. ArcPy is hierbij de koppeling tussen de Python-programmeertaal en ArcGIS. Vervolgens kunnen door middel van Visual Basic de opmaak en gebruiksvriendelijkheid van de gemaakte tool geoptimaliseerd worden.



Afbeelding 1: Schematische weergave methode om de Schaduw-tool te ontwikkelen

¹ Puntenwolken die d.m.v. laserpulsen bepaald kunnen worden. Te gebruiken voor het in 3d weergeven van objecten

Bij voorkeur is gebruik gemaakt van de Modelbuilder. Wanneer de bestaande tools van ArcGIS echter niet het gewenste resultaat opleverden of niet goed functioneerden, zijn door middel van Python specifieke tools geprogrammeerd. Aangezien dit de benodigde tijd vereist, is binnen dit onderzoek besloten om het vervolmaken in Visual Basic achterwege te laten. Hierdoor kon er optimaal op de prestaties van de tool gefocust worden.

De kwaliteit van de resultaten uit de applicatie zijn afhankelijk van de gebruikte tools en de gewenste resultaten. Daarom is het van belang om te bepalen welke data er bij het Waterschap precies beschikbaar zijn. Aangezien de tool ervoor moet zorgen dat er minder geïnventariseerd hoeft te worden, is daarom eerst hiernaar gekeken. De tool is vervolgens zoveel mogelijk op deze data afgestemd. Dit beperkt immers het inwinnen van extra gegevens.

2.3 Deelvraag 3: Komt het schaduwpercentage dat de tool voor de steekproefgebieden aangeeft overeen met de werkelijkheid? En hoe kunnen afwijkingen in de weergave vanuit de tool worden gecorrigeerd?

Om de betrouwbaarheid van de tool te testen en deze te verbeteren, is steekproefsgewijs onderzocht in hoeverre het berekende schaduwpercentage overeenkomt met de werkelijke situatie in het veld. Op diverse locaties binnen het beheergebied van waterschap Aa en Maas is daarom de hoogte van de bomen, struiken en houtwallen gemeten (bijlage 2). Ook is tijdens de metingen in het veld gekeken naar het percentage schaduw dat op de waterloop valt. De schaduw is hiervoor globaal opgemeten met een meetlint ten opzichte van de oppervlakte van het waterlooptraject. Aangezien er hier en daar nog licht door een boomkroon valt, is het schaduwoppervlak door middel van een inschatting nog iets in waarde verlaagd.

Om ervoor te zorgen dat de resultaten van de tool goed kunnen worden vergeleken met de bevindingen in het veld, is telkens de exacte datum en tijd waarop het de gebied is ingemeten in de tool ingevoerd. Vervolgens zijn de resultaten van de tool statistisch vergeleken met de waardes uit het veld, door middel van een T-toets. Met de T-toets wordt getest of er een significante² afwijking bestaat tussen de resultaten van de tool en de resultaten van de in het veld gemeten percentages aan schaduw.

2.4 Deelvraag 4: Hoe kan bepaald worden welke locaties - door kleinschalige ingrepen met betrekking tot schaduw - waardevoller kunnen worden?

De resultaten van de Schaduw-tool worden weergegeven in een percentage schaduw dat een landschapselement op een R-waterloop werpt. Deze percentages worden onderverdeeld in vier categorieën zoals die in het rapport *De relatie tussen beschaduwing en de groei van waterplanten in twee beken in Noord-Brabant* (Verdonschot, Burgmans et al. 2017) worden bepaald. Het gaat hier dan om de onderverdeling van schaduwpercentages in categorieën van: <10%, 10-40%, 40-70% en >70%. De categorieën zijn verdeeld in oplopende percentages waarbij een groter getal oftewel een hogere hoeveelheid schaduw gelijk staat aan een positievere invloed op de ecologische waarde van de waterloop. Waardoor deze locatie hiervoor waardevoller zal zijn dan een locatie met een kleiner schaduwpercentage.

Bovendien moet worden bepaald of schaduwpercentages en kroonsluiting van al deze landschapselementen voldoen aan de Kader Richtlijn Water (bijlage 1). Vanuit het waterschap zijn er verder, buiten de percentages voor schaduw, ook richtlijnen opgesteld rond de kroonsluiting van landschapselementen en de schaduwwerking die hiervan uitgaat. Wanneer deze kroonsluitingen zo groot mogelijk is, ontstaan er namelijk grotere oppervlakten van aaneengesloten schaduw. Hierdoor zullen planten zich minder gemakkelijk verspreiden omdat ze daarvoor een groter schaduwrijk oppervlak moeten overbruggen.

2 De term 'significant' geeft in de statistiek aan dat er een echt verband bestaat tussen de resultaatreeksen en dat overeenkomsten of verschillen niet door toeval worden veroorzaakt.

Binnen het geografisch informatiesysteem ArcGIS bestaan verschillende mogelijkheden om de gewenste Schaduw-tool te maken. In dit geval is met name gebruik gemaakt van de zogenoemde modelbuilder, waar van verschillende kleinere tools een 'grote tool' gemaakt kan worden. Het is daarin weer mogelijk om met verschillende toolcombinaties tot het gewenste eindresultaat te komen. Het gebruik van verschillende tools heeft echter steeds voor- en nadelen.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de eisen die waterschap aan de tool stelt, welke data nodig zijn, de functie van de tool en subtools en de keuzes die zijn gemaakt om tot een goed werkende tool te komen.

3.1 Eisen Schaduw-tool

Waterschap Aa en Maas wil dat er met de tool duidelijk in beeld wordt gebracht hoe belangrijk de verschillende landschapselementen zijn voor de ecologische waarde van de R-waterlopen (bijlage 1). De tool moet zich daarom specifiek op deze R-waterlopen richten.

Verder moet het schaduwpercentage worden weergegeven op basis van vier opgestelde schaduwklassen (Hoofdstuk 2.4). De tijd die de tool nodig heeft voor het berekenen van de schaduwpercentages is hierbij geen beperkende factor. Zeker omdat het waterschap momenteel nog helemaal niet over een goede methode beschikt om de schaduw op afstand in te schatten.

3.2 Benodigde data

Om met een tool schaduw op een aangrenzende R-waterloop te kunnen bepalen, moeten verschillende gegevens bekend zijn:

Tabel 1: beschikbare data

Benodigde data	Beschikbaar
Grensgebied waarbinnen schaduw wordt bepaald	✓
Ligging van de R-waterlopen	✗
Vorm van de R-waterlopen	✓
Locaties van landschapselementen met mogelijke schaduw op waterloop	✗
Fysieke vorm van de landschapselementen	✗
De tijden van specifieke dagen waarop de zon op en ondergaat	✓

Uit de beschikbare data van het waterschap (tabel 1) komen niet al deze gegevens duidelijk naar voren. Zo wordt uit de kaartbestanden wel de ligging van de R-waterlopen duidelijk, maar niet de fysieke vorm hiervan zoals de exacte breedte van de waterloop. Ook is niet duidelijk in beeld gebracht welke landschapselementen mogelijk schaduw werpen op de waterloop. De fysieke vorm van landschapselementen is verder moeilijk vast te leggen op een kaart, aangezien het hier gaat om een complex 3d beeld. Waardoor deze data ook niet direct beschikbaar is.

Om deze gegevens aan te vullen of te verzamelen - zonder het veld in te hoeven gaan - zijn daarom nog twee andere tools ontwikkeld: de Filter-tool en LAS-tool. Voor het bepalen van de tijden waarop de zon op- en ondergaat is vervolgens gebruik gemaakt van een tabel van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI 2017). Binnen de tool worden trouwens het eerste uur na zonsopkomst en het laatste uur voor zonsondergang niet meegenomen in de berekeningen, omdat de schaduw die hier berekend wordt niet realistisch is.

3.3 Functie van tools

Om de ontbrekende data te verzamelen, zijn dus de Filter-tool en LAS-tool ontwikkeld. De resultaten van deze tools zijn nodig om vervolgens door middel van de Schaduw-tool het schaduwpercentage van de verschillende landschapselementen op de R-waterlopen te kunnen berekenen. Er volgt hierna een beknopte beschrijving van de functie van de beide tools en welke stappen deze doorloopt om tot het gewenste resultaat te komen. Verder in dit hoofdstuk wordt hier nog iets dieper op ingegaan en worden de verschillende keuzes en afwegingen bij het ontwikkelingsproces besproken.

3.3.1 Filter-tool

De Filter-tool is bedoeld om de ontbrekende ligging en vorm van de R-waterlopen in kaart te brengen (hoofdstuk 3.2). Verder wordt door deze tool een selectie gemaakt van de landschapselementen die de mogelijkheid hebben om schaduw op de waterloop te werpen (hoofdstuk 3.2).

Om de Filter-tool te kunnen uitvoeren, zijn drie beschikbare kaartlagen van het waterschap gebruikt.

- Terreinbegroeid (bevat alle locatie van vegetatie).
- Waterdeel (bevat alle oppervlaktewateren als vlak).
- KRW (bevat alle waterloop typen als lijn).



Afbeelding 2: Weergave kaart voor en na runnen Filter-tool

Om met deze gegevens tot de twee gewenste eindproducten (ligging/vorm van waterloop en schaduwwerpende landschapselementen) te komen, wordt een aantal handelingen door de tool uitgevoerd.

1. Binnen waterdeel worden alle waterlopen geselecteerd.
2. Binnen KRW worden alle R-typen geselecteerd.
3. Er wordt gekeken waar de geselecteerde waterlopen met de geselecteerde R-typen overlappen. De overlappende delen worden samengevoegd tot één zogenoemde 'shapefile³' met daarin één polygoon dat de vorm en ligging van alle R-waterlopen weergeeft.
4. Binnen de kaartlaag Terreinbegroeid worden nu alle landschapselementen geselecteerd waarvan de schaduw de waterloop zou kunnen bereiken.
5. Vervolgens wordt gekeken welke geselecteerde delen binnen 100 meter van de R-waterlopen liggen. Er is voor 100 meter gekozen omdat een boom van 40 meter in theorie een schaduw van 100 meter zou kunnen werpen. Hierdoor worden vrijwel alle landschapselementen die schaduw op de beek kunnen werpen gefilterd. Deze uitgefilterde polygoonen worden vervolgens opgeslagen als de shapefile 'Schaduwelementen'.

³ Een veelgebruikt bestandstype voor het weergeven van geografische informatie waarop de ligging van objecten d.m.v. lijnen, punten of veelhoeken wordt weergegeven.

3.3.2 LAS-tool

Om de fysieke vorm van de intussen uitgefilterde landschapselementen te kunnen inschatten (hoofdstuk 3.2), wordt gebruik gemaakt van een LAS-puntenwolk. Met deze puntenwolk wordt driedimensionaal weergegeven waar objecten zich in de ruimte bevinden. Deze puntenwolken worden om de vijf jaar voor heel Nederland gemaakt, waarna ze vrij beschikbaar zijn op de website van PDOK (Publieke Dienstverlening op de Kaart).

Normaal gesproken worden deze puntenwolken gebruikt om de hoogte en het reliëf van het maaiveld te bepalen. Alle huizen en landschapselementen zoals bomen worden hier voor deze bepaling in principe uitgefilterd. Door deze juist te behouden kan echter de hoogte en vorm van landschapselementen worden bepaald.

Voor het gebruik van de bij PDOK downloadbare puntenwolken binnen ArcGIS is vervolgens nog een tussenstap noodzakelijk. Deze puntenwolken zijn namelijk in LAZ, een gecomprimeerde vorm van LAS die (nog) niet in ArcGIS gebruikt kan worden.

Door het runnen van de LAS-tool worden de LAZ-bestanden omgezet naar een binnen ArcGIS bruikbare LAS-dataset. Hiervoor zijn dan de volgende gegevens nodig:

- Alle LAZ-bestanden van de beheergrens of gekozen gemeente.

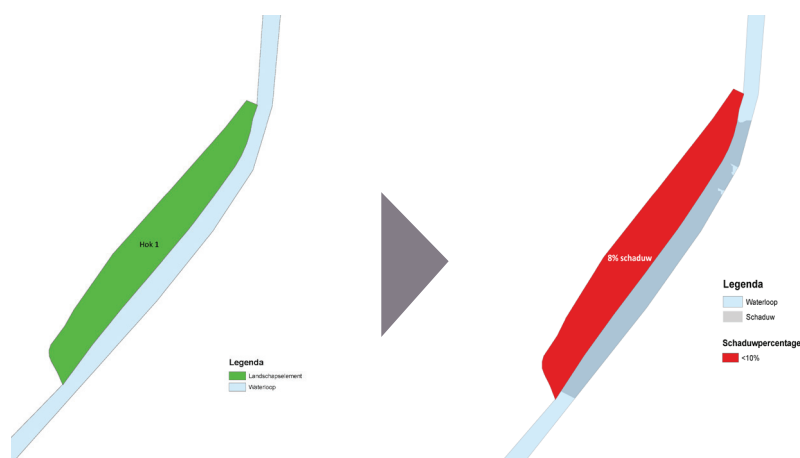
Vervolgens moeten deze gegevens een aantal handeling ondergaan om tot het gewenste eindproduct te komen:

1. De ingevoegde LAZ-bestanden worden omgezet naar LAS-bestanden.
2. Van al deze LAS-bestanden wordt vervolgens een LAS-dataset gemaakt.

3.3.3 Schaduw-tool

Na het uitvoeren van de Filter-tool en LAS-tool is de volgende data voor de Schaduw-tool aanwezig:

- Schaduwelementen (Landschapselementen die mogelijk schaduw veroorzaken).
- R-waterlopen (als vlak)
- LAS-dataset (van het gehele beheergebied of gemeente)



Afbeelding 3: Weergave kaart voor en na runnen Schaduw-tool

Door deze gegevens samen met de tabel met de zonsopkomst- en zonsondergangtijden in de Schaduw-tool te laden (hoofdstuk 3.2) kan vervolgens het percentage schaduw dat de verschillende landschapselementen op de waterloop werpen, worden bepaald. De Schaduw-tool voert hiervoor een aantal verschillende handelingen uit. Gebruik voor een visuele weergave van deze handelingen bijlage 4.

1. De eerste polygoon⁴ wordt geselecteerd binnen de schaduwelementen.
2. Vervolgens wordt deze polygoon uitgebreid door hier een buffer van 4 meter omheen te leggen.
3. Met de uitgebreide polygoon als grens wordt vervolgens de LAS-dataset uitgeknipt. Met deze uitgeknipte LAS-dataset kan nu de vorm en hoogte van de landschapselementen worden bepaald. Door de buffer van 4 meter worden hierbij ook over het water hangende boomkronen meegenomen.
4. Van de uitgeknipte LAS-dataset wordt vervolgens een raster van alleen het maaiveld en een raster van alle landschapselementen inclusief het maaiveld gemaakt.
5. Het raster van het maaiveld wordt nu van het raster met alle objecten afgetrokken. Hierdoor blijven dus alleen de waarden van de landschapselementen aanwezig.
6. Dit raster wordt vervolgens onderverdeeld in vier verschillende hoogtecategorieën: 1-5, 5-15, 15-25 en 25-40 meter. In theorie zou een oeverbegroeiing van <1 meter ook schaduw op kunnen leveren. Echter is dit zo'n laag percentage dat dit vaak verwaarloosbaar is.
Op gebruik van hoogtecategorieën zorgt ervoor dat het raster⁵ kan worden opgedeeld in kleinere groepjes met ongeveer dezelfde hoogte. Van deze groepjes wordt vervolgens de gemiddelde hoogte berekend. Deze handelingen zijn nodig om de data - die vervolgens binnen de 'Sun Shadow Volume'-tool van ArcGIS gebruikt gaan worden - kleiner en eenvoudiger van vorm te maken. Dit omdat deze tool nog niet goed in staat is om met grote complexe vormen te werken.
7. Deze kleinere groepjes worden nu omgezet naar het TIN-bestandstype en vervolgens naar een Multipatch⁶. De 'Sun Shadow Volume'-tool kan namelijk niet met een raster werken, waardoor deze omgezet moet worden naar de genoemde Multipatch. Het omzetten naar een TIN-bestandstype⁷ is hierbij een verplichte tussenstap omdat het rechtstreeks omzetten van een raster naar een Multipatch niet mogelijk is.
8. Van elke groep wordt nu de schaduw van uit de in de tabel zontijden aangegeven tijdstrajecten berekend (bijlage 3). De positie van de zon ten opzichte van de aarde is per dag en tijdstip namelijk net iets anders. Door de schaduw van verschillende dagen en tijdstippen te berekenen, komt het gemiddelde schaduwpercentage zo goed mogelijk overeen met de werkelijkheid.
9. Om nu te bepalen of deze schaduwen op de waterloop vallen, wordt de gemiddelde hoogte van het maaiveld berekend. Water wordt namelijk niet geregistreerd in een LAS-dataset. Hierdoor is de hoogte ervan dus niet bekend. Om toch een zo goed mogelijke inschatting te maken, wordt hiervoor de gemiddelde maaiveldhoogte gebruikt. Hierna wordt een selectie van de R-waterloop/lopen binnen een straal van 100 meter omgezet naar de Multipatch-formaat. De straal van 100 meter is hier gebaseerd op de maximale schaduwlengte (hoofdstuk 3.3.1).
10. Hieropvolgend kan de overlap van alle verschillende schaduwen met de waterloop/lopen worden berekend. Door per tijdstip het oppervlakte aan beschaduwde waterloop te berekenen en deze te vergelijken met de totale beschaduwing wordt het gemiddelde schaduwpercentage van de eerste polygoon van de shapefile met schaduwelementen berekend. Deze waarde wordt vervolgens toegevoegd aan de tabel van de shapefile.

4 Een veelhoek die de ligging van een object weergeeft

5 Een bestandstype waarbij objecten d.m.v. grids, pixels die ieder een aparte waarde hebben, worden weergegeven. Vaak gebruikt voor het weergeven van hoogtes.

6 Een bestandstype waarbij objecten in 3D worden weergegeven.

Het 3D-beeld is hierbij opgebouwd uit driehoeken die worden gekoppeld aan de gemeten punten.

7 Een bestandstype waarbij de objecten in 3D worden weergegeven.

Hierbij hebben alle grenzen van de dit object een aparte rij binnen de tabel met daarin waarden zoals oppervlakte, hoek en lengte.

11. De volledige oppervlak aan schaduw op de waterloop en de schaduw opgesplitst in tijden worden vervolgens opgeslagen als twee aparte shapefiles: 'schaduw_hoknummer' en 'schaduw tijden_hoknummer'.
12. Hierna wordt het hele proces, voor het volgende polygoon binnen schaduwelementen, herhaald.
13. Als de tool klaar is met het aangegeven aantal polygoon, wordt een legenda met de vier verschillende schaduwklassen toegevoegd (hoofdstuk 2.4). Hierdoor is vervolgens duidelijk te zien hoeveel invloed de schaduw van het betreffende landschapselement- gemiddeld gedurende de zonnige periode van de dag - heeft op de waterloop.

3.4 Keuzes en afwegingen

Binnen het ontwikkelingsproces van de verschillende tools zijn uiteraard verschillende keuzes en afwegingen gemaakt. Deze paragraaf gaat in op deze keuzemomenten en welke factoren uiteindelijk de keuze hebben bepaald.

3.4.1 Selectie schaduwelementen

Om te bepalen waar zich landschapselementen bevinden die mogelijk schaduw op de R-waterlopen werpen, wordt momenteel door middel van 'Select by location' gekeken welke polygoon op een straal van 100 meter van R-waterlopen af liggen (hoofdstuk 3.3.1). Deze keus is gebaseerd op een maximale boomhoogte van 40 meter. Deze hoogte is gebaseerd op de hoogste loofboom van Nederland (Monumentale bomen, 2017). Aangezien uit de 'Sun Shadow Tool' blijkt dat de schaduw ongeveer 2,5 keer zo lang kan worden als de boomhoogte. Zou deze boom een maximale schaduw van 100 meter kunnen werpen.

De bomen zullen in werkelijkheid vaak vele malen kleiner zijn dan 40 meter. Om toch rekening te houden met mogelijke uitschieters is echter voor een straal van 100 meter gekozen. Met naaldbomen, die 50 meter hoog kunnen worden, wordt hierbij dus geen rekening gehouden. Het is namelijk zeer onwaarschijnlijk dat deze zich naast de R-waterlopen bevinden. Bovendien zou het betrekken van deze hogere bomen de tijdsduur van de tool drastisch verlengen zonder dat dit veel meerwaarde heeft.

3.4.2 Batchproces

Momenteel kan een tool binnen de modelbuilder van Arcgis nog niet 'in batch' worden uitgevoerd. Dit houdt in dat een in modelbuilder gemaakte tool niet automatisch meerdere malen met verschillende invoer kan worden uitgevoerd (Esri, 2015). In plaats hiervan gebruikt de tool per rotatie telkens de eerst ingevoerde waarde. Dezelfde handeling wordt dan meerdere malen voor dezelfde invoer uitgevoerd.

Omdat de uitvoering in batch niet mogelijk is, zou de LAZ-tool (hoofdstuk 3.3.2) en de Schaduw-tool (hoofdstuk 3.3.3) per bestand opnieuw moeten worden uitgevoerd. Hierdoor zou het tijdsvoordeel van de inzet van de tool ten opzichte van het handmatig uitvoeren van de verschillende stappen verloren gaan.

Om dit probleem te omzeilen, is besloten om een Python-script te schrijven, waardoor dit de uitvoering in batch wel mogelijk is. Dit script is opgedeeld in twee verschillende delen: 'Count' en 'Split'. Het Count-script verzamelt de bestandslocaties van alle ingevoegde bestanden en kijkt om hoeveel bestanden het gaat. Door deze locaties te verzamelen en op te slaan als één 'string' (tekstvariabele) kan vervolgens met het Split script het batchproces worden nagebootst.

De hoeveelheid ingevoegde bestanden bepaalt hierbij het aantal herhalingen van de tool. De als string opgeslagen bestandslocaties worden vervolgens door het Split-script weer opgesplitst en in een lijst gezet. Uit deze lijst kunnen de verschillende waarden vervolgens weer worden geselecteerd. Welke waarde wordt geselecteerd is afhankelijk van de hoeveelheid herhalingen die de tool heeft doorgemaakt. Bij de eerste run wordt de eerste waarde geselecteerd. Daarna verhoogt de selectiewaarde naar twee en wordt de volgende waarde geselecteerd.

3.4.3 Overhangende boomkronen

Binnen de Schaduw-tool (hoofdstuk 3.3.3) wordt momenteel rekening gehouden met boomkronen die deels buiten het getekende polygoon vallen of over de waterloop hangen. Deze kronen worden hier meegenomen door het geselecteerde polygoon met een buffer van vier meter uit te breiden. De bufferafstand van vier meter is hierbij gebaseerd op de maximale kroonoverlap die tijdens het uitvoeren van de steekproefsgewijze metingen zijn waargenomen. Verder is steekproefsgewijs gekeken naar verschillende LAS-datasets. Hieruit bleek ongeveer hetzelfde. De buffer is hier niet groter gemaakt omdat dit niet vaak voorkomt en dit veel extra uitvoertijd voor de tool toevoegt.

3.4.4 Groepering

Omdat de 'Sun Shadow Volume'-tool van ArcGIS - gebruikt voor het genereren van de schaduw (hoofdstuk 3.3.3) - gebruik maakt van Multipatches zou het logisch zijn om de LAS-dataset zo direct mogelijk om te zetten naar dit gevraagde bestandstype. De snelste methode zou hier dus zijn van LAS-dataset via TIN-bestandstype naar Multipatch. Het allereerst omzetten van de LAS-dataset naar een raster om deze vervolgens weer om te zetten naar een TIN lijkt een onnodige tussenstap.

Als een LAS-dataset echter meteen wordt omgezet naar TIN-bestanden, zal de hieruit volgende Multipatch echter zeer complex worden. Dit zorgt vervolgens voor problemen bij het genereren van de schaduw. De 'Sun Shadow Volume'-tool kan deze grote hoeveelheid details namelijk niet verwerken, waardoor ArcGIS vastloopt. Door de LAS-dataset eerst om te zetten naar rasters wordt dit probleem verholpen. Dit heeft een aantal verschillende redenen. Allereerst heeft een TIN-bestand gemaakt van een raster minder detail dan een TIN gemaakt van een LAS-dataset. Aangezien het 'te' hoge detailniveau in dit geval problemen veroorzaakt, is de tussenstap een voordeel.

Bovendien kan een raster, anders een TIN of Multipatch, opgesplitst worden in kleinere groepjes (hoofdstuk 3.3.3). Dit gebeurt door de hoogtewaarden van de 'grids' onder te verdelen in verschillende klassen.

Hierdoor kunnen de grids vervolgens worden onderverdeeld in aan elkaar grenzende groepen met dezelfde waarde. Dit zorgt ervoor dat de groepjes struiken en bomen met ongeveer dezelfde hoogte zichtbaar kunnen worden gemaakt. Van deze groepen kan nu de gemiddelde boomhoogte berekend worden. Dit kan bij de resultaatberekening door de Schaduw-tool voor een afwijking zorgen. Hoe groot deze afwijking precies is, zal uit nader onderzoek moeten blijken.

De groepen worden vervolgens afzonderlijk, als 'blok' met deze gemiddelde hoogte, omgezet naar TIN's en vervolgens naar Multipatches. Deze werkwijze zorgt ervoor dat het detailniveau dusdanig verlaagd wordt dat de 'Sun Shadow Volume'-tool alleen nog bij te grote gebieden mogelijk nog moeite heeft.

3.5 Handleiding

Om te kunnen werken met de verschillende tools moeten eerst nog voorbereidingen getroffen worden. Deze voorbereidingen dienen in principe maar eenmalig per gebruiker te worden uitgevoerd. Het is wel aan te raden om voor het runnen van de verschillende tools te controleren of al deze voorbereidingen zijn gedaan. Deze voorbereidingen worden stap voor stap weergegeven in bijlage 5. Tevens is een korte gebruikshandleiding voor alle tools in de bijlage te vinden (bijlage 6-7).

4. RESULTATEN STEEKPROEF

Met de gemaakte Schaduw-tool kan het percentage schaduw dat een landschapselement op een waterloop werpt, relatief snel worden bepaald. De vraag is echter of deze percentages ook overeenkomen met de daadwerkelijke situatie in het veld. Om dit te bepalen, zijn binnen het beheergebied van het waterschap steekproefsgewijs metingen uitgevoerd (hoofdstuk 2.3)(bijlage 2).

De schaduwpercentages uit de tool en het veldonderzoek worden in dit hoofdstuk met elkaar vergeleken om de significantie en gemiddelde afwijking te bepalen.

4.1 Verzamelde data

De resultaten van de in het veld uitgevoerde metingen wijken in eerste instantie af van de resultaten uit de Schaduw-tool (tabel 2). In de tabel is duidelijk te zien dat er een verschil bestaat tussen de resultaten van de tool en de resultaten van het veldwerk (gemiddeld 21%). Dit zijn echter onvolkomenheden die in de toekomst door middel van aanvullingen op de de tool – bijvoorbeeld gebaseerd op de resultaten van de steekproeven – gecorrigeerd kan worden.

Het gaat dan onder andere om het beter weergeven van contouren in landschapselementen. Zo visualiseert de tool een boom nu als een driedimensionaal blok. Door dit blok te laten ‘zweven’ kan een virtuele boomkroon worden nagebootst. Hierdoor zou de afzonderlijke schaduwwerking van bijvoorbeeld de stam – die vanuit het gehanteerde blok de omvang heeft van de kroon - realistischer worden geïnterpreteerd.

Tabel 2: Resultaten steekproef (Tool en veldmetingen)

Testlocaties	Testdag en -tijd	Boomhoogte	Percentage tool	Percentage veld	Afwijking
Locatie 1	15-5-2018 11:21	15-16 meter	95%	85%	10%
Locatie 2	15-5-2018 11:45	15-16 meter	30%	40%	10%
Locatie 3	15-5-2018 11:55	15-16 meter	20%	50%	30%
Locatie 4	15-5-2018 12:21	19-20 meter	79%	30%	49%
Locatie 5	15-5-2018 12:40	19-20 meter	69%	40%	29%
Locatie 6	15-5-2018 12:54	20 meter	100%	50%	50%
Locatie 7	15-5-2018 13:12	20 meter	71%	65%	14%
Locatie 8	15-5-2018 8:07	8 meter	32%	35%	3%
Locatie 9	15-5-2018 8:36	13 meter	36%	30%	6%
Locatie 10	15-5-2018 8:51	11 meter	64%	30%	34%
Locatie 11	15-5-2018 8:58	23 meter	84%	85%	1%
Locatie 12	15-5-2018 9:23	16 meter	68%	60%	8%
Locatie 13	15-5-2018 9:31	20 meter	46%	10%	36%

Gemiddelde afwijking: 21%

De oorzaak van de afwijking komt vanuit het feit dat de tool verschillende landschapselementen namelijk altijd als een “blok” ziet. Hier wordt dan een uniforme gemiddelde hoogte toegewezen (hoofdstuk 3.4.4). Iets dat in de werkelijkheid niet het geval is. Vaak stopt de boomkroon namelijk al halverwege de hoogte van de boom. Hierdoor blijkt de hieronder geprojecteerde schaduw in werkelijkheid niet aanwezig te zijn.

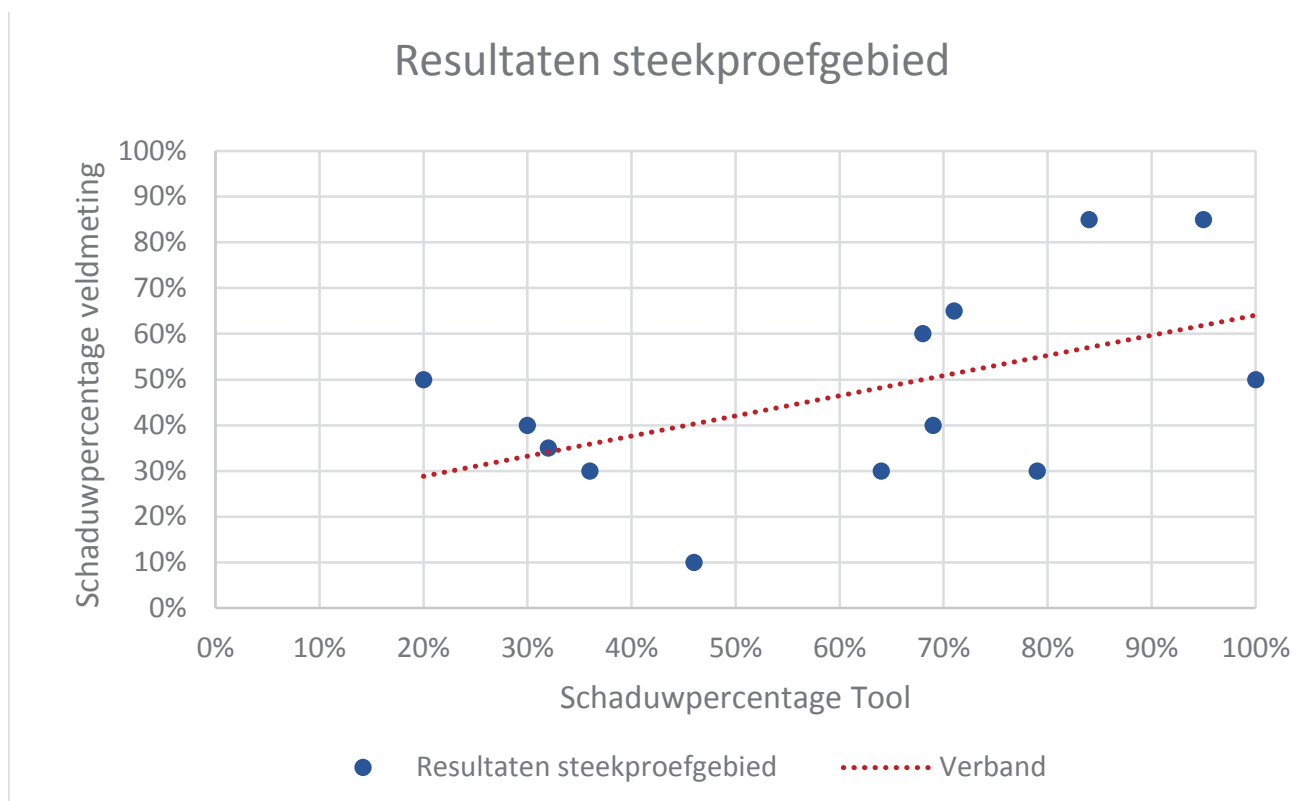
De afwijking is echter niet altijd aan de tool toe te wijzen. Ook de gebruikte LAS-bestanden bleken voor afwijkingen te zorgen. In figuur 1 zijn als resultaat hiervan enkele uitschieters te zien (locatie 4 en 6). Op deze locatie was een deel van het bos weggekapd waardoor de in de LAS aangegeven situatie dus niet meer overeenkwam met de werkelijke situatie. Aangezien de tool afhankelijk is van de gebruikte data zullen verouderde gegevens een verouderd beeld opleveren. Door na een beheermaatregel de nieuwe situatie goed vast te leggen of geregeld de LAS-bestanden te vernieuwen, kan dit probleem worden voorkomen.

4.2 Resultaten T-toets

Om te onderzoeken of de afwijking van 21% vanuit statistisch oogpunt ook een zogenoemde 'significante afwijking' is, is een T-toets (figuur 1) uitgevoerd op twee steekproeven met gelijke varianties. Hieruit komt een p-waarde van 0,208. Het maakt de uitkomsten vanuit de tool bruikbaar, waarbij wel rekening gehouden dient te worden met de afwijking van 21%.

Concreet betekent dit dat de resultaten van de tool momenteel betrouwbaar zijn met een afwijking van 21%. In toekomstige onderzoeken of aanpassingen zou dit afwijkingspercentage door het toevoegen van aanvullende handelingen binnen de Schaduw-tool nog verder gereduceerd kunnen worden (hoofdstuk 4.1).

Figuur 1: Spreidingsdiagram T-toets



Tijdens het uitvoeren van dit onderzoek zijn verschillende problemen binnen de tool en de aangeleverde data aan de orde gekomen. Veel van deze problemen zijn binnen de ontwikkelingsperiode van de tool opgelost. Bij het maken van een tool zijn er echter altijd wel onderdelen die nog om verbetering vragen. Zo heeft de tool op dit moment nog een vrij grote afwijkingsmarge. Hierdoor zijn de resultaten uit de tool niet absoluut. Er moeten altijd nog andere factoren worden meegenomen voor er daadwerkelijk conclusies kunnen worden getrokken over de resultaten.

In dit hoofdstuk zal aandacht worden besteed aan deze bijkomende factoren. Hierdoor kan de gebruiker toch een goed onderbouwde conclusie uit de resultaten van de tool trekken.

Het resterende deel van dit hoofdstuk is voornamelijk gericht op eventuele verbeterpunten voor de tool en de data (kaartlagen en puntenwolken) die binnen de tool worden gebruikt. Hierbij wordt een advies gegeven over hoe deze punten het best kunnen worden aangepakt.

5.1 Gebruik resultaten

Al snel bleek tijdens het onderzoek dat het runnen van de tool veel tijd in beslag ging nemen. Hierbij duurde het al vrij snel een uur om de schaduw per deelgebied te bepalen. Binnen de beheergrens van Waterschap Aa en Maas gaat het over een paar duizend aan R-waterloop grenzende deelgebieden. Om iets over de beschaduwing van één R-waterloop te kunnen zeggen, zal de tool daarom enkele dagen tot maanden moeten runnen.

Na het toepassen van de Schaduw-tool kunnen uit de resultaten (weergegeven als schaduwpercentages op een kaart) vrij gemakkelijk conclusies worden getrokken. Er is dan echter wel een aantal aspecten waar rekening mee gehouden dient te worden. Daarom is een kort advies opgesteld voor het bepalen van 'waardevolle' en 'minder waardevolle' landschapselementen. Dit gaat samen met een advies over de resultaten voor een volledige R-waterloop afgezet kunnen worden tegen de beoogde doelen vanuit het waterschap. Uiteindelijk kan aan de hand van de resultaten worden bepaald welke locaties voor verbetering geschikt zijn.

Om te bepalen welke landschapselementen waardevol zijn, hoeft simpelweg gekeken te worden naar het schadepercentage dat de tool oplevert. Dit percentage valt binnen een van de vier schaduw categorieën: <10%, 10-40%, 40-70% en >70% (hoofdstuk 3.3.3) en wordt ook zo weergegeven. Hierbij zegt een hoger percentage dat de schaduwwerking waardevoller voor de ecologische waarde van de waterloop, vooral als er voldoende stroming is (hoofdstuk 2.4). Verder zijn ook elementen die op elkaar aansluiten waardevoller aangezien deze een groter aaneengesloten schaduwtraject creëren. Hierdoor kunnen waterplanten zich minder gemakkelijk vanuit zonnige plekken naar deze beschaduwde trajecten verspreiden (hoofdstuk 2.4). Europees onderzoek laat zien dat voor optimale effectiviteit gestreefd moet worden naar een lengte van 0,8 tot 1,3 kilometer (Verdonschot et al., 2016)

Om te kijken of de gehele R-waterloop voldoet aan de voor de Kaderrichtlijn Water (bijlage 1) opgestelde schaduw-doelen moeten de schaduwoppervlakten van de verschillende landschapselementen (hoofdstuk 3.3.3) worden samengevoegd. Door dit samengevoegde schaduwoppervlakte te vergelijken met de oppervlakte van de R-waterloop kan vervolgens worden bepaald hoeveel procent hiervan, gedurende de zonnige periode van de dag, beschaduw wordt.

Als het schaduwpercentage van het totale samengevoegde schaduwoppervlakte dan niet blijkt te voldoen aan de doelen uit de Kaderrichtlijn Water, is het slim om weer terug te gaan naar de afzonderlijke landschapselementen. Daarvan worden de landschapselementen met de hoogste schaduwpercentages gekozen. Vervolgens is het zaak om een zoveel mogelijk aaneengesloten en gegroepeerd deel met het juiste schaduwpercentage te creëren. Dit kan bereikt worden door in de naaste omgeving gelegen locaties met een minder hoog schaduwpercentage te verbeteren. Hiervoor moet de focus dus liggen op het verbeteren van het schaduwpercentage op locaties waar geen of weinig schaduw wordt geworpen op de waterloop, maar die wel grenzen aan locaties met een hoog schaduwpercentage. Zo ontstaat een zo groot mogelijk

aangesloten gebied, waarvan het schaduwpercentage op niveau kan worden gebracht. Bij het verbeteren van het schaduwpercentage geldt dat er zich bij voorkeur aan beide zijden van de waterloop schaduwelementen bevinden. Is dit niet het geval, dan moet de voorkeur liggen bij schaduwwerping aan de zuidkant, omdat hierdoor de waterloop voor het grootste deel van de dag beschaduwd wordt en de temperatuurdemping van het oppervlaktewater dus het grootste is.

Het is belangrijk om te weten dat de tool geen exacte uitkomst geeft en met 21% kan afwijken met de werkelijkheid (hoofdstuk 4.3). Daarom geldt het advies: vaar niet blind op de resultaten van de tool maar kijk ook naar het totale beeld.

5.2 Verbetering tool

Bij het ontwikkelen van de tool zijn afwegingen gemaakt tussen de beschikbare tijd voor het onderzoek, de uitvoerduur van de tool en het detailniveau waarmee de tool het schaduwpercentage bepaalt (hoofdstuk 3.4). Een aantal van deze punten kan eventueel in de toekomst nog geoptimaliseerd worden als hier meer tijd voor beschikbaar is.

5.2.1 Bufferafstanden

Momenteel is er gekozen voor grotere bufferafstanden binnen de Filter-tool (hoofdstuk 3.3.1) en Schaduw-tool (hoofdstuk 3.3.3) om te voorkomen dat stukken bos of schaduw niet worden opgenomen in de resultaten. Het betreft hier twee specifieke stappen binnen de tool:

- De buffer rondom de waterlopen binnen de Filter-tool (hoofdstuk 3.3.1). Deze filtert landschapselementen die mogelijk schaduw werpen op de waterloop uit het totaal aan data.
- De buffer in de Schaduw-tool (hoofdstuk 3.3.3) die ervoor zorgt dat de over het water hangende kronen worden meegenomen bij de schaduwbepalings.

Voor de buffer rondom de waterlopen is momenteel gekozen voor een diameter van 100 meter vanuit de oevers van de waterloop. Bij het bepalen van deze afstand is uitgegaan van bomen met een maximale hoogte van 40 meter die een schaduw van ongeveer 100 meter kunnen werpen (hoofdstuk 3.4.1). Het is echter mogelijk dat zich binnen de beheergrens van het waterschap geen bomen van dit formaat bevinden.

In deze gevallen is het dus mogelijk om de uitvoertijd van de tool in te perken. Dit is mogelijk door de hoogte van de hoogste boom uit de LAS-dataset van het gehele beheergebied te bepalen en deze waarde te vermenigvuldigen met 2,5 (hoofdstuk 3.4.1). Deze waarde kan vervolgens als nieuwe bufferafstand worden ingesteld. Op deze manier wordt de selectie van onnodige polygonen voorkomen, waardoor de tool sneller klaar is.

Wat betreft de buffer voor de kroonoverlap is gekozen voor een diameter van 4 meter (hoofdstuk 3.3.3). Deze waarde is momenteel een inschatting vanuit waarneming van de maximale kroonoverlap in het veld en op basis van de LAS-dataset (hoofdstuk 3.4.3). De kroonoverlap is echter op elke locatie verschillend waardoor deze mogelijk meer of minder dan 4 meter is. Om per locatie alle overlappende boomkronen mee te nemen bij het genereren van de schaduw zou deze afstand gebaseerd kunnen worden op breedte van de aangrenzende waterloop. Hierbij moet dan wel een afweging worden gemaakt tussen uitvoertijd van de tool en de kwaliteit van de resultaten. Binnen dit project is door tijdsdruk gekozen voor de gemakkelijker in te voeren kroonoverlap van 4 meter. Het is echter mogelijk om met aanpassingen van het detailniveau de eindresultaten te verbeteren.

5.2.2 Detailniveau

Naast de bufferafstand zijn er nog andere stappen die mogelijk de kwaliteit en mate van detail van de eindresultaten kunnen verhogen. Deze gaan echter vaak samen met een afname van de snelheid van de tool.

- Hoeveelheid hoogteklassen
- De gebruikte datatypen

Momenteel wordt een landschapselement binnen de tool gegroepeerd in vier verschillende hoogteklassen. Dit is nodig aangezien de Multipatch van het hele landschapselement anders te complex is voor ArcGIS waardoor het programma vastloopt (hoofdstuk 3.4.4). Door het raster onder te verdelen in meer dan de gebruikte vier hoogteklassen kan het landschapselement in nog meer verschillende stukjes opgesplitst worden. Hierdoor wordt de hoogte en vorm van de landschapselementen in groter detail weergegeven, waardoor ook de schaduw realistischer zal worden berekend. De tool zal hiermee echter beduidend langer bezig zijn dan momenteel het geval is. Het daadwerkelijke tijdsbestek zal uit verder gebruik moeten blijken. Een realistische inschatting is op dit moment nog niet goed mogelijk.

Hiernaast is het eventueel mogelijk om, in plaats van met een raster, met 3D-modellen te werken. Hier is tijdens dit onderzoek helaas niet genoeg mee gewerkt om dit goed te kunnen testen. Er is wel gekeken naar het inwinnen van deze 3D-modellen, maar het is nog niet duidelijk of ArcGIS dit detailniveau en bestandstype wél aankan. Zeker omdat dit met een Multipatch die direct is gegenereerd vanuit een LAS-dataset, niet mogelijk is. Om de tool op deze manier te laten functioneren, moeten trouwens ook nog 3D-data ingewonnen. Iets wat erg tijdrovend is.

5.2.3 Overige verbeteringen

Ten slotte zijn er verbeterpunten die buiten de twee bovenstaande categorieën vallen. Deze verbeteringen zijn gericht op tijdsbesparing bij het uitvoeren van de tool en eventuele bugs.

De Schaduw-tool (hoofdstuk 3.3.3) maakt momenteel veel gebruik van Multipatch bestanden. Dit komt omdat de 'Sun Shadow Volume'-tool, die gebruikt wordt voor het genereren van de schaduw, deze bestandstypen nodig heeft. Het nadeel van deze bestanden is dat berekeningen, zoals het bepalen van het oppervlakte waterloop dat de overlapt met de schaduw, erg lang duurt. Deze berekeningen zijn daarom ook voor het grootste deel verantwoordelijk voor de lange uitvoertijd van de Schaduw-tool.

Door het gebruik van Multipatches te omzeilen - met bijvoorbeeld het samenstellen van een Python-script dat schaduwwerking bepaalt door middel van de hoogtewaarden vanuit de LAS-dataset - kan deze tijd mogelijk sterk worden beperkt. Het schrijven van dit script vraagt echter veel tijd en expertise en deze waren tijdens dit project helaas niet voldoende beschikbaar.

Verder wordt op dit moment binnen de Schaduw-tool gebruik gemaakt van terreinpolygonen van waterschap Aa en Maas. Het waterschap maakt hiervoor een inventarisatie waarmee – vaak via veldonderzoek - landschapselementen kunnen worden benoemd. Dit proces zou eventueel geautomatiseerd kunnen plaatsvinden. Fysiek veldonderzoek is dan niet meer of minder vereist. Een mogelijkheid voor deze geautomatiseerde inventarisatie van landschapselementen is door de LAS-puntenwolk te combineren met een 'image classification' van satellietbeelden. Het ontwikkelen van een dergelijk geautomatiseerd proces kost echter wederom veel tijd. Op dit moment zal een dergelijk proces ook generieke resultaten opleveren.

Het laatste verbeterpunt voor de Schaduw-tool betreft het wegwerken van eventuele bugs. Door gebrek aan gegevens kon er binnen het onderzoeksproces niet meer grondig gecontroleerd worden op de deze probleempunten. Een bug die mogelijk voorkomt is dat de tool bij een polygoon die met zijn schaduw de waterloop niet bereikt, vastloopt.

Dit komt door het technische feit dat de tool '3D intersect' geen zogenoemde 'empty output' kan genereren. Een eventuele oplossing hiervoor is om ervoor te zorgen dat de schaduw altijd overlapt bij de 3d-intersect. Ook op de punten dat de schaduw niet op de waterloop valt. Deze overlap wordt dan verder niet gebruikt voor het bepalen van de resultaten en er zal een schaduwpercentage van nul voor het polygoon worden ingevuld. Doordat er nu wel overlap is, zal de tool echter niet vastlopen.

5.3 Verbetering data

Aangezien de ontwikkelde Schaduw-tool momenteel alleen werkt met de beschikbare kaarten en puntenwolken en tabellen, is de tool hier ook afhankelijk van. Omdat de kaarten van waterschap Aa en Maas niet altijd de correcte locatie weergeven in vergelijking met de LAS-data kan dit voor incorrecte uitkomsten of zelfs foutmeldingen zorgen. Dit kan voorkomen worden door uitsluitend gebruik te maken van kaartlagen (Terreinbegroeid en Waterdeel) die vrijwel volledig overeenkomen met de LAS-data.

Op dit moment zijn de kaartlagen Terreinbegroeid en Waterdeel nog niet volledig correct wat betreft de ligging. Ook bevatten deze kaarten vaak overlappende polygonen waardoor veel dubbele gegevens worden gebruikt. Ook zijn veel van de gegevens verouderd waardoor inmiddels verdwenen of verschenen landschapselementen niet correct worden meegenomen in de Schaduw-tool. Voor verbetering van de tool wordt om deze reden aangeraden om de noodzakelijke data te verbeteren. Iets waarmee waterschap Aa en Maas al aan het werk is. Deze verbeteringen zullen de uiteindelijke resultaten van de tool verbeteren.

Naast deze verbeteringen is het wellicht handig om in de toekomst tijdens inventarisaties in het veld extra data te verzamelen. Zo kan er eventueel onderscheid worden gemaakt tussen bos met struweel en bos zonder struweel. Dit kan echter mogelijk ook met behulp van een geautomatiseerde methode ingeschat worden (Hoofdstuk 5.2).

Tot slot is het zinvol om kritisch terugkijken naar de opzet en uitvoering van het onderzoek. Hierbij wordt teruggekeken en ingegaan op het onderzoek- en ontwikkelingsproces van de tool en de daarvoor uitgevoerde metingen in het veld.

Voor het maken van de Schaduw-tool was veel tijd ingepland. De tijd die hiervoor nodig was bleek echter nog meer te zijn dan in eerste instantie gedacht werd. Ondanks het ruime inplannen van de tijd, werd het toch erg krap in de eindfase van het onderzoek.

Een van de redenen hiervan was dat het ontwikkelingsproces van de tool vorderde, de tool steeds langer nodig had om uitgevoerd te worden. De tijd die nodig was om de tool na een aanpassing goed te kunnen testen werd daardoor steeds langer. Aan het begin van het onderzoek is deze tijd niet helemaal goed ingeschat.

Tevens is er niet voldoende rekening gehouden met het feit dat sommige data wellicht niet beschikbaar was en nog aangevraagd moest worden. Het gaat hier met name om de LAZ-bestanden binnen de beheergrens van Waterschap Aa en Maas. Deze bestanden bleken nog niet voor iedereen beschikbaar te zijn voor Noord-Brabant. Waardoor bij het te laat opvragen van deze gegevens veel voor het valideren en controleren van de tool verloren is gegaan. Hierdoor zijn mogelijk nog niet alle bugs van de tool weggewerkt.

Aangezien er meer tijd voor het ontwikkelen van de tool nodig was, was er minder tijd beschikbaar voor de controlerende metingen in het veld. Hierdoor zijn minder verschillende polygonen geïnventariseerd. Dit zorgt ervoor dat de resultaten van de uitgevoerde T-toets minder betrouwbaar zijn. Buiten de ingeplande tijd was het weer hierbij ook een sterk bepalende factor. Of er in het veld gemeten kon worden is ook sterk afhankelijk van de aanwezigheid van een felle zon. Aangezien de schaduw hier door duidelijker ingeschat kan worden.

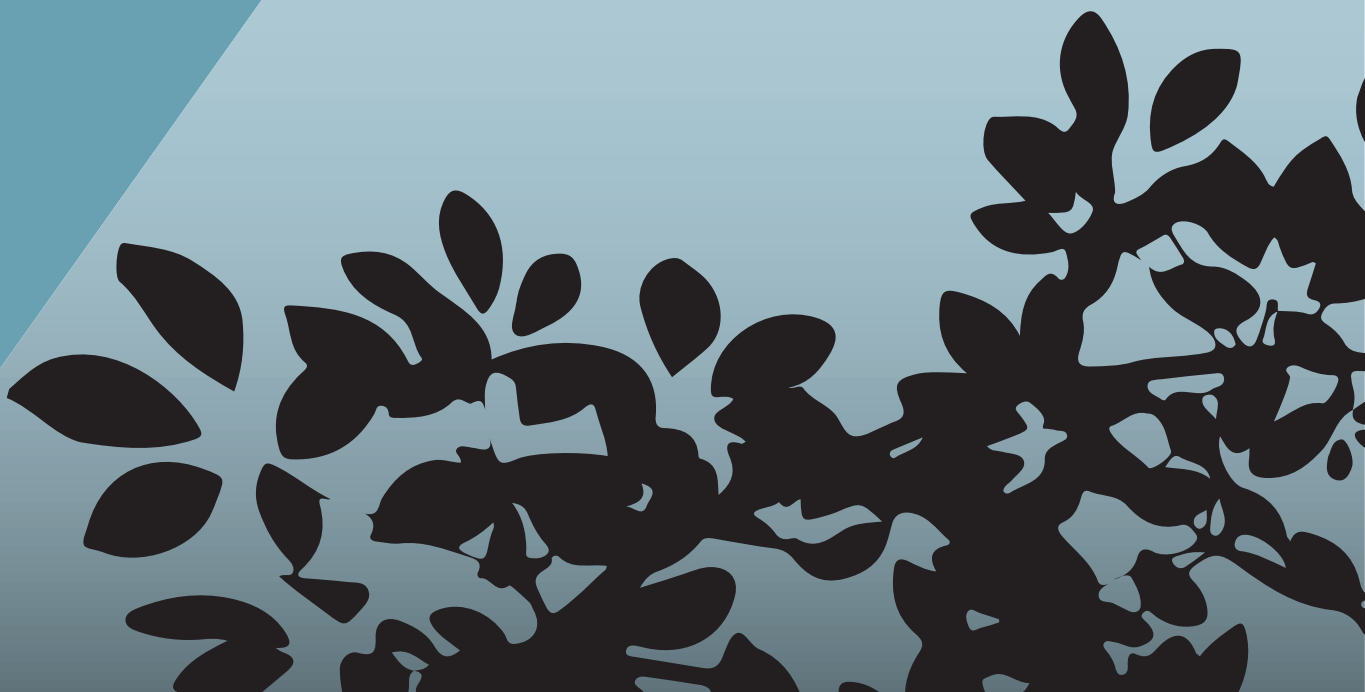
Door donkere dagen zijn schaduwen mogelijk niet helemaal correct gemeten en ingeschat. Ook kon door het weer geregeld geen veldwerk worden uitgevoerd door het ontbreken van de zon. Door dit voeger in de onderzoeksperiode in te plannen zou hier flexibeler mee omgegaan kunnen worden. Waardoor meer resultaten ingewonnen kunnen worden.

Ook vielen bepaalde onderdelen die wel gepland waren, weg vanwege het tijdgebrek, zoals bijvoorbeeld het drone-onderzoek. Aan het begin van dit onderzoek is iets te optimistisch gedacht over wat er allemaal bereikbaar was binnen de onderzoeksperiode. Een vervolgonderzoek met een drone zou echter als aanvulling van de tool kunnen dienen. Door het maken van luchtfoto's kan de schaduw in het veld namelijk zorgvuldiger ingeschat worden. Waardoor hier minder menselijke onnauwkeurigheid in zal zitten.

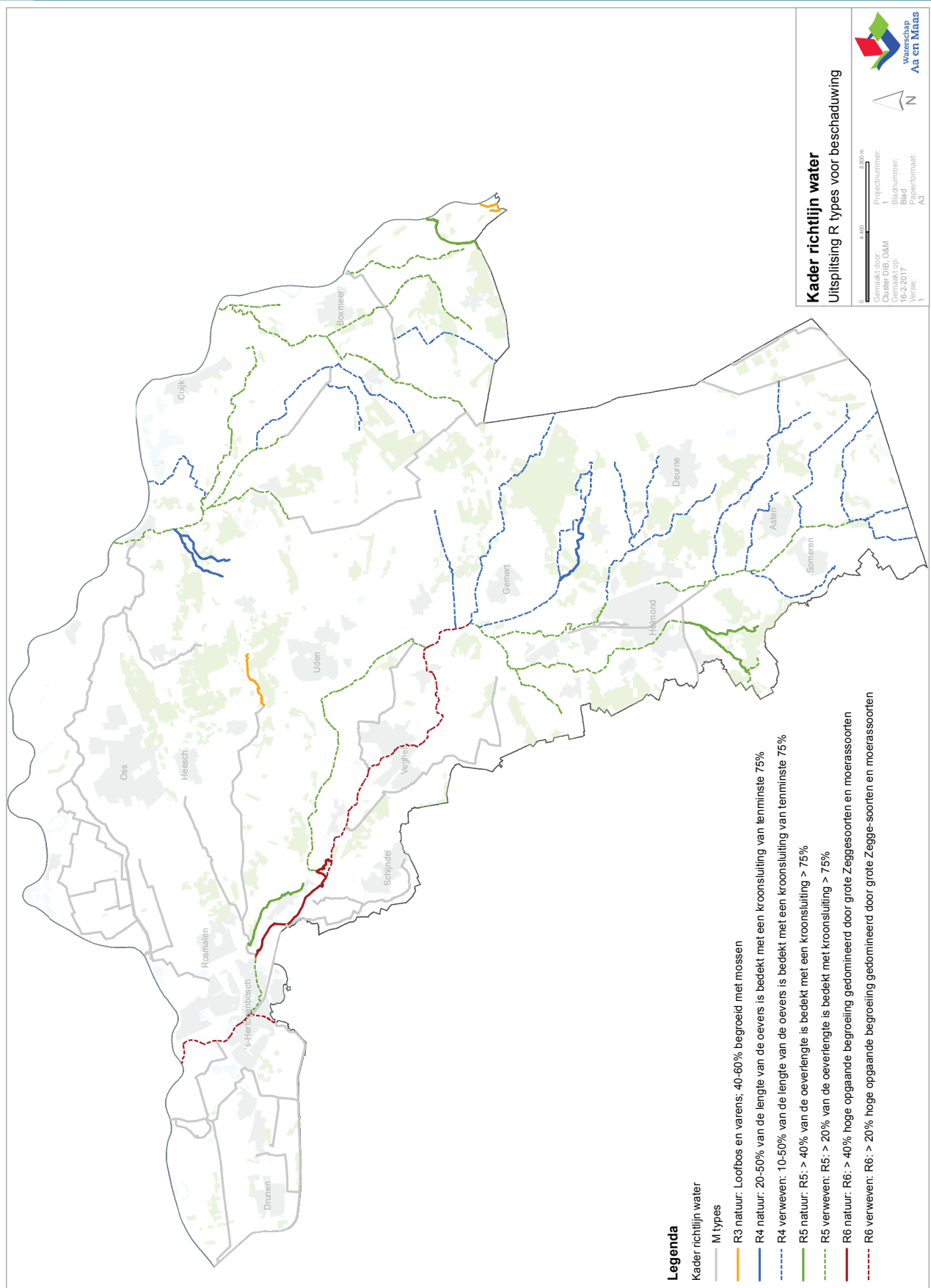
Ten slot is de gemaakte schaduw-tool wellicht minder duurzaam dan in eerste instantie werd ingeschat. De tool is momenteel namelijk lang bezig met het berekenen. Hierdoor moet de computer lang aan moeten blijven wat weer veel stroom kost. Verder zit er ook nog een afwijking van 21% procent in, waardoor de resultaten eventueel nog gevalideerd moeten worden doormiddel van een veldmeting. Dit neemt niet weg dat dit een aanzienlijke verbetering is met de voorgaande situatie. Waarbij dit ook nog eens indirect bij kan dragen aan minder onderhoud en de hier bij komende uitstoot van uitlaatgassen.

- Browne, G., Kwaadstenie, P. d., Schmid, G., & Kempen, J. v. (2016). Werken aan klimaatbestendige beken - Wat is het effect van beekbegeleidende beplanting op beektemperatuur? H2O-Online, 1-7. Geraadpleegd op 5 Februari 2018, van <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/506-werken-aan-klimaatbestendige-beken-wat-is-het-effect-van-beekbegeleidende-bepanting-op-beektemperatuur>
- Esri. (2015, 14 Juli). Bug BUG-000089073. Geraadpleegd op 20 April 2018, van <https://support.esri.com/en/bugs/nimbus/QIVHLTAwMDA4OTA3Mw==>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (2017, 18 Augustus). Tijden van zonopkomst en -ondergang 2018. Geraadpleegd op 26 Maart 2018, van https://cdn.knmi.nl/system/downloads/files/000/000/040/original/tijden_van_zonopkomst_en_-ondergang_2018.pdf?1505730552
- Monumentale bomen. (2017). De Dikste, hoogste en oudste bomen van Nederland. Geraadpleegd op 20 Augustus 2018, van <https://www.monumentaltrees.com/nl/records/nld/>
- Verdonschot, P., Verdonschot, R., Bauwens, J., & Brugmans, B. (2017). Kennisoverzicht kleinschalige maatregelen in brabantse beken. Amersfoort: Stichting toegepast onderzoek waterbeheer.
- Verdonschot, R., Brugmans, B., Barten, I., & Scheepens, M. (2017). De relatie tussen beschaduwing en de groei van waterplanten in twee beken in Noord-Brabant. H2O-Online, 1-12. Opgeroepen op 5 Februari 2018, van <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/1310-de-relatie-tussen-beschaduwing-en-de-groei-van-waterplanten-in-twee-beken-in-noord-brabant>
- Verdonschot, R., Brugmans, B., Scheepens, M., Coenen, D., & Verdonschot, P. (2016). Invloed van beekbegeleidende bomen op de ecologische kwaliteit van Noord-Brabantse beken. H2O-Online, 1-10. Geraadpleegd op 5 Februari 2018, van <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/537-invloed-van-beekbegeleidende-bomen-op-de-ecologische-kwaliteit-van-noord-brabantse-beken>
- Verdonschot, R., Lange, H. d., Verdonschot, P., & Besse, A. (2007). Klimaatverandering en aquatische biodiversiteit. Wageningen: Alterra.

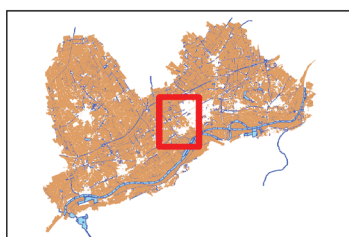
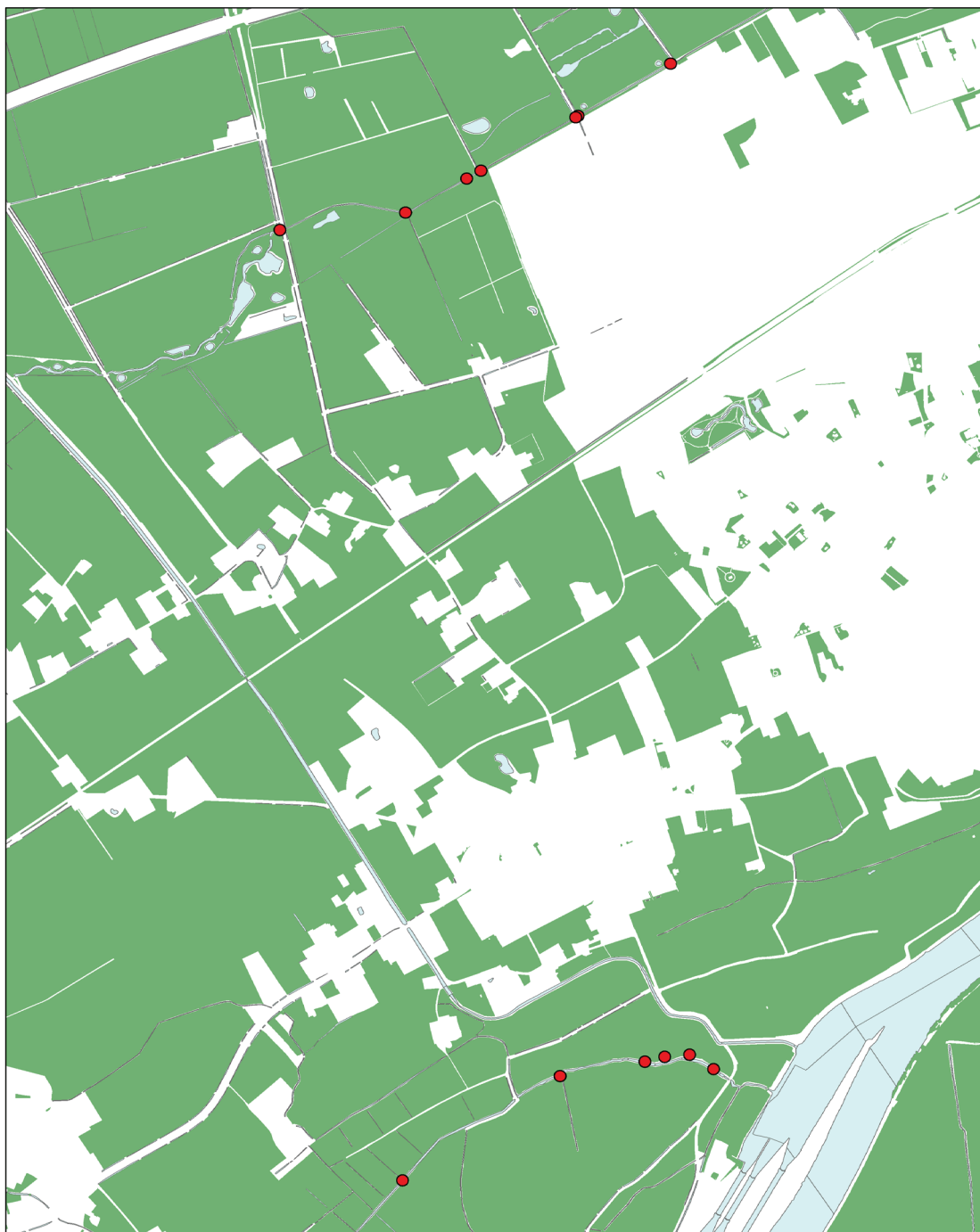
- Bijlage 1: Richtlijn beschaduwing (Binnen beheergrens Waterschap Aa en Maas)
- Bijlage 2: Locaties veldmetingen
- Bijlage 3: Zontijden die in de schaduw-tool zijn gebruikt
- Bijlage 4: Werkwijze van tool in afbeeldingen
- Bijlage 5: Gebruikshandeling (Voorbereiding)
- Bijlage 6: Gebruikshandeling (LAS-tool en Filter-tool)
- Bijlage 7: Gebruikshandeling (Uitvoeren Schaduw-tool)



BIJLAGE 1: RICHTLIJN BESCHADUWING (BINNEN BEHEERGRENS WATERSCHAP AA EN MAAS)



BIJLAGE 2: LOCATIES VELDMETINGEN



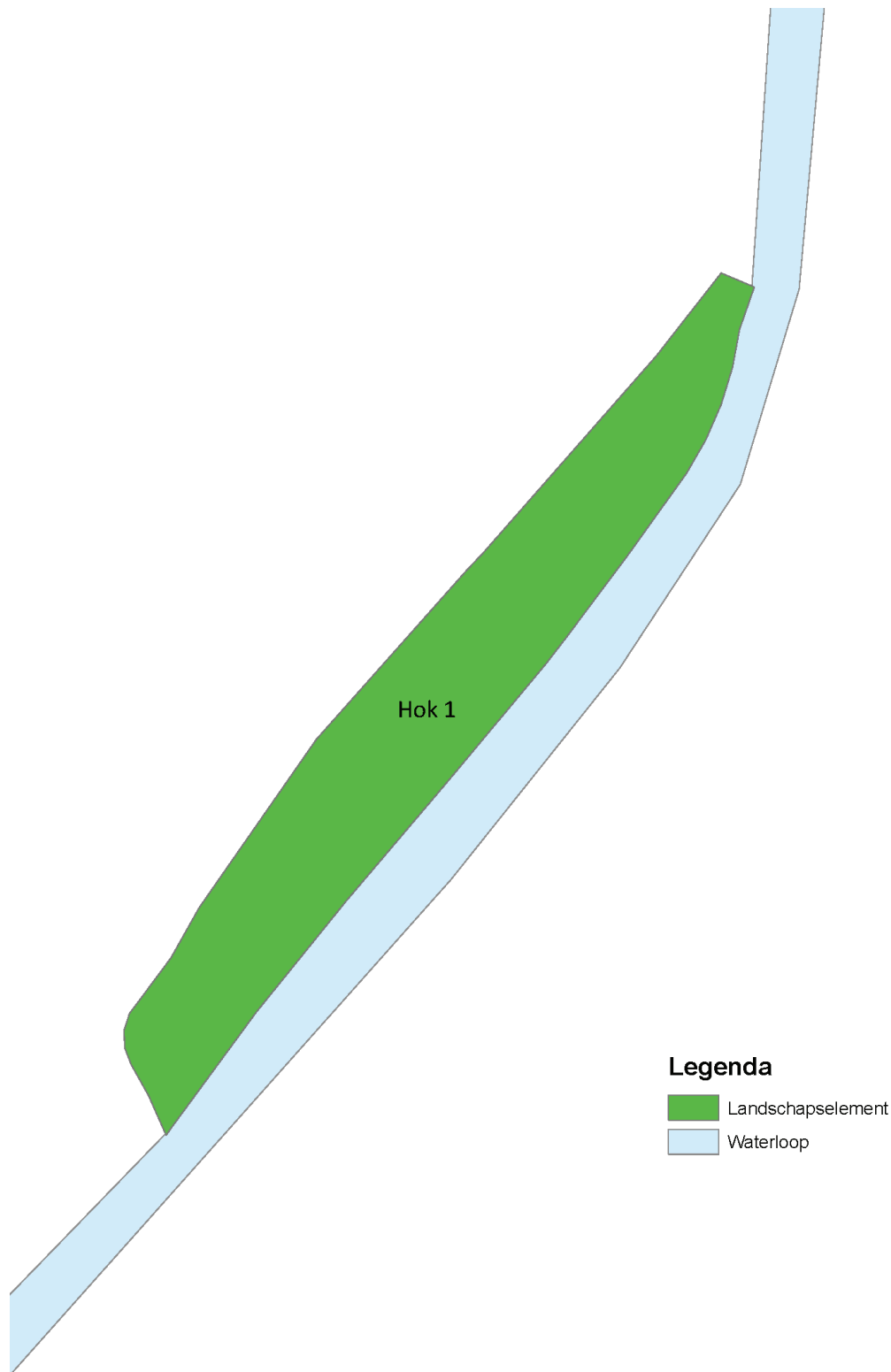
Legenda
● Meelocates

BIJLAGE 3: IN SCHADUW-TOOL GEBRUIKTE ZONTIJDEN

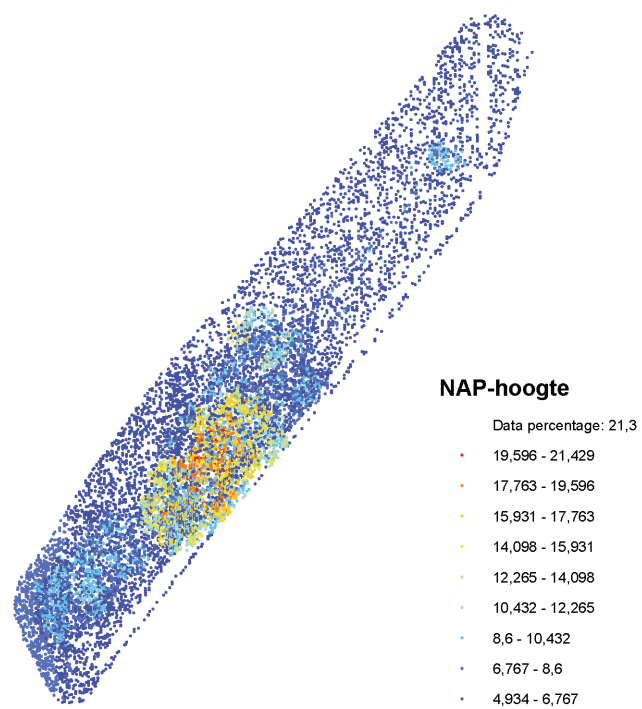
Testdag	Start_tijd	Eind_tijd
1	20-3-2018 07:43:00	20-3-2018 17:53:00
2	27-3-2018 08:27:00	27-3-2018 19:05:00
3	03-4-2018 08:11:00	03-4-2018 19:17:00
4	10-4-2018 07:55:00	10-4-2018 19:29:00
5	17-4-2018 07:39:00	17-4-2018 19:41:00
6	24-4-2018 07:25:00	24-4-2018 19:53:00
7	01-5-2018 07:11:00	01-5-2018 20:05:00
8	08-5-2018 06:58:00	08-5-2018 20:16:00
9	15-5-2018 06:46:00	15-5-2018 20:27:00
10	22-5-2018 06:37:00	22-5-2018 20:38:00
11	29-5-2018 06:29:00	29-5-2018 20:47:00
12	05-6-2018 06:23:00	05-6-2018 20:54:00
13	12-6-2018 06:20:00	12-6-2018 21:00:00
14	19-6-2018 06:19:00	19-6-2018 21:03:00
15	26-6-2018 06:21:00	26-6-2018 21:04:00
16	03-7-2018 06:26:00	03-7-2018 21:02:00
17	10-7-2018 06:32:00	10-7-2018 20:58:00
18	17-7-2018 06:40:00	17-7-2018 20:51:00
19	24-7-2018 06:50:00	24-7-2018 20:42:00
20	31-7-2018 07:00:00	31-7-2018 20:32:00
21	07-8-2018 07:11:00	07-8-2018 20:20:00
22	14-8-2018 07:22:00	14-8-2018 20:06:00
23	21-8-2018 07:34:00	21-8-2018 19:52:00
24	28-8-2018 07:45:00	28-8-2018 19:36:00
25	04-9-2018 07:56:00	04-9-2018 19:21:00
26	11-9-2018 08:08:00	11-9-2018 19:04:00
27	18-9-2018 08:19:00	18-9-2018 18:48:00

BIJLAGE 4: WERKWIJZE VAN TOOL IN AFBEELDINGEN

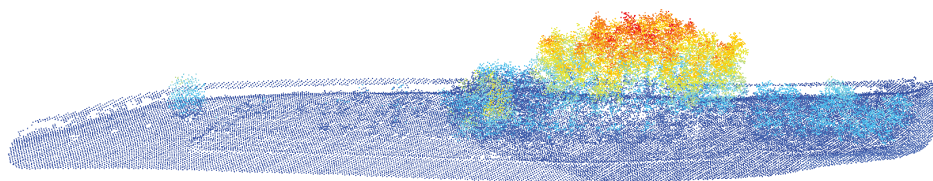
Startsituatie:



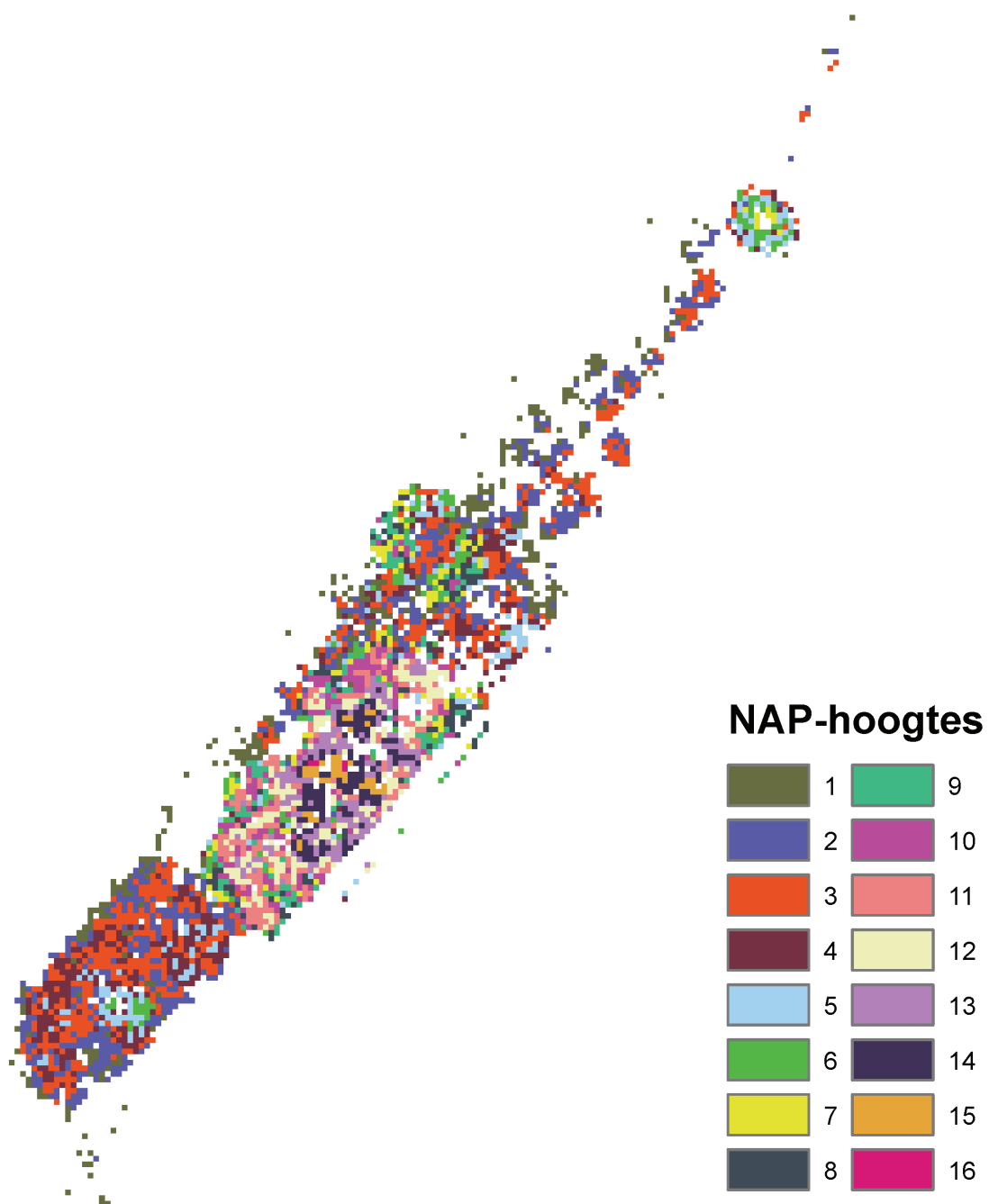
2D-weergave: LAS-dataset



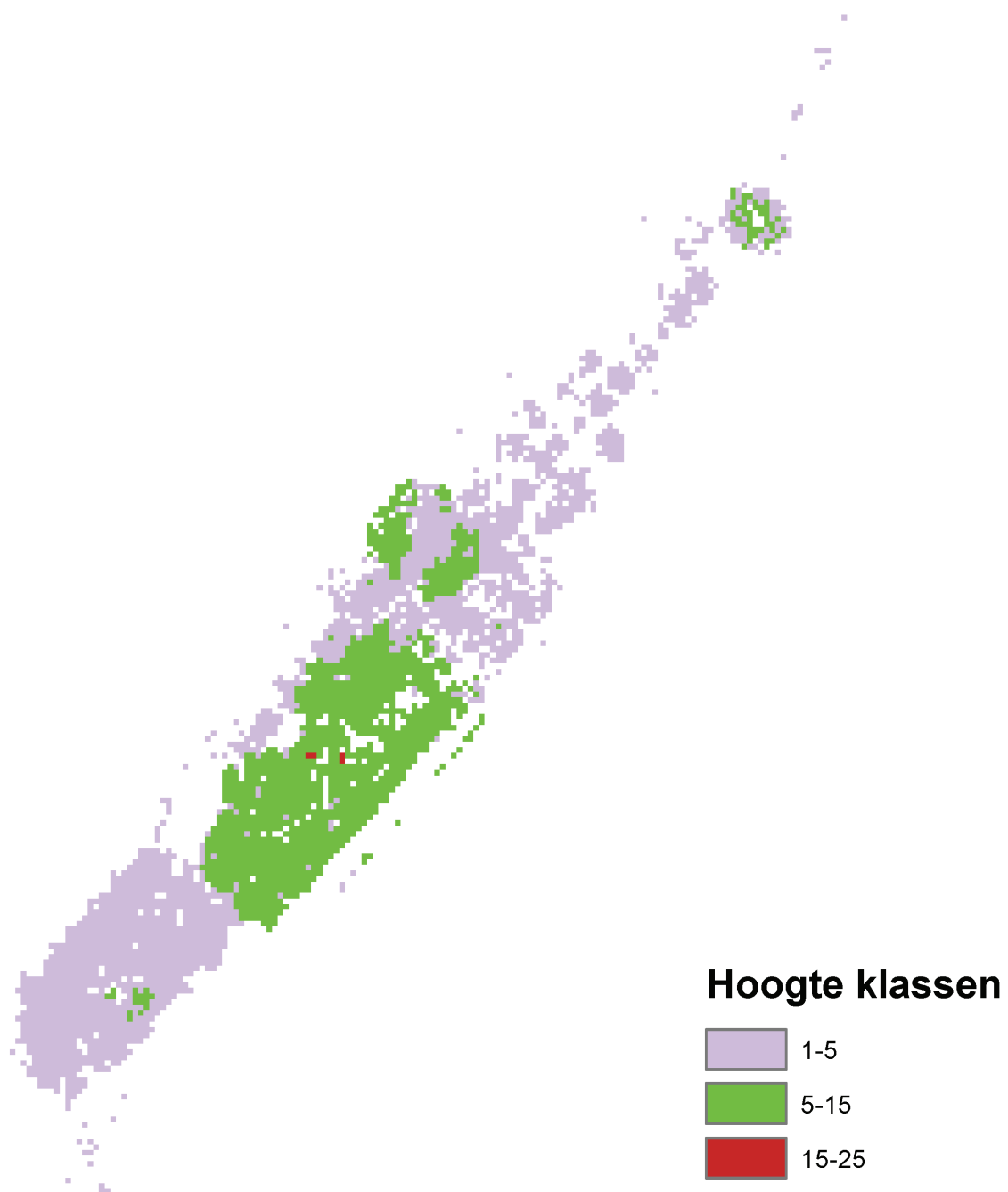
3D-weergave: LAS-dataset:



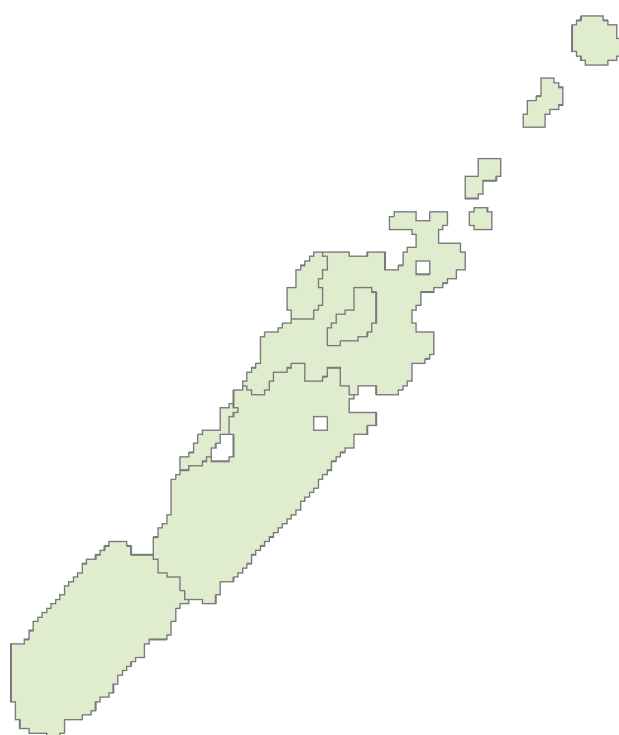
Raster van uitgefilterde landschapselementen:



Raster na onderverdeling in verschillende hoogte klassen:



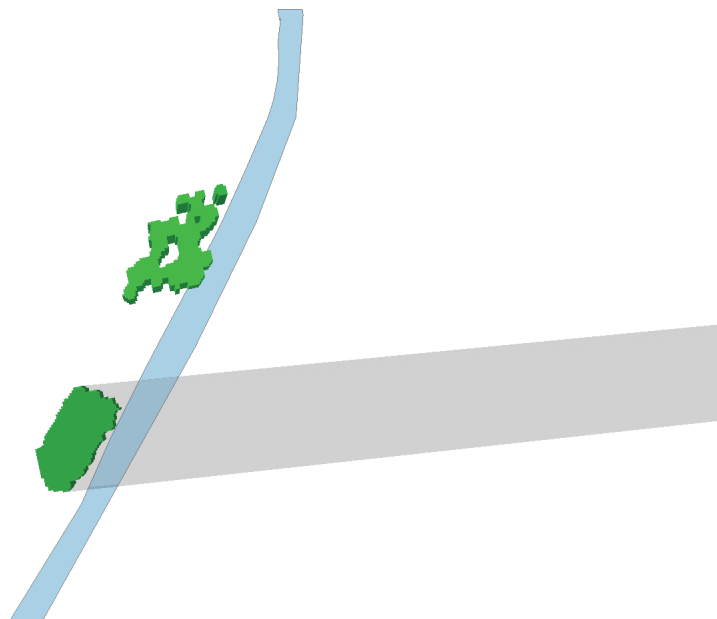
2D-weergave: Groepering van gebied:



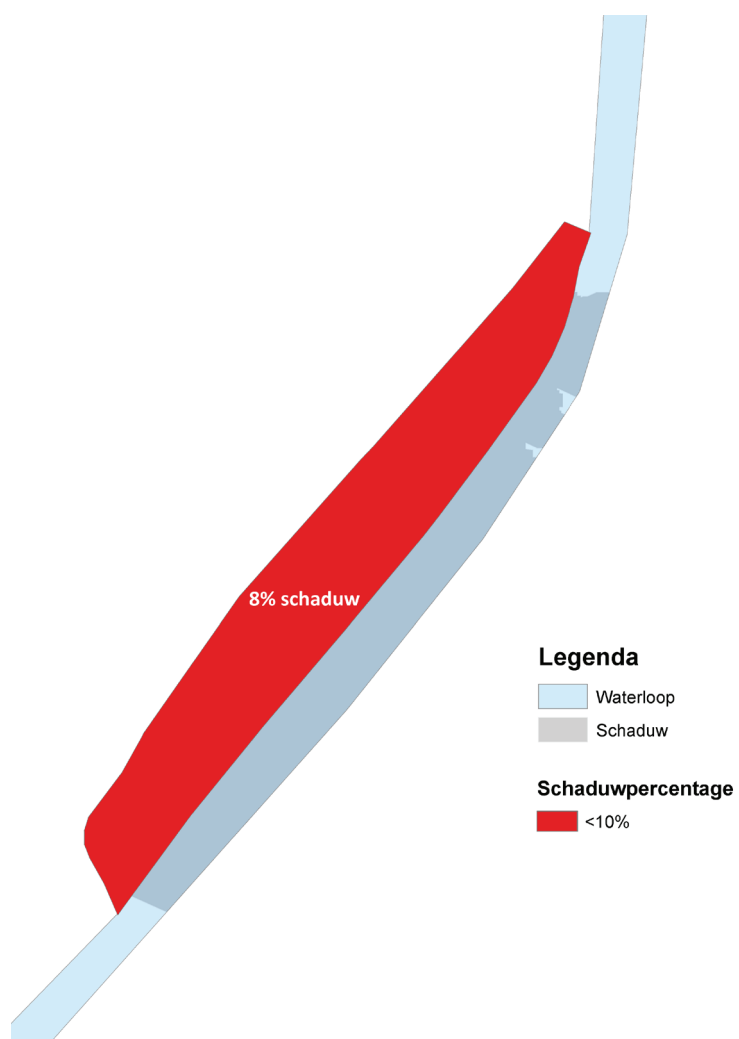
3D-weergave: Groepering van gebied:



Schaduwbe­paling per deel­groep:



Eindresultaat:



BIJLAGE 5: GEBRUIKSHANDELING (VOORBEREIDING)

Om de LAZ-tool, Filter-tool en Schaduw-tool te runnen, is nog een aantal handelingen vereist. Deze handelingen hoeven per pc maar eenmalig te worden uitgevoerd.

Stap 1. LAStools downloaden en toevoegen

- Download de LAS-toolbox van <https://rapidlasso.com/lastools/>.
- Plaats de gedownloade documenten op een locatie waar geen spaties in het padnaam zitten. (deze spaties zorgen ervoor dat de verwijzing binnen ArcGIS naar de LAS-toolbox niet werkt).

Stap 2. Instellen Laszip

- Open de "**Arctoolbox**".
- Rechtsklik op "**Arctoolbox**" en klik op "**Add toolbox**".
- Navigeer naar de opgeslagen "**LAStools**" map.
- Dubbelklik vervolgens op "**ArcGIS_toolbox**".
- Klik op "**LAStools.tbx**" en klik op Open.
- Klik nu op het "+" teken naast de nieuwe toolbox.
- Rechtsklik op "**laszip**" en klik op "**properties**".
- Vink "**Always run on foreground**" uit en klik op ok.

Stap 3. Verwijzen naar Laszip

- Open binnen "**ArcMap**" de "**Arc Catalog**".
- Navigeer naar de locatie van de huidige tool.
- Rechtsklik op "**LAS deel 2**" en klik op "**Edit**".
- Dubbelklik op het hok genaamd "**LASzip**".
- Selecteer vervolgens de opgeslagen "**LAStools**"-map.
- Dubbelklik vervolgens op "**ArcGIS_toolbox**".
- Selecteer vervolgens "**LAStools**" en klik op ok.
- Vind hier "**laszip**" en selecteer deze.
- Klik links boven op "**Save**" en sluit de tool.
- Tot slot rechtsklik op "**LAStool**" binnen de locatie van de huidige tool en klik op "**Edit**".
- Sla het bestand op en sluit het scherm.

Stap 4. ArcGis desktop background geoprocessing (64 bit) downloaden en installeren.

- Ga naar www.esri.nl.
- Log in met uw account.
- Klik op "**my profile**".
- Klik op "**my esri**".
- Klik op "**my organisation**".
- Klik op "**downloads**".
- Download het bestand.
- Run de setup.

Stap 5. Environment instellen

- Open "**Arcmap**".
- Klik op het tabblad "**Geoprocessing**" en vervolgens op "**Environments**".
- Klik nu op "**Workspace**".
- Vul hier de "**Current workspace**" en "**Scratch workspace**" in.
(Current workspace is de locatie waar de opgeslagen bestanden over het algemeen terecht moeten komen. De Scratch workspace is de locatie waar tijdelijke bestanden moeten worden opgeslagen).
- Druk op "**OK**" en save het project.

Stap 6. Extensions aanzetten

- Open "**Arcmap**".
- Klik op het tabblad "**Customize**" en vervolgens op "**Extensions**".
- Vink hier "**3D Analyst**" en "**Spatial Analyst**" aan.
- Druk op close.

Stap 7. Geoprocessing options aanpassen

- Open "**ArcMap**".
- Klik op het tabblad "**Geoprocessing**" en vervolgens op "**geoprocessing options**".
- Vink hier "**Overwrite the outputs of geoprocessing operations**" aan.
- Vink "**Enable**" aan bij "**Background Processing**".
- Druk op "**OK**".

Stap 8 Hoogteklassen aangeven in de tool

Momenteel is er een groepering in klassen voor de verschillende hoogten, de huidige groepen zijn:

- 1-5 meter
- 5-15 meter
- 15-25 meter
- 25-40 meter

Mocht u een andere indeling maken voor deze groepering dan kunt u dat als volgt doen:

- Open binnen "**ArcMap**" de "**Arc Catalog**".
- Navigeer naar de locatie van de huidige tool.
- Voeg "**class.dbf**" toe aan uw table of contents.
- Met behulp van de "**editor**" tool van ArcGis "**start editing**".
- Rechtsklik op "**class**" en open de "**attribute table**".
- Door cijfers in te vullen in de "**F2**" en "**F3**" kolommen kunt u extra groepen maken.

BIJLAGE 6:

GEBRUIKSHANDELING (LAS-TOOL EN FILTER-TOOL)

Stap 1. Lagen van waterschap Aa en Maas voor interessegebied

Om de volgende stappen te kunnen uitvoeren en uiteindelijk het resultaat te produceren, is er het een en ander aan data nodig. Het is daarom verstandig om deze bestanden opzij te zetten in een folder die u weet terug te vinden. Het gaat om de volgende bestanden:

- Terreinbegroeid (per gemeente)
- Waterdeel (per gemeente)
- KRW (Kaderrichtlijn water)
- Ongesplitste LAS-dataset van het gehele beheergebied (moet mogelijk nog gemaakt worden door middel van de LAS-tool).

Stap 2. LAS-tool runnen (alleen nodig wanneer geen volledige LAS-puntenwolk beschikbaar is)

Om deze tool te kunnen runnen heeft u de LAZ-bestanden van het beheergebied nodig.

- Open binnen “**ArcMap**” de “**Arc Catalog**”.
- Navigeer naar de locatie van de huidige tool.
- Dubbelklik op de tool genaamd “**LAStool**”.
- Er opent nu een venster met 3 input hokken.
- Sleep de LAZ bestanden vanuit “**Windows verkennen**” in de “**LAStool**” in het linker hok “**Input LAZ**”.
- Vul in het middelste hok “**Opslaglocatie LAS bestanden**” de opslaglocatie voor uw LAS bestanden in.
- In het rechterhok “**Output LAS-Dataset**” vult u de opslaglocatie van de LAS-Dataset in (niet binnen een geodatabase).
- Klik op “**OK**”
Na het uitvoeren van de tool is een LAS-dataset gemaakt. Voeg deze toe aan uw table of contents.
Extra informatie: Stel de opslag van de LAS-bestanden in op een map waar deze niet worden verwijderd. Als deze verwijderd worden, werkt de gemaakte LAS-dataset niet meer. Sla deze dus NOOIT op in de Scratch-map.

Stap 3. Filtertool runnen

Als volgende stap runt u de Filter-tool. Hiervoor heeft u de bestanden Terreinbegroeid, Waterdeel en KRW nodig die eerder genoemd zijn. Plaats deze in uw table of contents alvorens u de tool runt.

- Open binnen “**ArcMap**” de “**Arc Catalog**”.
- Navigeer naar de locatie van de huidige tool.
- Dubbelklik op de tool met de naam “**Filtertool**”.
- Vul de shapefiles in onder de gelijknamige delen.
- Vul de Scratch-map en de Output-map in.
(Scratch mag geen geodatabase zijn. In deze map worden de tussenproducten opgeslagen die aan het eind van de tool verwijderd worden. Soms moet deze map handmatig leeggehaald worden. Maak hiervoor dus een aparte map en gebruik deze niet als opslagplaats voor cruciale bestanden.)
- Voeg de naam van de gemeente toe waarvan u het terrein en waterdeel heeft ingevuld.
Uit deze tool komen 2 shapefiles: R_waterlopen_gemeente en schaduwelementen_gemeente. Voeg deze toe aan uw table of contents.

BIJLAGE 7: GEBRUIKSHANDLELING (UITVOEREN SCHADUW-TOOL)

Allereerst is het van belang dat u een aantal al bestaande data inlaad in uw table of contents:

- Terreinbegroeid
- Waterdeel
- Zontijden (meegeleverd met de tool)
- LAS dataset (gecreëerd met LAS-tool)
- R-waterlopen (gecreëerd met Filter-tool)
- Schaduwelementen (gecreëerd met Filter-tool)

Controleer in “Geoprocessing options” of de opties “**Background Processing**” en “**Overwrite the outputs of geoprocessing operations**” aangevinkt zijn. (Gebruikshandleiding Voorbereiding).

Vervolgens runt u de Schaduw-tool om tot een uiteindelijk schaduwpercentage te komen.

- Open binnen “**ArcMap**” de “**Arc Catalog**”.
- Navigeer naar de locatie van de huidige tool.
- Dubbelklik op de tool met de naam “**Schaduw-tool**”.
- Vul de shapefiles en dataset in onder de gelijknamige delen.
- Vul de Scratch- en de Output-map in.
(Scratch mag geen geodatabase zijn. In deze map worden de tussenproducten opgeslagen die aan het eind van de tool verwijderd worden. Soms moet deze map handmatig leeggehaald worden. Maak hiervoor dus een aparte map en gebruik deze niet als opslagplaats voor cruciale bestanden.)
- Vul “**van hok**” en “**tot en met hok**” in. Deze waarden zijn gebaseerd op de hoknummers die gekoppeld zijn aan de “**schaduwelementen**”-shapefile. Controleer in de “attribute table” van deze shapefile uit hoeveel hokken deze bestaat onder het veld “**hok**”. Omdat de tool veel tijd vraagt, kunt u zo de runtime in kleine partjes opdelen.
- Nadat de tool klaar is met runnen kan een legenda aan de shapefile schaduwelementen toegevoegd worden. Dit doe je door in de “**table of content**” dubbel op de kaartlaag te klikken. Er opent zich nu een venster.
- Klik binnen dit venster op de tab “**Symbology**”. Hier druk je op de knop “**import**” waarna de meegeleverde legenda in de map van de tool kan worden geselecteerd.

Na het uitvoeren van de tool

Na het runnen van de tool moet de Scratch-map handmatig geleegd worden. Sluit hiervoor eerst ArcMap af, zodat deze bestanden niet meer in gebruik zijn. Dit moet na iedere run gebeuren om foutmeldingen te voorkomen. Gebruik voor iedere gemeente een nieuwe geodatabase.

Eventuele errors

Als uw ArcMap problemen heeft met het runnen van de tool, dan kan komen door de complexiteit. Dit is op te lossen door binnen de tool een getal te veranderen.

- Open binnen “**ArcMap**” de “**Arc Catalog**”.
- Navigeer naar de locatie van de huidige tool.
- Rechtsklik op “**Schaduw-tool**” en click op “**edit**”.
- Vervolgens, in het begin van de tool vindt u “**LAS Dataset to Raster (Alles)**” en “**LAS Dataset to Raster (Maaiveld)**” en dubbelklik hierop.
- Scrol helemaal naar onder en verander bij “**Sampling Value**” 0,5 naar 1.