Droogtestresstest Vlaardingen

Definitief

BODEM WATER FUNDERINGEN

Wareco is een gespecialiseerd ingenieursbureau op het gebied van water, bodem en funderingen. Onze kracht is onze kennis van de ondergrond te integreren met de bovengrondse opgaven. We verbinden onderzoeken en adviezen aan concrete ontwerpen en uitvoering. Enthousiast, persoonlijk en innovatief. Al 40 jaar leveren we maatwerk, met als resultaat hoge kwaliteit en duurzame, kostenbesparende oplossingen.

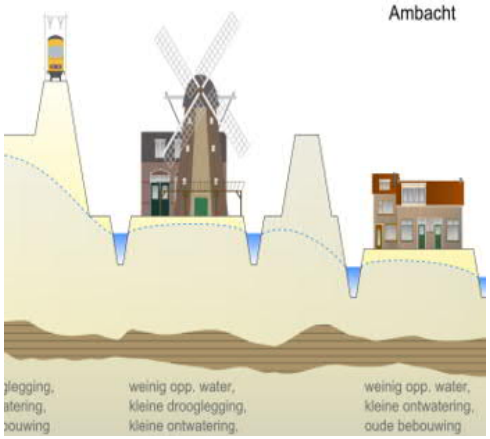
Vanuit meerdere vestigingen verspreid over Nederland bedienen we met circa 80 professionals overheden, bedrijfsleven en particulieren.

We hechten grote waarde aan kwaliteit en duurzaamheid. Het managementsysteem is ISO 9001 (kwaliteitsmanagement) en ISO 14001 (milieumanagement) gecertificeerd. Voor u als opdrachtgever komt dit tot uiting in de vorm van duidelijke afspraken, het afhandelen van klachten volgens vaststaande procedures en het, waar mogelijk en wenselijk, aandragen van duurzame oplossingen.

Daarnaast staat duurzaamheid ook bij onze bedrijfsvoering hoog op de agenda. Dit komt tot uiting in aandacht voor besparing op en hergebruik van grondstoffen en het beperken van milieubelasting.

Amsterdamseweg 71
1182 GP Amstelveen
020 750 46 00

Burg. van der Borchstraat 2
7451 CH Holten
0570 66 09 10



Droogtestresstest Vlaardingen

Definitief

Uitgebracht aan:

Gemeente Vlaardingen
T.a.v. de heer R. de Leede
Postbus 1002
3130 EB VLAARDINGEN

Auteur	A.R. Jongerius MSc	Kenmerk	194247 RAP20200227
Vrijgave	drs. ing. M. Kuiper	Datum	25-3-2020
		Status	Definitief

Wareco Ingenieurs is een handelsnaam van Wareco Amsterdam BV, KvK 33223543, gevestigd te Amsterdam

Inhoudsopgave

Tekst pagina

1. Inleiding 1
1.1. Aanleiding en doel 1
1.2. Achtergrond 1
1.3. Aanpak en uitgevoerde werkzaamheden 4
1.4. Opzet rapportage 4
2. Achtergrondinformatie Vlaardingen 5
2.1. Grondwatersysteem 5
2.1.1. Stedelijke ophooglaag en ophogingen 5
2.1.2. Neerslag en verdamping 5
2.1.3. Grondwaterstanden 6
2.2. Zakkingen 8
2.3. Bebouwing 9
2.4. Riolering en drainage 9
2.5. Bomen 10
3. Analyse grondwaterstand 10
3.1. Methodiek 10
3.2. Resultaten 11
4. Analyse zakkingen 13
4.1. Methodiek 13
4.2. Resultaten zakkingen periode 2015-2019 13
4.2.1. Maaiveldzakking 13
4.2.2. Gebouwzakking 1
4.2.3. Zakking van infrastructuur (wegen en riolering) 1
4.3. Resultaten splitsing zakkingsdata per zomerperiode 1
4.4. Relatie zakkingen met grondwaterstand 1
4.5. Relatie zakkingen met bouw-/aanlegjaren 1
4.6. Relatie zakkingen met bodemopbouw 1
5. Overige analyses 2

5.1. Analyse bomen 2
5.2. Analyse verzilting 3
5.3. Analyse watersysteem 4

6. Conclusies 6

7. Advies 7
7.1. Vaststellen ambitieniveau omgang met droogte 7

Bijlagen

1. Bronvermelding
2. Samenvatting werksessies
3. Dikte ophooglaag
4. Ouderdom bebouwing
5. Overzicht aandeel rioolvreemd water
6. Berekende uitzakkingen in grondwaterstanden van 2018 t.o.v. langjarige GLG
7. Toelichting zakkingsdata Sensar
8. Gemiddelde snelheid maaiveldzakking
9. Gemiddelde snelheid maaiveldzakking per stadsdeel
10. Gemiddelde snelheid gebouwzakking
11. Gemiddelde snelheid maaiveldzakking per zomer
12. Gemiddelde snelheid maaiveldzakking zomer 2018 – meerjarig
13. Bomen nabij oude bebouwing

1. Inleiding

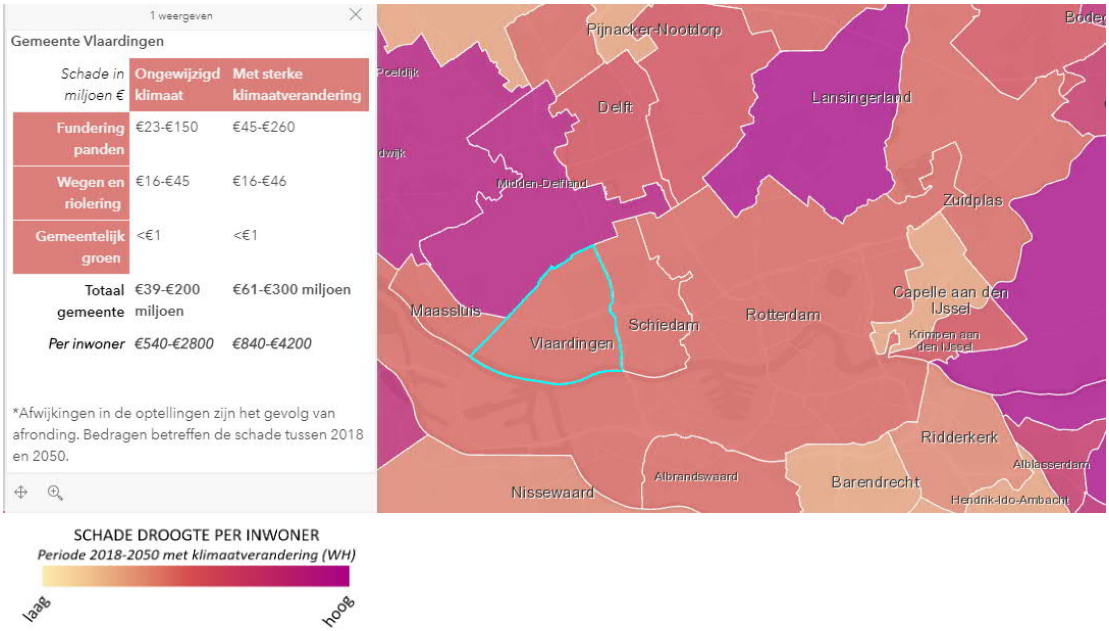
1.1. Aanleiding en doel

In het Deltaplan Ruimtelijke Adaptie (DPRA) is vastgelegd dat alle overheden een stress-test uitvoeren voor de vier klimaatthema's: wateroverlast, hitte, droogte en overstroming. In de klimaatatlas van de provincie Zuid-Holland zijn deze thema's beschouwd. Droogte, en met name bodemdaling en zakkende panden en infrastructuur, is voor de gemeente Vlaardingen en haar inwoners een belangrijk thema. Verdieping in het thema droogte is wenselijk om (lokale) kwetsbaarheden in beeld te brengen. Dit helpt de gemeente om de stad voor te bereiden op het veranderende klimaat.

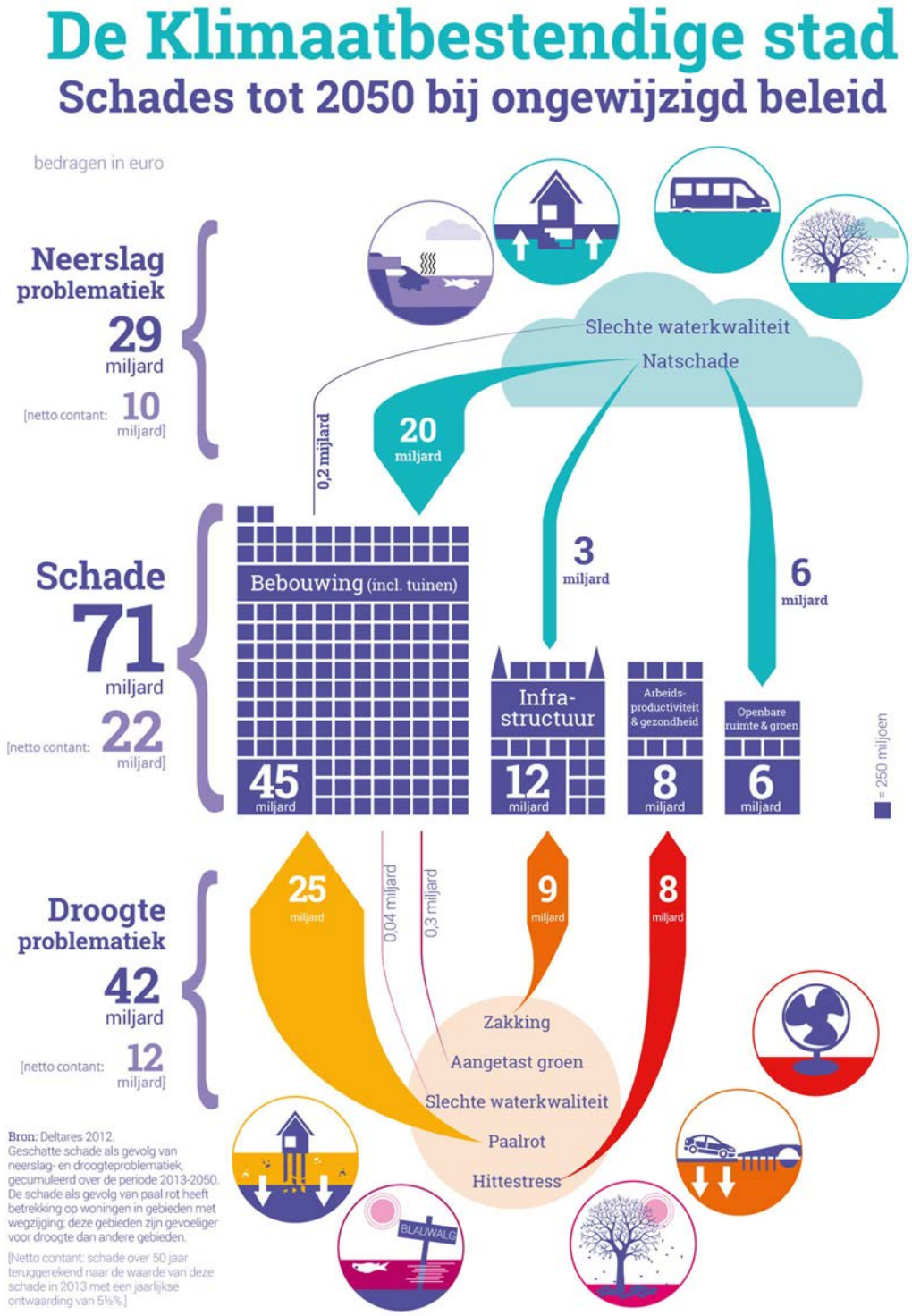
In voorliggende rapportage zijn de resultaten gepresenteerd van een droogtestresstest, op het gebied van (grond)water, uitgevoerd voor de gemeente Vlaardingen. Het doel van de stresstest is, de (mogelijke) gevolgen van droogte in Vlaardingen inzichtelijk te maken. De stresstest dient als handvat voor de gemeente bij de visie- en beleidsvorming op het gebied van droogte. Ook helpt de stresstest de gemeente om in de toekomst haar beheer-taken op doelmatige wijze te kunnen blijven uitvoeren. In de studie wordt ingegaan op de te verwachten effecten en kwetsbaarheden van droogte op bebouwing, infrastructuur, groenvoorzieningen en watersystemen.

1.2. Achtergrond

De nationale klimaatschadeschatter [13] geeft per klimaatthema een inzicht in de mogelijke schades als gevolg van klimaatverandering. Voor het klimaatthema droogte zijn hiervoor drie schadecomponenten uitgewerkt: funderingen, infrastructuur en riolering en publiek groen. In de klimaatschadeschatter worden per gemeente de risico's op schades ingeschat op basis van generieke kenmerken (bouwjaren, ondergrond, algemene GLG-kaarten, etcetera) en vervolgens vermenigvuldigd met kengetallen voor herstelwerkzaamheden. Hieruit volgt per gemeente, per component, een indicatief schadebedrag. Voor Vlaardingen geldt dat de berekende droogteschade gemiddeld is en een omvang heeft van vele miljoenen (figuur 1). Dit onderstreept dat bodemdaling en droogte in Vlaardingen een belangrijk thema is.



Figuur 1: Geschatte droogteschade in Vlaardingen en omgeving [13].



Figuur 2: Landelijke geschatte schade als gevolg van neerslag- en droogteproblematiek [14]

1.3. Aanpak en uitgevoerde werkzaamheden

Dit onderzoek sluit aan op eerdere onderzoeken die Wareco voor de gemeente Vlaardingen heeft uitgevoerd. Centraal hierin staan de rapportage Inventarisatie en nota grondwater en bodemdaling (kenmerk: KP01 RAP20170707, d.d. 12 juli 2017) en de rapportage Effecten klimaatverandering en maaivelddaling op grondwater te Vlaardingen (kenmerk: KP01A RAP20160725, d.d. 17 maart 2017). In de Inventarisatie en nota grondwater en bodemdaling staat beschreven hoe de bodem in Vlaardingen is opgebouwd, hoe het grondwatersysteem in elkaar zit en welke wijken kwetsbaar zijn voor grondwater en bodemdaling. In Effecten klimaatverandering en maaivelddaling op grondwater te Vlaardingen zijn de resultaten gepresenteerd van een tijdreeksanalyse naar toekomstige grondwaterstanden in Vlaardingen.

Het jaar 2018 is een bijzonder droog jaar geweest. Binnen dit onderzoek wordt daarom 2018 als praktijktoets voor droogte-effecten gebruikt. Door feitelijke data (grondwaterstandsmetingen, maaiveldzakkingen, gegevens over de bebouwde omgeving, etcetera) uit 2018 te vergelijken met langjarige data is inzicht gekregen in de gevolgen van dit droge jaar.

Naast feitelijke data wordt in dit onderzoek gebruik van ervaringen van het hoogheemraadschap en beheerders van het riool, wegen en groen. Deze ervaringen worden gebruikt om de resultaten van onze bevindingen op basis van de feitelijke data te verifiëren. Om de ervaringen te verzamelen hebben twee werksessies plaatsgevonden. De eerste op 18 februari 2020 bij en met de gemeente Schiedam. En de tweede op 20 februari 2020 bij en met het Hoogheemraadschap van Delfland. Een samenvatting van de besproken onderwerpen is in bijlage 2 van deze rapportage gepresenteerd.

1.4. Opzet rapportage

In hoofdstuk 2 zijn de gegevens waar het onderzoek op is gebaseerd beschreven. In de hoofdstukken 3 t/m 5 zijn de uitgevoerde analyses van de grondwaterstand, zakkingen, bomen, het watersysteem en verzilting beschreven. De conclusies zijn in hoofdstuk 6 gepresenteerd.

In bijlage 1 is een overzicht gepresenteerd met de gegevens en bronnen die voor dit onderzoek zijn geraadpleegd. De in de tekst vermelde cijfers tussen [ ] verwijzen naar deze bronnen en gegevens.

2. Achtergrondinformatie Vlaardingen

2.1. Grondwatersysteem

Onder het grondwatersysteem worden alle aspecten verstaan die invloed uitoefenen op de grondwaterstand en de stroming van grondwater. Hieronder vallen onder andere bodemopbouw, watergangen, vegetatie, verhardingen en ontwaterende middelen. Voor Vlaardingen heeft Wareco in 2017 de werking van het grondwatersysteem uitgebreid beschreven in de in de Inventarisatie en nota grondwater en bodemdaling [1]. Voor informatie over het grondwatersysteem wordt daarom verwezen naar dit document. Nieuwe informatie is hieronder beschreven.

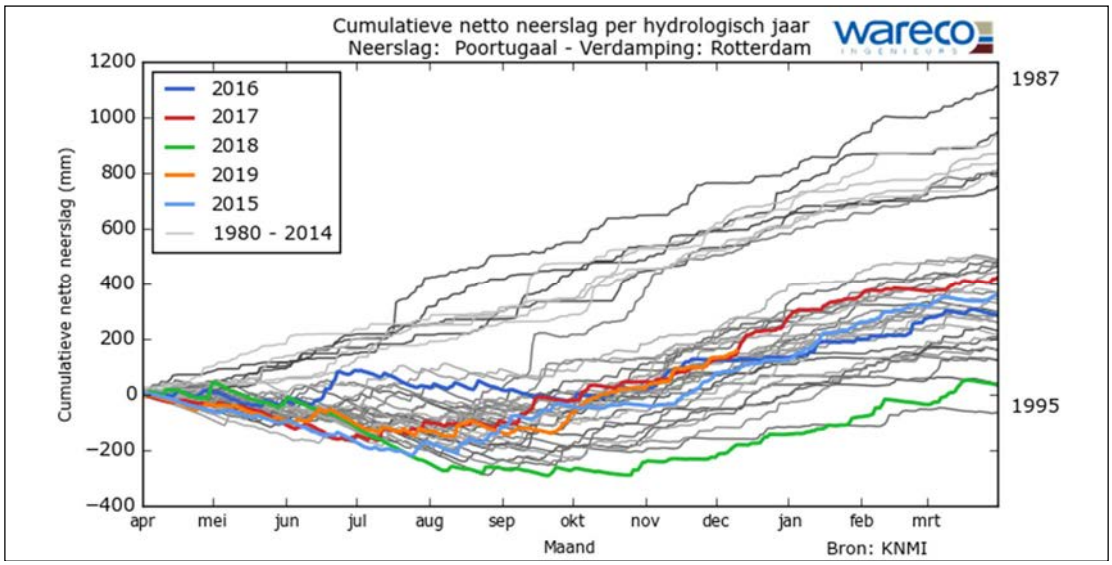
2.1.1. Stedelijke ophooglaag en ophogingen

In 2019 zijn door Wareco in Vlaardingen 79 peilbuizen geplaatst als onderdeel van een nieuw telemetrisch grondwatermeetnet (zie paragraaf 2.2.3). In bijlage 3 is per peilbuislocatie de dikte van de stedelijke ophooglaag op kaart gepresenteerd. Hieruit blijkt dat in Holy Noord een dikke stedelijke ophooglaag aanwezig is die op andere plaatsen ontbreekt (zie ook [1]).

Het beeld dat met name in Holy Noord een dikke stedelijke ophooglaag aanwezig is, wordt bevestigd in het ophoogadvies dat Anteagroup in 2017 voor Vlaardingen heeft uitgevoerd. Voor dit onderzoek zijn bijlage 4 en 5 [6] van dit advies van de gemeente Vlaardingen ontvangen. Hierin zijn onder andere de onderhoudsgegevens van de wegen en historische ophogingen opgenomen. De gegevens zijn niet compleet, maar desondanks komt uit de gegevens een duidelijk beeld naar voren; onderhoud aan wegen in Holy Noord is altijd gecombineerd met ophoogwerkzaamheden. Hierbij is zand of granulight toegepast als ophoogmateriaal. In stadsdelen Centrum, Oostwijk en Vlaardinger Ambacht is onderhoud van de wegen niet gecombineerd met ophoogwerkzaamheden.

2.1.2. Neerslag en verdamping

In figuur 3 is de cumulatieve netto neerslag per hydrologisch jaar gepresenteerd voor de periode 1980 tot en met december 2019. De figuur is gebaseerd op de neerslag bij KNMI station Poortugaal en de verdamping bij KNMI station de Rotterdam [9]. Station Poortugaal is het neerslagstation het dichtst bij Vlaardingen dat sinds 1980 tot en met 2019 operationeel is. Uit de grafiek blijkt dat 2018 buitengewoon droog is geweest.



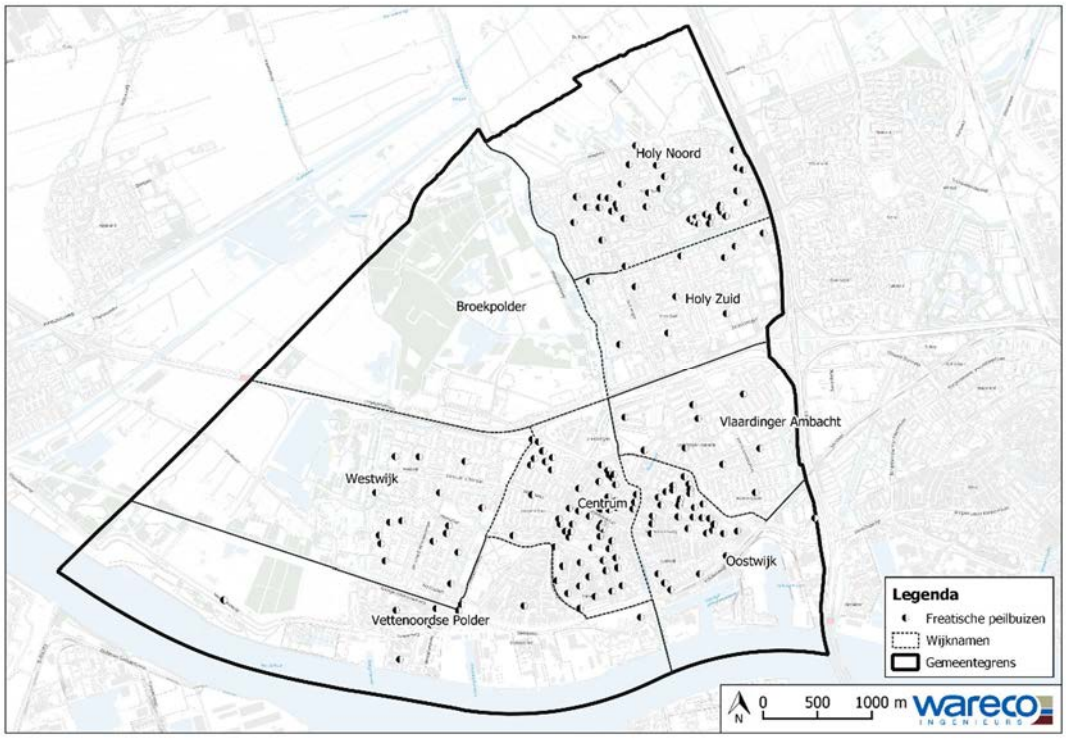
Figuur 3: Netto neerslag per hydrologisch jaar (1 april tot en met 31 maart) [9]

2.1.3. Grondwaterstanden

Grondwatermeetnet

Sinds maart 2019 beschikt de gemeente over een telemetrisch grondwatermeetnet bestaande uit 79 freatische peilbuizen en 3 peilbuizen met filter in het eerste watervoerend pakket. De grondwaterstand/stijghoogte in de peilbuizen wordt ieder uur gemeten. Vanwege de relatief korte meetperiode, wordt statistiek van de telemetrische metingen niet gebruikt in deze analyse.

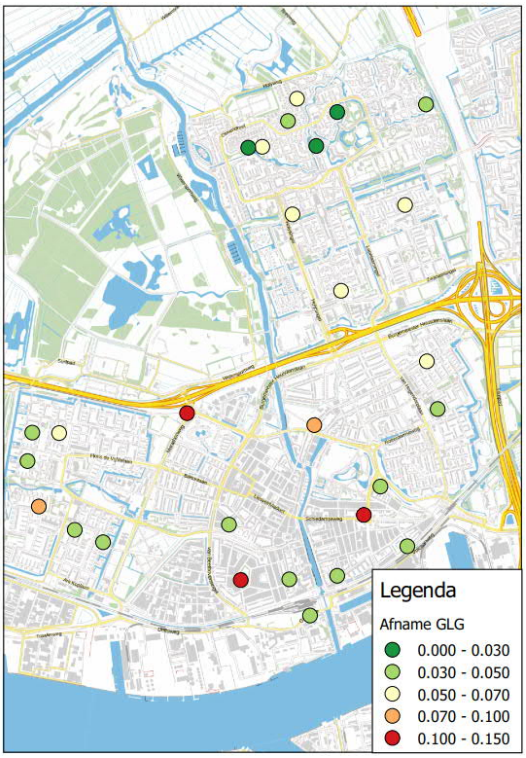
In de periode 1987-2019 beschikte de gemeente over een peilbuismeetnet waarin de grondwaterstand in elke peilbuis twee keer per maand handmatig werd ingemeten. Het betreft een meetnet van 180 freatische peilbuizen (figuur 4) en 3 peilbuizen met filter in het eerste watervoerend pakket. Dit onderzoek maakt gebruik van deze handmetingen in de freatische peilbuizen.



Figuur 4: Freatische peilbuizen in Vlaardingen die tot circa april 2019 handmatig werden ingemeten.

Effect klimaatverandering op de grondwaterstand

In 2017 heeft Wareco onderzoek gedaan naar de effecten van klimaatverandering op de grondwaterstand en maaivelddaling in Vlaardingen [2]. Uit dit onderzoek bleek dat de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) in 2050 gemiddeld 5 cm afneemt ten opzichte van de situatie van voor 2016. De maximale afname van de GLG werd berekend op 12 cm. De grootste dalingen in de GLG werden voornamelijk in het zuidelijk deel van Vlaardingen berekend (figuur 5).

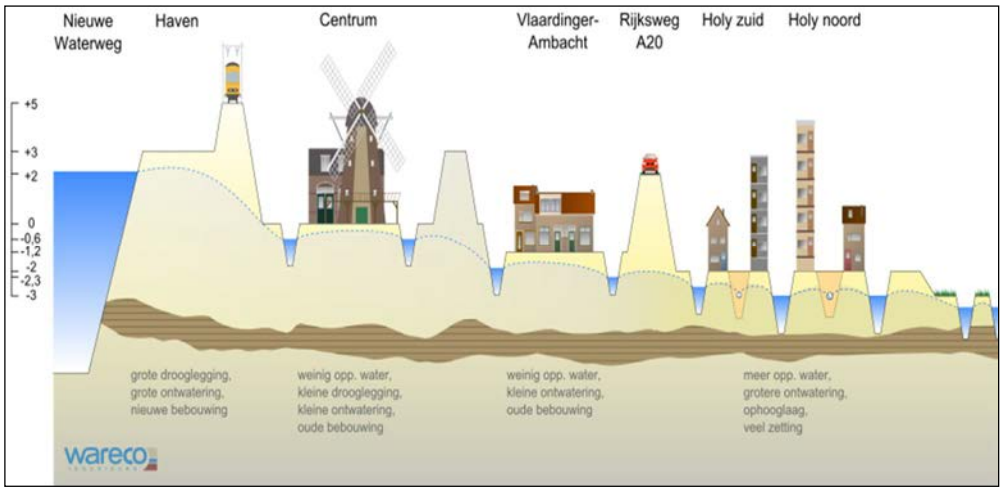


Figuur 5: Berekende afname GLG als gevolg van klimaatverandering [2]

2.2. Zakkingen

Vlaardingen bevindt zich in een gebied met een zakkingsgevoelige bodemopbouw bestaande uit klei en veen [1] (figuur 6). Met als doel de grootte en verdeling van de zakkingen in beeld te krijgen is eind 2019 door Sensar een Cityscan van de gemeente Vlaardingen uitgevoerd. De Cityscan bestaat uit een dataverwerking en -analyse van publiek beschikbare satellietdata en geeft als resultaat de gemiddelde zakkingssnelheid van een individueel meetpunt of vlak (combinatie van meetpunten). Als onderdeel van de analyse heeft Sensar de gemiddelde zakkingssnelheid van het maaiveld bepaald op stadsdeelniveau, buurtniveau, straatniveau en rioolniveau. Daarnaast is de gemiddelde gebouwzakking bepaald op gebouwniveau.

De Cityscan is gebaseerd op satellietdata van de satelliet Radarsat-2 uit de periode maart 2015 tot en met september 2019. Voor meer informatie over de satellietdata wordt verwezen naar de procesrapportages van Sensar [4 en 5]. Een toelichting op de bewerkingsstappen die met de data zijn uitgevoerd en een uitleg over de nauwkeurigheid van de resultaten en hoe met de resultaten dient om te worden gegaan, is opgenomen in bijlage 7.



Figuur 6: Schematische doorsnede over Vlaardingen, niveaus in m NAP [1]

2.3. Bebouwing

Met uitzondering van stadsdeel Broekpolder zijn alle stadsdelen grotendeels bebouwd. In de stadsdelen Centrum en Oostwijk is de bebouwing gemiddeld het oudst en in de stadsdelen Holy Noord en Holy Zuid het jongst [7]. In bijlage 4 zijn de bouwjaren van de panden op een kaart gepresenteerd. Uit ervaring weet de gemeente dat het grootste gedeelte van de bebouwing op houten palen is gefundeerd. Met name in stadsdelen Centrum, Vlaardinger Ambacht en Oostwijk komt ook op staal gefundeerde bebouwing voor. In Holy Zuid en Holy Noord en Westwijk zijn vaak betonopzetters gebruikt in combinatie met houten palen. De resultaten van de Cityscan (zakkingen panden) en bouwjaren geven samen een indicatie van de funderingswijze van de panden.

2.4. Riolering en drainage

Riolering

Door de gemeente is een shapefile aangeleverd met informatie van het rioolstelsel in Vlaardingen. Het aanlegjaar van rioolstrengen varieert tussen circa 1906 en 2018. In de meeste stadsdelen ligt een gemengd riool. In enkele nieuwere wijken ligt een gescheiden systeem dat apart hemelwater en vuilwater inzamelt.

Door de gemeente is aangegeven dat 41% van het water dat door de riolering wordt afgevoerd, rioolvreemd water betreft. Dit aandeel bestaat voor het grootste deel uit instromend oppervlaktewater, maar ook uit grondwater. Een overzichtskaart waarop de gebieden met meer dan 40% rioolvreemd water staan weergegeven is in bijlage 5 gepresenteerd [15]. In stedelijk gebied in West-Nederland bestaat een sterke relatie tussen lage grondwaterstanden (beneden polderpeil) en lekke riolen. Uit onderzoek (buiten de gemeente) blijkt dat kleine lekkages (zwetende voegen) een grondwaterstandsverlaging van meerdere decimeters tot een meter in stand kunnen houden. Dit geeft aan dat er aandacht nodig is voor de relatie tussen de waterdichtheid van riolering en droogte.

Drainage

Tijdens de werksessie heeft de gemeente aangegeven in welke gebieden drainage ligt (bijlage 2). Doordat de meeste drainage boven het grondwater ligt, komen er veel verstoppingen voor. Vooral bij het uitstroompunt. De gemeente streeft er daarom naar om de uitstroompunten jaarlijks schoont te spuiten.

2.5. Bomen

Groen in steden zorgt voor een betere leefomgeving: minder hitte, betere luchtkwaliteit en ruimtelijke kwaliteit. Daarnaast zorgen bomen, bosschages en gras voor een betere waterdoorlatende bodem en meer grondwateraanvulling. Door verdamping kan groen echter ook bijdragen aan lage grondwaterstanden. Uit onderzoek (buiten de gemeente) is gebleken dat rond groenstroken tot meer dan 1 meter lagere grondwaterstanden kunnen optreden. De positie van groen ten opzichte van kwetsbare objecten is daarom van belang.

Door de gemeente is een shapefile aangeleverd met informatie van de bomen in Vlaardingen waarvoor de gemeente het beheer doet (bijlage 13). De bomen staan verspreid over de gemeente en met name in de woongebieden. Op de bedrijventerreinen in de Vettenoordse Polder en Oostwijk (ten zuiden van het spoor) staan naar verhouding weinig bomen.

3. Analyse grondwaterstand

3.1. Methodiek

Om inzicht te krijgen in het droogte-effect op de grondwaterstand is de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in 2018 vergeleken met de GLG uit de periode 2000-2017. Vervolgens is de 2018 GLG vergeleken met de voorspelde GLG in 2050, na klimaatverandering [2].

In deze rapportage wordt de volgende definitie van Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) gehanteerd:

- De Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) is het gemiddelde van de laagste drie metingen per hydrologisch jaar (1 april tot 31 maart) uit de periode 2000-2017[1]. Om de GLG te berekenen is een meetreeks van minimaal 6 jaar aan data en met een minimale meetfrequentie van twee keer per maand nodig.
- De GLG van 2018 is het gemiddelde van de laagste 3 metingen uit het hydrologisch jaar (1 april 2018 t/m 31 maart 2019).

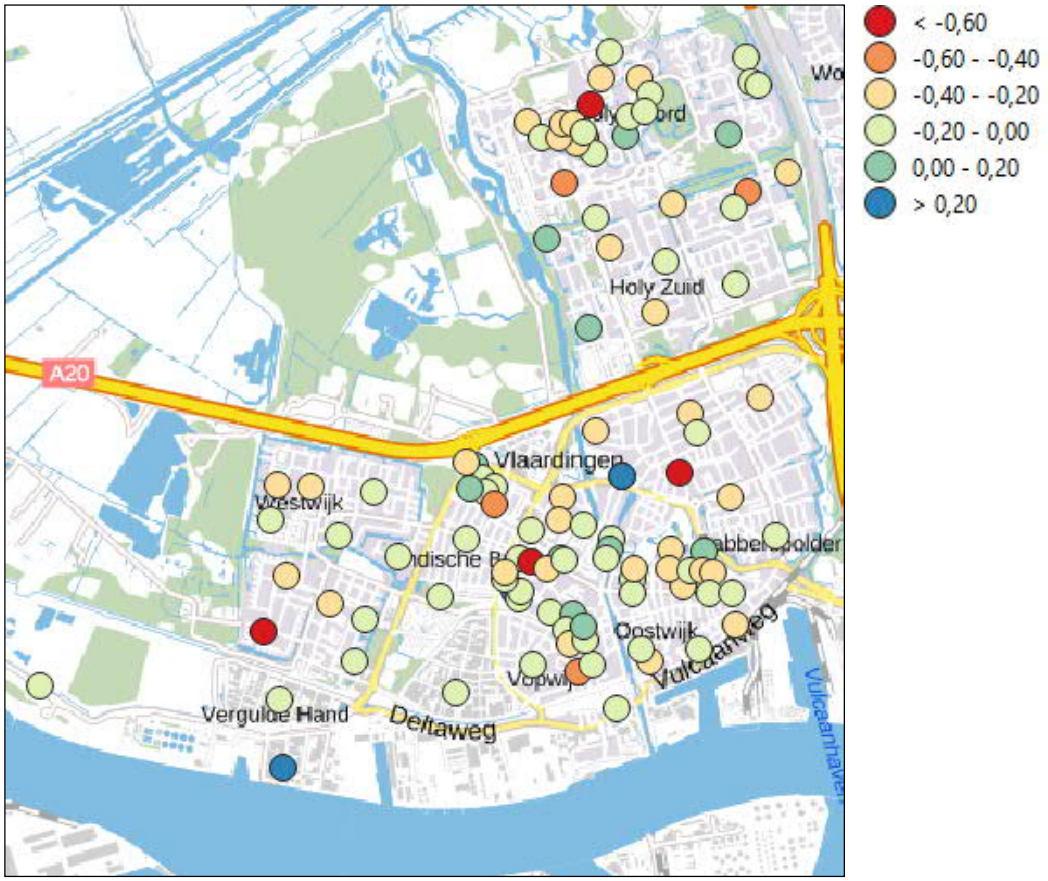
De GLG is dus niet voor alle peilbuizen uit het meetnet berekend. Zo is data van voor 2000 niet gebruikt, omdat de kans groot is dat dergelijke oude metingen niet meer representatief zijn voor de huidige GLG situatie. Daarnaast zijn bij een deel van de peilbuizen onvoldoende metingen uitgevoerd om aan bovenstaande definitie te voldoen. In totaal is voor 116 van de 180 peilbuizen een GLG berekend.

[1] De officiële definitie van GLG eist een periode van minimaal 8 jaar aan data [1]. In dit geval zou meer dan de helft van de beschikbare meetlocaties afvallen, waardoor gekozen is om een soepelere norm te hanteren van minimaal 6 jaar aan data.

3.2. Resultaten

Het jaar 2018 ten opzichte van de langjarige GLG:
In bijlage 5 en figuur 7 is de uitzakking van de grondwaterstand in 2018 ten opzichte van de langjarige GLG per peilbuis gepresenteerd op kaart.

Uit de kaart blijkt dat de uitzakking van de grondwaterstand in 2018 per peilbuis sterk verschilt. De grootste uitzakking bedraagt -69 cm voor peilbuis 7007 (Platanendreef, Holy Noord). Er zijn ook enkele peilbuizen waar de GLG van 2018 juist hoger was dan de langjarige GLG. Soms zijn er grote verschillen in uitzakking in peilbuizen op korte afstand van elkaar. Bijvoorbeeld bij peilbuizen 5010 en 5011, die op < 5 m afstand van elkaar staan. In peilbuis 5010 is een uitzakking gemeten van 23 cm, terwijl in peilbuis 5011 juist een stijging van 34 cm is gemeten. De verschillen tussen individuele peilbuizen zijn lastig te verklaren. Lokale factoren (bijvoorbeeld een lek riool, een grote boom of kunstmatige grondwateraanvulling) kunnen de uitzakking beperken of juist versterken. Ook meetfouten kunnen een belangrijke rol spelen bij het ontstaan van verschillen: in gebieden waar het maaiveld zakt, zakken de peilbuizen mee. Hierdoor verandert het referentieniveau van de metingen (bovenkant peilbuis), wat kan leiden tot een foutief meetresultaat.



Figuur 7: Uitzakking van de grondwaterstand (meters) in 2018 ten opzichte van de langjarige GLG.

De gemiddelde uitzakking per stadsdeel is in tabel 1 gepresenteerd. Op stadsdeel deel niveau is de grondwaterstand in de stadsdelen Holy Noord en Westwijk het verst uitgezakt. De verschillen tussen de stadsdelen zijn, met uitzondering van de Vettenoordse Polder, echter klein. In de stadsdelen met weinig peilbuizen worden de gemiddelden ook sterk beïnvloed door uitschieters in de data.

Tabel 1: Gemiddelde uitzakking van de grondwaterstand in 2018 ten opzichte van de langjarige GLG per stadsdeel

Stadsdeel	Uitzakking (cm)
Holy Noord	-21
Holy Zuid	-15
Vlaardinger Ambacht	-19
Oostwijk	-19
Centrum	-12
Westwijk	-21
Vettenoordse Polder	-1

Het jaar 2018 ten opzichte van toekomstvoorspellingen:
Uit eerder onderzoek [2] volgde dat als gevolg van klimaatverandering in 2050 rekening dient te worden gehouden met een uitzakking van grondwaterstanden van 5 cm, ten opzichte van de langjarige GLG (toentertijd berekend voor de periode 2000 tot 2016). Dit is ruim minder dan de gemiddelde uitzakking van 17 cm die in 2018 is gemeten. De gemiddelde uitzakking in 2018 is hiermee zelfs extremer dan de maximaal berekende zakking voor 2050 (12 cm). De spreiding in (extreme) dalingen van GLG beperkte zich in 2018 bovendien niet alleen in het zuidelijk deel van Vlaardingen (zoals voorspeld voor 2050), maar bereikte de hele gemeente. Het jaar 2018 was hiermee extremer dan de klimaatscenario's van het KNMI voor 2050, zowel in dalingen als in de verspreiding van de lage grondwaterstanden.

Bij vergelijking van de 2018 grondwaterstanden met de 2050 voorspelling, geldt 2018 binnen het huidige klimaat als een extreem droog jaar (zie figuur 3). Dit is relevant omdat de KNMI klimaatscenario's enkel uitspraken doen over het gemiddelde weer en de kans op extreem weer op de langere termijn. Ze nemen dus geen extremen mee, alleen de kans op deze extremen. In onze vergelijking is het extreme jaar 2018 in dit geval dus vergeleken met een gemiddeld toekomstig jaar. Opgemerkt wordt dat specifiek ten aanzien van droogte de scenario's voor 2050 onzeker zijn.

4. Analyse zakkingen

4.1. Methodiek

De resultaten van de Cityscan van Sensar vormen de basis van de analyse naar zakkingen in Vlaardingen. Hierbij is de Cityscan gebruikt om een beeld te krijgen van de gemiddelde zakkingen van het maaiveld, bebouwing en infrastructuur voor de periode 2015-2019.

Als gevolg van de droogte is de grondwaterstand in de zomer van 2018 uitgezakt beneden de langjarig gemeten RLG (paragraaf 3.1). De verwachting is daarom dat als gevolg van de lage grondwaterstanden in de zomer van 2018 bijzonder grote zakkingen zijn opgetreden; groter dan het langjarig gemiddelde en groter dan bij normale zomers. Om dit te toetsen is Sensar gevraagd om op basis van de satellietdata voor elke zomer- en winterperioden de gemiddelde maaiveldzakkingen te bepalen. Voor de zomer is hiervoor de periode 21 juni tot 23 september gehanteerd en voor de winter de periode 21 december tot 19 maart. Vervolgens zijn de zakkingen in de zomer van 2018 vergeleken met de meerjarige zakking (periode 2015-2019) en de zakking in andere zomerperioden.
Tot slot is gekeken naar de relatie tussen de zakkingen en de grondwaterstand, bodemopbouw (inclusief ophogingen) en bouw- en aanlegjaren.

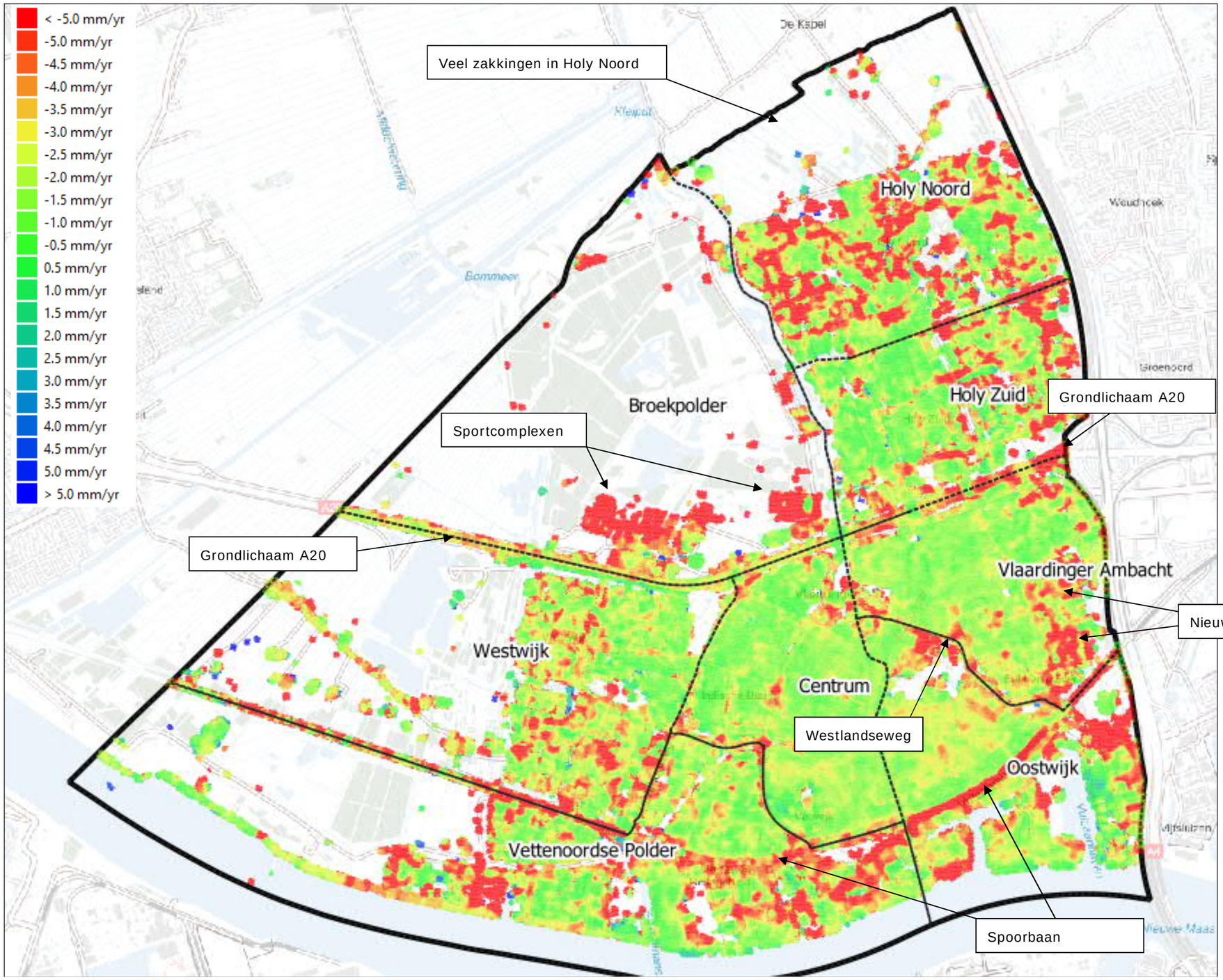
Om de zakkingen per zomer te kunnen bepalen zijn door Sensar, in overleg met Wareco, meerdere (bewerkings)stappen op de data toegepast. Een toelichting op deze stappen en een uitleg over de nauwkeurigheid van de resultaten en hoe met het resultaten dient om te worden gegaan, is opgenomen in bijlage 7.

4.2. Resultaten zakkingen periode 2015-2019

4.2.1. Maaiveldzakking

Een kaart met de gemiddelde snelheid van maaiveldzakking in Vlaardingen is in figuur 8 en bijlage 8 gepresenteerd. Op deze kaart is per 10 m hexagoon de maaiveldzakking weergegeven. Uit de kaart blijkt dat de grootste maaiveldzakkingen overwegend aan de randen van de stadsdelen optreden (de A20, de spoorbaan, de Westlandseweg, de sportcomplexen in de Broekpolder).

Uit de Cityscan blijkt dat stadsdelen van Vlaardingen met gemiddeld 2 mm per jaar (stadsdeel Centrum) tot 5 mm per jaar (stadsdeel Broekpolder) zakken. In bijlage 9 is de gemiddelde zakking per stadsdeel op een kaart gepresenteerd.



Figuur 8: Gemiddelde maaiveldzakking voor de periode 2015-2019 op basis van Radar-SAT-2 data, inclusief bewerking met lowpass filter (Sensar).

4.2.2. Gebouwzakking

Uit de Cityscan blijkt dat in alle stadsdelen panden staan die sterk verzakken. In stadsdeel Oostwijk verzakt het grootste aantal panden (figuur 9 en bijlage 10).



Figuur 9: Gemiddelde langjarige gebouwzakking in Oostwijk (links) en Holy Noord (rechs).

4.2.3. Zakking van infrastructuur (wegen en riolering)

In de Cityscan zijn de langjarige zakkingen van wegen en riolering gepresenteerd. De zakking van riolering is hierbij bepaald op basis van de maaiveldzakking ter plaatse van de riolering. Het algemene beeld van de zakkingen komt overeen met die van de maaiveldzakkingen. Namelijk: vooral in stadsdeel Holy Noord zijn er veel wegen en riolering die sterk verzakken, terwijl in stadsdeel centrum weinig wegen en riolering zijn die sterk verzakken. Dit komt overeen met de ervaringen van de ervaringen van de wegenbeheerders van de gemeente (bijlage 2). Zij geven aan dat de zakkingsproblematiek het grootste is in Holy Noord. Speciaal hierom gaat in 2020 het ophoogprogramma Holy van start. Hierbij wordt de verharding en het riool vervangen en het maaiveld opgehoogd. Normaal gebeurd dit elke 60 jaar. Voor de stadsdelen ten noorden van de A20 is dit al verhoogd naar elke 40 jaar, en voor Holy Noord wordt dit nu elke 25 jaar gedaan. Dit is nodig omdat enkele straten (Esdoorndreef, Kastanjedreef, Lindedreef en Hazelaarsdreef) binnen 15 jaar al 50 cm zijn verzakt.

4.3. Resultaten splitsing zakkingsdata per zomerperiode

Op basis van de beschikbare satellietdata heeft Sensar voor de zomers van 2017, 2018 en 2019 de gemiddelde snelheid van de maaiveldzakking bepaald.

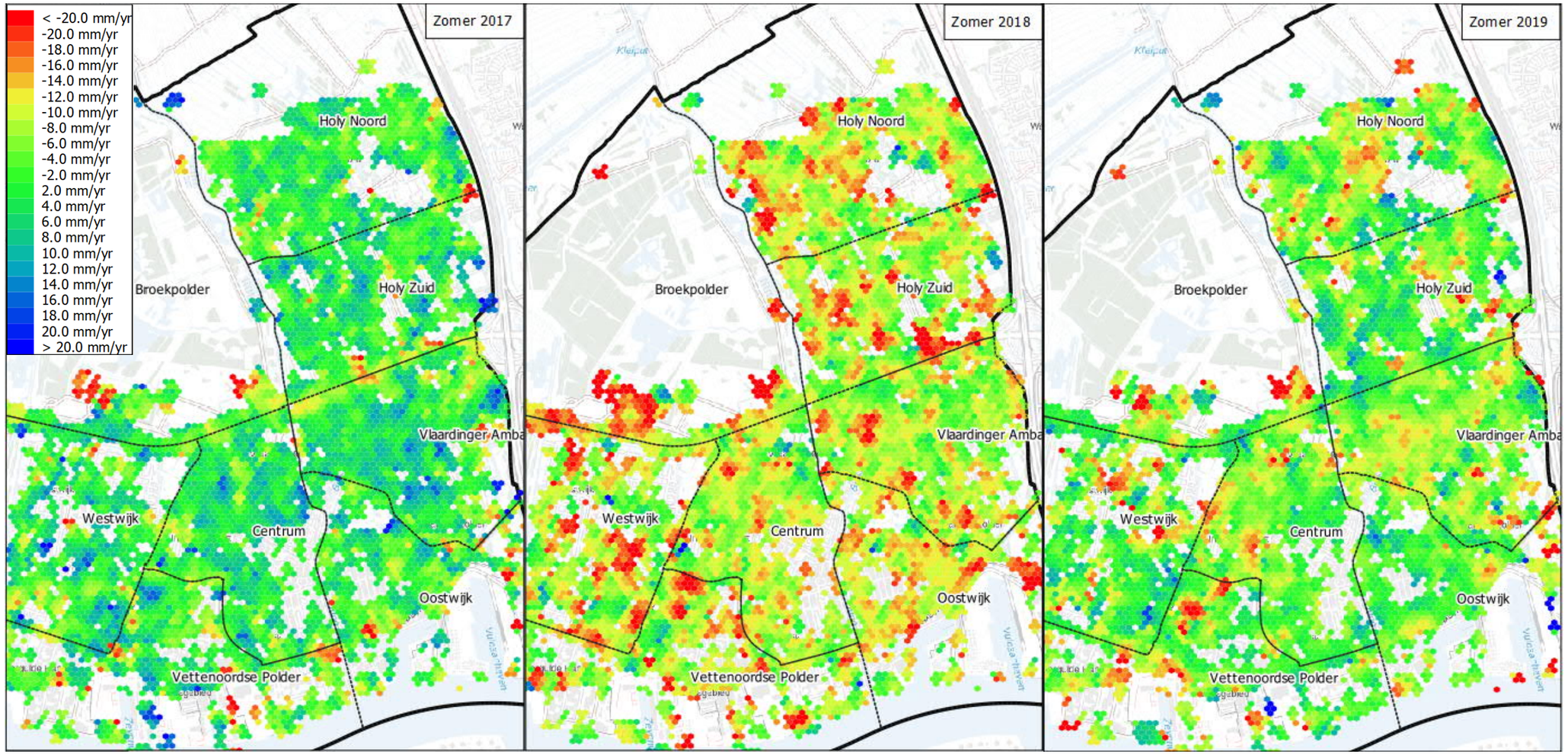
De resultaten zijn op de volgende plekken gepresenteerd:

- Figuur 10 en bijlage 11: de gemiddelde zakkingsnelheid van het maaiveld voor de zomers 2017, 2018 en 2019.
- Figuur 11 en bijlage 12: de gemiddelde zakkingssnelheid van het maaiveld voor de periode 2017-2019 en de zomer van 2018.
- Tabel 2: Ter indicatie een overzicht van de omvang van de zakkingssnelheden voor de zomer van 2017, 2018 en 2019.

Tabel 2: Overzicht verschil maaiveldzakkingen zomers 2017, 2018 en 2019*

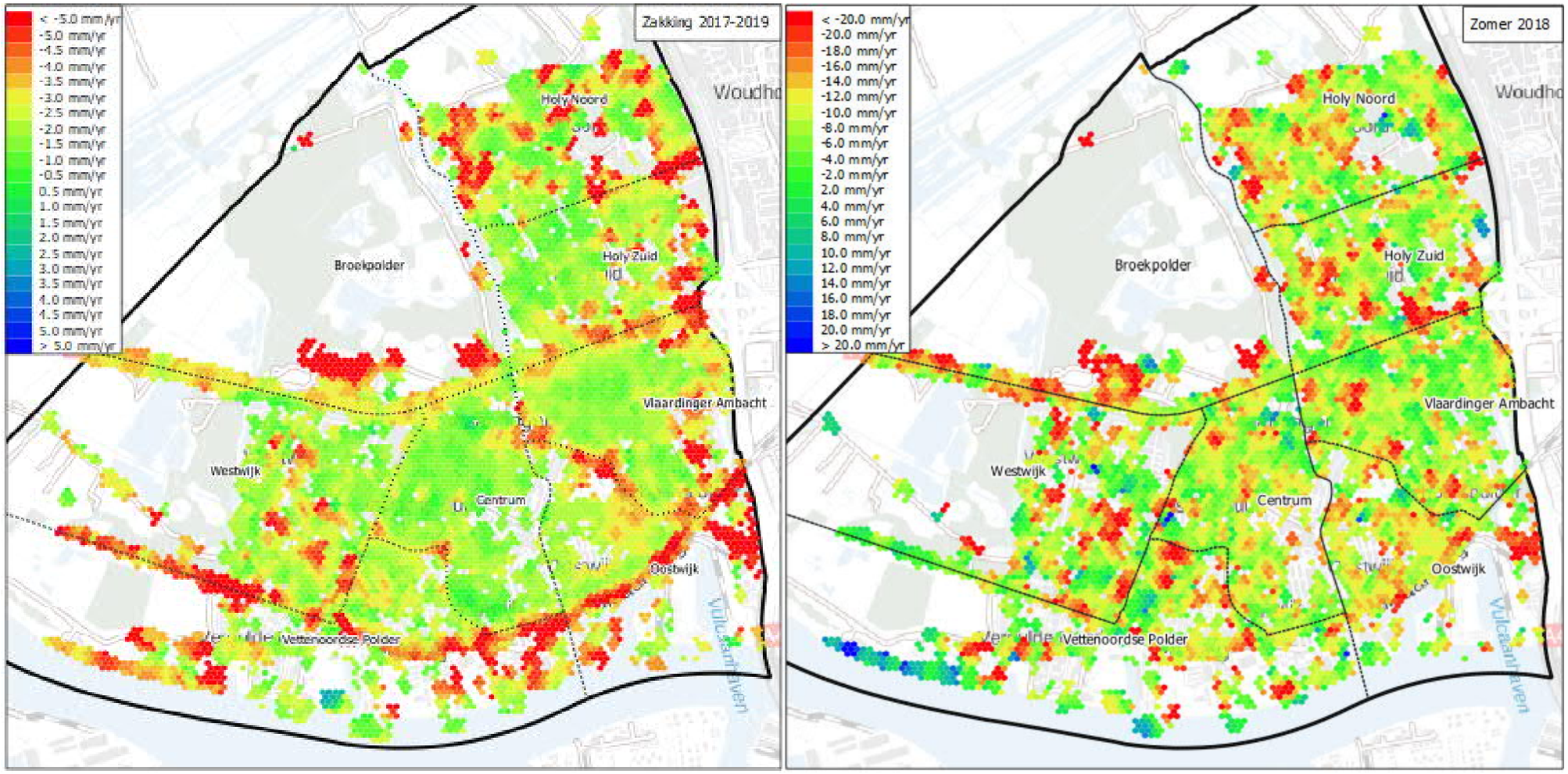
Zomer jaar	Percentage Vlaardingen dat in de zomer verzakt is	Gemiddelde zakkingssnelheid gedurende de zomer	Percentage Vlaardingen dat in respectievelijk de zomer van 2017, 2018 of 2019 de grootste zakkingssnelheid had
2017	47%	+0 mm	9%
2018	92%	-8 mm	65%
2019	74%	-4 mm	26%

* De waarden in deze tabel hebben uitsluitend betrekking tot de delen van Vlaardingen waar voldoende metingen beschikbaar zijn om de gemiddelde zakking te bepalen. De waarden dienen ter signalering van de verschillen in maaiveldzakking tussen de drie zomers en betreffen een indicatie.



Figuur 10: Gemiddelde snelheid maaiveldzakking voor de zomers van 2017, 2018 en 2019 op basis van Sentinel-1 data, inclusief bewerking met lowpass filter (Sensar)

Uit tabel 2 en figuur 10 blijkt dat de gemiddelde snelheid van maaiveldzakking in de zomer van 2018 hoger was dan in de zomers van 2017 en 2019.



Figuur 11: Gemiddelde snelheid maaiveldzakking voor de periode 2017-2019 en de zomer van 2018 op basis van Sentinel-1 data, inclusief bewerking met lowpass filter (Sensar). Let op: de linker figuur wijkt enigszins af van figuur 8. Dit komt doordat figuur 8 is opgesteld op basis van Radarsat-2 data over de periode 2015-2019 en bovenstaande figuur is opgesteld op basis van Sentinel-1 data over de periode 2017-2019.

Uit figuur 11 blijk dat in de periode 2017 tot 2019 de grootste maaiveldzakkingen vooral optreden aan de randen van de stadsdelen (met uitzondering van Holy Noord, zie ook paragraaf 4.2.1). In de zomer van 2018 treden de grootste maaiveldzakkingen daarentegen meer centraal in de stadsdelen op. Grote zakkingssnelheden treden in de zomer van 2018 ook niet beperkt op in Holy Noord. Zo is de gemiddelde zakkingssnelheid in stadsdeel Centrum voor de periode 2017 tot 2019 relatief laag, maar komen hier in de zomer van 2018 toch lokaal grote zakkingssnelheden voor.

4.4. Relatie zakkingen met grondwaterstand

Uit de grondwaterstandsmetingen en de satellietdata van Sensar volgt een algemeen beeld: In de zomer van 2018 zijn relatief grote zakkingen en relatief lage grondwaterstanden opgetreden. Dit beeld ondersteunt de theorie dat verlaging van de grondwaterstand bodemzettingen veroorzaakt.

Op detailniveau volgt uit de metingen echter geen duidelijke relatie tussen de grondwaterstand en bodemzettingen. Niet op basis van langjarige metingen en niet op basis van de metingen in de zomers.

4.5. Relatie zakkingen met bouw-/aanlegjaren

Maaiveldzakkingen in jonge en oude wijken

In recent (periode 2000 - heden) opgerichte woonwijken treden relatief grote zakkingen op. Het betreft zowel zakkingen van het maaiveld, de wegen, riolering en in mindere mate van de bebouwing. Dit is vooral terug te zien in Stadsdelen Vlaardinger Ambacht en Oostwijk (bijlage 10). Het optreden van (enige) maaiveldzakking na bouwrijpmaken (restzetting) is gebruikelijk in gebieden met slappe bodems.

In de stadsdelen met de oudste wijken (Centrum, Oostwijk en Vlaardinger Ambacht) zijn de maaiveldzakkingen relatief laag. Het is aannemelijk dat deze stadsdelen gebouwd zijn op het deel van Vlaardingen met de meest draagkrachtige ondergrond en dat de bodem door historische belastingen al veel zakking heeft ondergaan. Het maaiveldniveau ligt in deze stadsdelen dan ook 1 tot 2 meter hoger dan het maaiveldniveau in de stadsdelen Holy Noord, Holy Zuid en Westwijk.

Relatie gebouwzakkingen met funderingstype

Panden die verzakken met een snelheid die overeenkomt met de maaiveldzetting ter plaatse, zijn in de regel op staal gefundeerd of hebben een houten paalfundering die niet berekend is op negatieve kleef. Ook nieuwbouw op betonpalen kan de eerste jaren na realisatie nog iets verzakken. Panden die niet zakken, terwijl het maaiveld wel zakt, zijn vrijwel zeker op palen gefundeerd.

4.6. Relatie zakkingen met bodemopbouw

Relatie zakkingen en dikte van de ophooglaag

Er is een relatie tussen de dikte van de stedelijke ophooglaag en de grootte van de (langjarige) maaiveldzakkingen. Als de Broekpolder, wat geen stedelijk gebied betreft, buiten beschouwing wordt gelaten treden de grootste (langjarige) maaiveldzakkingen op in stadsdeel Holy Noord. Uit de boorprofielen van de peilbuizen uit het grondwatermeetnet blijkt dat in dit stadsdeel de dikste ophooglaag aanwezig is (bijlage 3). Dit komt doordat Holy Noord bij de bouw integraal is opgehoogd met een laag van 1 à 2 meter dikte [1]. Ook zijn er na de bouw nog ophogingen van het openbaar terrein uitgevoerd.

Centrum is het stadsdeel met de kleinste (langjarige) maaiveldzakkingen, terwijl hier juist de dunste ophooglaag voorkomt.

Het bestaan van een relatie tussen zakkingssnelheid en dikte van de ophooglaag hoeft overigens niet te betekenen dat de zakking door de ophogingen worden veroorzaakt. Uit informatie over historische ophogingen in Vlaardingen [6] blijkt dat grote delen van Holy Noord na oprichting ten minste nog 2 keer zijn opgehoogd. Het is hierdoor aannemelijker dat grote maaiveldzakkingen hier zijn gecompenseerd door extra op te hogen, met een dikke stedelijke ophooglaag tot gevolg.

Zakkingen bij oude watergangen
Door beleidsmedewerkers van de gemeente is aangegeven dat de maaiveldzakkingen in Holy vooral optreden op locaties van gedempte oude watergangen.

Zakkingen bij hoger gelegen grondlichamen
Aan de randen van de stadsdelen zijn relatief grote zakkingen opgetreden. Dit is vooral bij de hoger gelegen grondlichamen van de A20, de spoorbaan, de Westlandseweg, de sport-complexen in de Broekpolder.

5. Overige analyses

5.1. Analyse bomen

Bomen als slachtoffer van droogte
Lage grondwaterstanden kunnen zorgen voor een vochttekort bij bomen. Dit kan leiden tot groeistagnatie.

Uit de analyse van de grondwaterstandsmetingen (hoofdstuk 3) blijkt dat de grondwater-stand in 2018 in Stadsdeel Holy Noord het verste is uitgezakt beneden de langjarige RLG. In theorie is de kans op droogteschade aan bomen hierdoor het grootste in Holy Noord. De verschillen in uitzakking zijn lokaal echter groot en relatief gelijkmatig verspreid tussen de stadsdelen. Op basis van de resultaten van de grondwateranalyse kunnen hierdoor geen gebieden worden aangewezen waar de kans op droogteschade aan bomen het grootste is.

Op basis van gebiedskenmerken wordt bij droogte vooral in Stadsdeel Vlaardinger Ambacht droogteschade aan bomen verwacht. In dit stadsdeel is de afstand tussen watergangen relatief groot en is slechts een dunne stedelijke ophooglaag aanwezig. Aanvoer van water vanuit oppervlaktewatergangen is hierdoor beperkt. Daarnaast is dit stadsdeel relatief groen waardoor de verdamping van grondwater relatief hoog is.

De ervaring van de gemeente Schiedam is dat het groen in de gehele gemeente het bij droogte moeilijk heeft (bijlage 2). Zo lieten de Platanen in de gehele gemeente in 2018 extreem vroeg hun blad en schors vallen, een zelfbeschermingsactie tegen droogte.

Ook moest water worden gegeven aan jonge aanwas. De gemeente heeft geen ervaring met het afsterven van bomen als gevolg van droogte.

Bomen als “veroorzaker” van droogte

In het groeiseizoen verbruiken bomen veel grondwater. Dit kan rond de bomen zorgen voor een verlaagde grondwaterstand. Vooral op plaatsen waar de toestroom van grondwater beperkt is. In situaties van droogte versterken bomen hierdoor het risico op te lage grondwaterstanden en het optreden van droogteschades.

Om dit verhoogde risico op droogte als gevolg van bomen in beeld te brengen is een GIS-analyse uitgevoerd waarbij gekeken is op welke locaties binnen 5 m afstand van oude bebouwing (<1960) bomen aanwezig zijn. Het resultaat van de GIS analyse is bijlage 13 gepresenteerd. Hier is extra aandacht voor het beperken van lage grondwaterstanden (als doelmatig) nodig.

5.2. Analyse verzilting

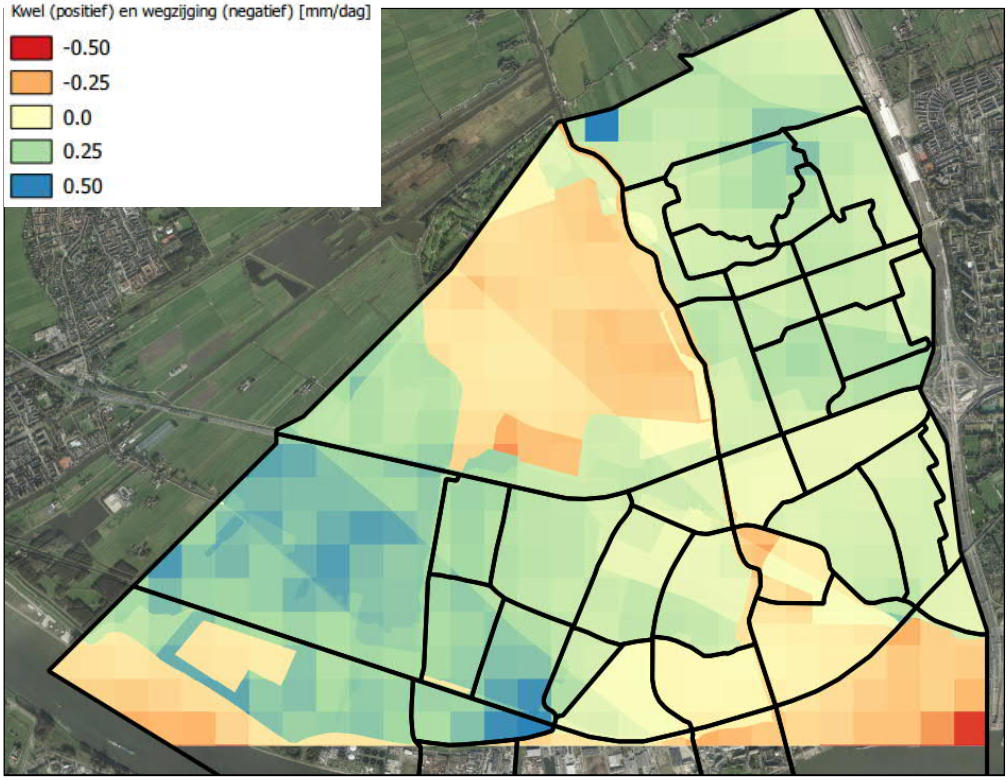
Verzilting grondwater

In figuur 11 is een kwelkaart/wegzijgingskaart van Vlaardingen gepresenteerd. Deze kwelkaart geeft de geschatte kwel- en wegzijgingsfluctuatie van het eerste watervoerend pakket ten opzichte van het oppervlaktewaterpeil weer. Omdat het grondwater in het eerste watervoerend pakket zout/brak is, is op kwellocaties sprake van verzilting van het freatisch grondwater.

Als gevolg van dalende grondwaterstanden dient in de toekomst rekening te worden gehouden met een toename van kwel en/of afname van wegzijging. Dit kan leiden tot verdere verzilting van de bodem en oppervlaktewater. Ook het indringen van zout zeewater als gevolg van lage Maaswaterstanden leidt tot verzilting. Als gevolg van neerslag zal wel vrijwel overal een regenwaterlens van tenminste enkele meters dikte aanwezig blijven.

Verzilting oppervlaktewater

Door het Hoogheemraadschap van Delfland is aangegeven dat er in periode van droogte brak/zout water wordt ingelaten in de boezem en polders (bijlage 2). Dit is nodig om de peilen te handhaven. De mate van verzilting die hierdoor optreedt, wordt door het Hoogheemraadschap niet als een probleem gezien. Met Schieland en de Krimpenerwaard (aangrenzend waterschap) heeft Delfland de afspraak dat de geleidbaarheid (indicatie voor het zoutgehalte) van water dat via de Schie Schieland en de Krimpenerwaard binnenstroomt maximaal 1,6 mS/cm (millisiemens per centimeter) mag bedragen. Hier wordt relatief eenvoudig aan voldaan. Ter vergelijking: de geleidbaarheid van zeewater bedraagt circa 42 mS/cm.



Figuur 12: Kwel/wegzijgingskaart, oppervlaktewaterpeil t.o.v. druk 1e watervoerend pakket. [1]

5.3. Analyse watersysteem

Waterpeilen

Door het Hoogheemraadschap van Delfland is aangegeven dat er in 2018 net als in andere jaren geen problemen zijn geweest met het handhaven van de peilbesluiten (afwijkingen van circa +5 cm en -5 cm zijn gebruikelijk). Het hoogheemraadschap heeft verspreid over het beheersgebied verschillende meetlocaties waar de waterstanden automatisch worden gemonitord. Deze meetpunten bevinden zich vooral bij de gemalen en stuwen bij de verbindingen tussen peilgebieden en boezems. In theorie kunnen in de “haarvaten” van het oppervlaktewatersysteem, op grotere afstand van de inlaten afwijkingen van het peilbesluit zijn opgetreden. Hier heeft het Hoogheemraadschap geen signalen van ontvangen. Door de gemeente is hierover aangegeven dat de oppervlaktewaterpeilen rondom de volkstuinen soms wel erg laag stonden. Vermoedelijk doordat het water werd verbruikt voor het besproeien van de planten.

Het watersysteem in de Broekpolder vormt een uitzondering. Dit systeem wordt volledig door neerslag gevoed; er wordt geen water ingelaten. Als gevolg hiervan kunnen de watergangen in de Broekpolder in droge zomers in theorie droogvallen. Het is niet bekend of en in welke mate dit de afgelopen jaren gebeurd is.

Oppervlaktewaterkwaliteit

Door de gemeente is aangegeven dat de waterkwaliteit ieder jaar in de zomer verslechterd. 2018 was hierin wel extreem. De gemeente heeft te maken met:

- Blauwalg (onder andere in de Krabbenplas).
- Kroos, stankoverlast (gehele stedelijk gebied) en drijfvuil (vooral in het Buizengat).
- Vissterfte (gehele stedelijk gebied). Vooral wanneer na een langere periode van droogte een extreme bui viel, en bezinksel uit het riool via overstortten in het oppervlaktewater terecht kwam.

6. Conclusies

In dit hoofdstuk zijn de conclusies van de uitgevoerde analyses gepresenteerd.

Effect droogte op de grondwaterstand

Uit het onderzoek blijkt dat er een relatie bestaat tussen droogte en grondwaterstandsniveau:

1. Op stadsdeelniveau leidt droogte in de gehele gemeente tot dalende grondwaterstanden, variërend van circa 0,1 m tot meer dan 0,6 m.
2. Het effect van droogte op de grondwaterstand varieert sterk per peilbuislocatie. Lokale factoren (doorlatendheid bodem, lekke riolen, afstand tot oppervlaktewater, bestrating/begroeiing, etc.) lijken de effecten van droogte op de grondwaterstand te versterken dan wel te beperken.

Relatie droogte en maaiveldzakking

Uit het onderzoek volgen de volgende relaties tussen droogte en maaiveldzakking:

1. Droogte leidt in Vlaardingen tot een toename van maaiveldzakkingen, tot meer dan ordegrootte 5 mm in een zomer.
2. Maaiveldzakkingen als gevolg van droogte treden in alle stadsdelen op, ook in de stadsdelen waar de meerjarige maaiveldzakkingen (periode 2015-2019) relatief klein zijn zoals Centrum en Vlaardinger Ambacht.

Risico's van droogte

Uit de uitgevoerde analyse blijkt dat de voornaamste risico's van droogte betrekking hebben op schade aan bebouwing, infrastructuur en vermindering van oppervlaktewaterkwaliteit:

1. Schade aan bebouwing:
   a. Maaiveldzakkingen vormen een risico voor op staal gefundeerde panden en oude panden met een houten paalfundering die niet op negatieve kleef zijn berekend. Dit risico speelt vooral in de stadsdelen Centrum, Vlaardinger Ambacht en Oostwijk. Enerzijds omdat dergelijke panden vooral in deze stadsdelen te vinden zijn. Maar ook doordat droogte in deze stadsdelen relatief veel invloed heeft op de snelheid waarmee maaiveldzakkingen optreden.
   b. Uitzakking van de grondwaterstand kan leiden tot droogstand van funderingshout. Dit is met name een risico in stadsdelen Centrum, Vlaardinger Ambacht en Oostwijk, omdat in deze stadsdelen veel panden aanwezig zijn die op houten palen zonder betonopzetters zijn gefundeerd.
2. Schade aan infrastructuur: De grootste maaiveldzakkingen treden op in Holy Noord waardoor in dit stadsdeel de grootste schades aan infrastructuur optreden. De bijdrage van droogte aan de maaiveldzakking in Holy Noord lijkt echter beperkt. Specifiek door droogte veroorzaakte schades aan infrastructuur zijn eerder te verwachten in Centrum en Vlaardinger Ambacht waar de meerjarige maaiveldzakkingen beperkt zijn.

3. Vermindering oppervlaktewaterkwaliteit. Binnen het stedelijk gebied heeft Het risico van droogte op groen en het risico op het optreden van verzilting als gevolg van droogte lijkt beperkt.

7. Advies

7.1. Vaststellen ambitieniveau omgang met droogte

We adviseren om de gemeentelijke ambities op het gebied van droogte te ontwikkelen en vast te leggen in het gemeentelijk beleid. Ter indicatie zijn hieronder drie potentiele ambitieniveaus beknopt weergegeven. Gedacht kan worden aan een werksessie (of enkele korte) met als doel het ambitieniveau van de gemeente te bepalen. Een centrale vraag voor in zo'n werksessie is: hoe interpreteert de gemeente de grondwaterzorgplicht ten aanzien van droogte? Op stadsdeelniveau zakt de grondwaterstand circa 20 cm uit (tabel 1). Is dit acceptabel of moet de gemeente maatregelen nemen om dit tegen te gaan?

Niveau 1: Informerend
De gemeente onderneemt geen/kleine stappen om de gevolgen van droogte te voorkomen. Burgers worden geïnformeerd over de gevolgen van droogte en de maatregelen die de burger hier tegen kan nemen.

Niveau 2: Reactief
Vanuit projecten (herinrichtingen/rioolvervangingen) de stad klimaat stap voor stap klimaatbestendiger maken. Hierbij kan gedacht worden aan:
- Uitvoeren van risicoanalyses bij rioolvervangingen;
- nemen van maatregelen ter voorkomen van droogte. Bijvoorbeeld de aanleg van drainage-infiltratiesystemen;
- opbouwen database funderingen en grondwaterstanden, op wijkniveau vullen en vervolgens op projectbasis aanvullen.

Niveau 3: Proactief
Actief maatregelen nemen om de stad klimaatbestendig te maken.
- In kaart brengen risicogebieden;
- opbouwen database funderingen en grondwaterstanden, op wijkniveau vullen en in detail aanvullen voor risicogebieden;
- planmatige coördinatie vanuit gemeente: droogte medebepalend voor planning projecten;
- nemen van maatregelen ter voorkomen van droogte. Bijvoorbeeld de aanleg van drainage-infiltratiesystemen (actief grondwaterpeilbeheer).

7.2. Stap voor stap meer droogtekennis opdoen

We stellen voor om de komende jaren planmatig, stap voor stap, meer droogte- en funderingskennis op te doen. Bijvoorbeeld via de volgende fases.

A. Het risico op droogstand van funderingshout bepalen

Het risico op droogstand van funderingshout kan in meerdere stappen worden bepaald. De eerste betreft deze studie. Daarna kunnen de buurten met houten palen in kaart worden gebracht (inclusief steekproefsgewijs niveaus bovenste funderingshout). Vervolgens kan een vlakdekkend beeld van de grondwaterstand worden gecreëerd op basis van modelberekeningen. Door het vlak dekkende beeld van de grondwaterstand te combineren met de informatie van het funderingshout kunnen vervolgens de risicolocaties worden afgeleid en doelmatigheidsafwegingen worden uitgevoerd ten aanzien van maatregelen (drainage-infiltratiesystemen, zogenaamd 'actief grondwaterpeilbeheer', en/of stimulering van funderingsherstel).

Stap 1: Gefaseerd vastleggen funderingsinformatie

De gemeente heeft op basis van bouwjaren, ervaringen en de Cityscan van Sensar een voorstelling van de funderingen in Vlaardingen. We adviseren de funderingen in kaart te brengen en te documenteren. Dit kan door eerst op buurtniveau het funderingstype te bepalen aan de hand van de Cityscan in combinatie met bouwtekeningen (steekproeven op basis van bouwstromen en risico's). Vervolgens kan voor buurten met houten funderingen het niveau van het bovenste funderingshout worden bepaald op basis van bouwtekeningen (steekproeven met hogere dichtheid). Deze informatie kan online worden ontsloten en ondersteund met kaartverhalen, om zo te delen met bewoners en medewerkers van de gemeente. Bewoners en medewerkers kunnen ook worden uitgenodigd om de data zelf aan te vullen voor hun eigen pand en de data te uploaden.

Stap 2: Vlakdekkend beeld grondwaterstand creëren

Sinds mei 2019 beschikt de gemeente over een hoogfrequent grondwatermeetnet waarmee de grondwaterstand in circa 80 peilbuizen ieder uur wordt gemeten. Deze metingen kunnen worden gebruikt voor het opstellen van een gemeentelijk grondwatermodel. Met het model kunnen vervolgens maatgevende droge perioden (zoals de zomer van 2018) worden doorgerekend om een vlak dekkend beeld te krijgen van de uitzakking van de grondwaterstand. Hiermee kan eveneens de effecten van rioollekkages op het grondwater (en de bijdrage hiervan op rioolvreemd water) worden beoordeeld.

Stap 3: Signaleren risicolocaties op basis van resultaten stap 1 en 2

B. Analyse effect droogte op onderhoudskosten

Droogte zorgt voor (extra) maaiveldzakking met schade aan wegen en riolering ten gevolg. We adviseren de extra onderhoudskosten als gevolg van droogte in beeld te brengen (zover mogelijk). Dit geldt specifiek voor gebieden waar de doorgaande maaiveldzakkingen klein zijn (en het effect van droogte dus relatief groot). Dit is input voor een doelmatigheidsanalyse voor 'actief grondwaterpeilbeheer'.

C. Toewerken naar handelingsperspectief

De gemeente kan inzetten op:

- Communicatie met de eigenaren. Het valt onder de verantwoordelijkheid van pandeigenaren om de funderingssituatie goed te houden en om eventueel de funderingssituatie in beeld te brengen;
- Eigenaren ondersteunen bij mogelijke maatregelen. Bijvoorbeeld door het aanreiken van opties (pandspecifieke infiltratiemaatregelen om de grondwaterstand op peil te houden / brengen en/of funderingsverbetering);
- Het creëren van een platform om individuele eigenaren samen te brengen, zodat zij gezamenlijk maatregelen kunnen nemen;
- Doelmatigheidsafweging van maatregelen in het openbare gebied. Dit wordt aangeraden om op korte termijn te doen voor panden die in de huidige situatie al kans op droogstand van het bovenste funderingshout hebben. Waar door klimaatverandering het risico op droogstand optreedt kan dit bijvoorbeeld worden meegenomen op het moment dat rioolvervanging in de planning staat.

7.3. Algemeen advies

Signaleren lekke riolen

Lekke riolen en droogte hebben een sterke relatie. Beide zorgen voor lage grondwaterstanden. Daarnaast kan droogte, via maaiveldzakkingen, leiden tot lekke riolen. We adviseren om grondwaterstandmetingen in combinatie van rioolinspecties te gebruiken om lekke riolen te signaleren. Vooral voor kwetsbare gebieden, met oude bebouwing, adviseren we om deze resultaten mee te wegen in doelmatigheidsanalyses voor maatregelen.

Uitvoeren risicoanalyses bij rioolvervanging

Wareco adviseerd om voorafgaand aan rioolvervangingsprojecten risicoanalyses uit te voeren. Hierbij gaat het niet alleen om de risico's tijdens uitvoering (bemaling/ontgraving/etcetera), maar ook om de risico's in de definitieve situatie (stijging grondwaterstand als gevolg van vervangen lek riool). De resultaten van de onder 7.1 genoemde vervolgonderzoeken kunnen helpen om risicoanalyses op een effectieve wijze uit te voeren. We adviseren om de zakkingsdata te gebruiken bij de voorbereiding van werken in de openbare ruimte (specifiek: ophoogmethoden, flexibele riolen, eventueel zelfs drukriolen, bemalingsadviezen, etcetera).

BIJLAGE 1
Bronvermelding

BIJLAGE 1. Gebruikte gegevens en bronnen

Voor het uitvoeren van het onderzoek hebben wij gebruik gemaakt van de volgende gegevens en bronnen:

1. Wareco (12-7-2017). Inventarisatie en nota grondwater en bodemdaling Vlaardingen. Kenmerk: KP01 RAP20170707.
2. Wareco (17-3-2017). Effecten klimaatverandering en maaivelddaling op grondwater te Vlaardingen. Kenmerk: KP01A RAP20160725.
3. Bouma, J., Maasbommel, M., & Schuurman, I. (2012). Handboek meten van grondwaterstanden in peilbuizen, STOWA rapport 50. Eindhoven: Van de Garde, Jémé.
4. SENSAR (6 november 2019). Delivery specification.
5. SENSAR (6 november 2019). Processing Reports 20190037RadarSAT2ASCT009PS, 20190037RadarSAT2ASCTY109PS, 20190037RadarSAT2DSCT102PS en 20190037RadarSAT2DSCT202PS.
6. Anteagroup (9-11-2017). Algemeen Ophoogadvies Gemeente Vlaardingen (bijlage 4 en 5). Projectnummer 0417318.00.
7. Kadaster. Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG). Geraadpleegd op 2 januari 2020.
8. Gemeente Vlaardingen. Bomen_VLD26-11-2019.shp.fld. Ontvangen op 10 december 2019.
9. KNMI. Dagwaarden neerslag en verdamping.
10. TNO. DINOloket en REGIS (Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem)
11. Wareco. Boorprofielen uit gemeentelijk meetnet Vlaardingen, kenmerk: 183982.
12. Gemeente Vlaardingen. Shape rioolkaart 25-7. Ontvangen op 10 december 2019.
13. https://klimaatschadeschatter.nl, zie ook: Klimaatschadeschatter, Rapportage 2019, NKWK Klimaatbestendige stad, d.d. 16 december 2019.
14. https://waterenklimaat.nl/nl/onderzoekslijnen/klimaatbestendige-stad/kenniskrant-voor-een-klimaatbestendige-stad/droge-kost/op-tijd-ingrijpen-bespaart-veel-kosten/
15. Overzichtskaart en tabel hoeveelheden rioolvreemd water. Op 11 maart 2020 per e-mail ontvangen van gemeente Vlaardingen.

BIJLAGE 2

Samenvatting werksessies

BIJLAGE 2. Samenvatting werksessies

Op 18 februari 2020 is bij en met de gemeente Vlaardingen een werksessie gehouden over de ervaringen van de gemeente met droogte. Bij deze werksessie waren beheerders van wegen, riolering en openbaar groen aanwezig. Op 20 februari is een tweede werksessie gehouden met een van de peilbeheerders van het Hoogheemraadschap van Delfland. In deze bijlage is een samenvatting gepresenteerd van de belangrijkste punten die tijdens de werksessies zijn besproken.

Wegen en bestrating

- Tijdens de droogte van 2018 was er opvallend veel sprake van losliggende bestrating (inclusief veel meldingen), onder andere in Holy, Lepelaarsingel, Westwijk. Oorzaak is verdroging van het tussenliggende zand waardoor het gaat stuiven en eruit gereden wordt. Doordat er ook sprake is van bodemdaling drukken uiteindelijk de wortels van bomen door de bestrating heen. Oplossing: fietspaden asvalteren (hierbij wordt circa 50 cm afgegraven waardoor de wortels ook weggegraven worden en niet meer de verharding omhoog kunnen duwen). Voor het tegengaan van de losliggende bestrating is wel gestrooid met zand, maar zijn de wegen niet nat gehouden. Er zijn enkele schadeclaims van letsel binnengekomen van mensen die gestruikeld zijn door losliggende bestrating (bijvoorbeeld in de Holysingel).
- Ook meldingen van losliggende tegels wanneer na een droge periode het opeens hard gaat regenen (zoals najaar 2017), waardoor het opgedroogte zand opeens tussen de bestrating uit spoelt.
- Bruggen zijn niet gekoeld met water, wel problemen gehad met electronicakasten die oververhit raakte
- Het nieuwe ophoogprogramma start in 2020 in Holy, hierbij wordt de verharding en het riool vervangen en wordt de wijk weer opgehoogd (kosten: 26 miljoen euro). Normaal gebeurd dit elke 60 jaar, maar ten noorden van de A20 is dit al verhoogd naar elke 40 jaar, maar nu in Holy al na 25 jaar (Bij Esdoorndreef, Kastanjedreef, Lindedreef en Hazelaarsdreef al binnen 25 jaar omdat er zakkingen tot wel 50 cm zijn opgetreden binnen 15 jaar). De verzakkingen laten een grote link zien met waar oude watergangen zaten. Door de verzakkingen hebben de woningen in Holy trappen richting de voordeur tot wel een meter hoog. Ook kan het voorkomen dat er onder de fundering door gekeken kan worden. Over het algemeen vind er gelijkmatige zakkingen plaats (geen last van kuilen).
- Er wordt opgehoogd met lichtgewicht ophoogmateriaal. Wegen en tuinen zakken gelijkmatig weg. Wanneer de gemeente de wegen ophoogd, doen over het algemeen de particulieren mee door hun tuinen op te hogen. Over het algemeen zien de wegen ondanks dat ze verzakt zijn er nog wel goed uit (omdat het gelijkmatig verzakt).
- Een veelvoorkomend probleem bij de gemeente met ophogen: zodra de wegen weer zijn opgehoogd, spoelt het zand op veel plekken weg naar kruipruimtes die maar blijven wegzakken en vaak niet worden opgehoogd. De gemeente vraagt zich af wie verantwoordelijk is voor deze schades, want het kost veel geld.

Groen

- Platanen lieten in 2018 extreem vroeg hun blad vallen uit zelfbescherming. Daarnaast was het blad sowieso kleiner dan tijdens een gemiddeld jaar. Bomen lieten hun schors vallen.
- In 2018 is water gegeven aan jonge aanplant. De gemeente is echter terughoudend met water geven want 1) anders verwen je de boom te veel en went de boom aan het water, 2) een nieuwe boom kopen is goedkoper dan hele jaar water geven.
- Er zijn extra kosten gemaakt omdat zomers al extra geveegd moest worden in verband met het bladafval. Daarentegen zijn er minder maaikosten gemaakt.
- Alle beplanting is in 2019 wel weer normaal opgekomen, alleen heeft de gemeente momenteel last van een bomenziekte (niet direct een link met de vorige droge zomer).
- Bij reconstructie van groen wordt er bij de gemeente rekening mee gehouden dat het klimaat veranderd en dat er soorten worden gebruik die goed tegen de droogte en/of juist tegen extreme regelval kunnen. Elsen en populieren worden bijvoorbeeld minder gebruikt omdat deze slecht tegen droogte kunnen. Er wordt minder een monocultuur gebruikt omdat als een soort dan slecht door een droge zomer of natte winter komt, dat niet direct al het groen uit de straten verdwijnt.
- Broekpolder is een opgespoten recreatiegebied afgekoppeld van het watersysteem en wordt alleen gevoed door hemelwater. Gedurende de zomer wordt de stuw omhoog gezet om water vast te houden. Het groen wordt beheerd door staatsbosbeheer, wordt alleen weinig naar om gekeken (ze noemen het brandhout).

Riolering

- Er lag door de bladval ook meer blad voor de kolken/roosters, waardoor toen het weer ging regenen er meer sprake was van water op straat. Niet echt extra bladafval in het riool zelf
- Wel was er sprake van stankoverlast doordat het riool niet vaak werd doorgespoeld door neerslag. Hierdoor moest extra gereinigd worden omdat dit veel bezinksel creeerden. Bij een heftige bui spoelde al het bezinksel opeens richting het gemaal en moest er extra gereinigd worden.
- Tijdens droge jaren meer last van wortelingroei in huisaansluitingen (gresaansluitingen). Dit komt omdat het grondwater zakt en bomen opzoek gaan naar het water en groeien verder naar beneden.
- Opvallend was dat in 2018 meerdere kolken vervangen moesten worden omdat deze lek waren, het water liep door het beton heen en er was meer sprake van stank. Met name in Westwijk en Indische buurt. Misschien is dit ontstaan omdat de kolken oud zijn, maar het was wel opvallend dat het na droogte gebeurde.
- In 2018 viel het op dat in de Huigstraat de kleigrond volledig was uitgedroogd terwijl het in de jaren ervoor uit vette klei bestond.
- Elke 10 jaar wordt riool geinspecteerd, hierdoor is het dus lastig te beoordelen of er extra schades zijn opgetreden als gevolg van de droogte in 2018. Maar over het algemeen komen er veel rioolverzakkingen voor in Vlaardingen. De leidingen in klei liggen over het algemeen stabiel, alleen omdat ze ook al zo oud zijn, hebben ze vaak een hoog infiltrerend vermogen en dus veel infiltratie van grondwater en mogelijk dus ook verlaging van het grondwater.
- Beleidsplan is aangepast, alle riolering ten zuiden van de A20 heeft een technisch

levensduur van 60 jaar en ten noorden 40 jaar. Zowel rioolvervanging als reconstructie (+ ophoging) heeft ten noorden een hoger tempo. Het kan zijn dat rioolbuizen langer blijven liggen ondanks dat de technische levensduur is verlopen en is afgeschreven: namelijk wanneer de buis nog goed ligt ondanks dat hij lek is.

- In 2019 zijn overstortconstructies geinspecteerd, drempels bleken ook bij nieuwe riolering verzakt van 0 tot 5 cm onder oppervlaktewaterpeil hierdoor is er in Vlaardingen veel rioolvreemdwater (zie ook bijlage 5). 41% van rioolwater is rioolvreemd, 27% afvalwater, de rest is hemelwater. De overstortpunten zijn dus kritische punten in het rioolstelsel (zakkingsgevoelig). Er zijn in het verleden experimenten gedaan met drijvende drempels. Het onderheien van overstorten is ook een optie (gedaan in Westwijk), maar door de bodemdaling is het risico op afbreken te groot en wordt daarom weinig toegepast.
- Op basis van oude meetgegevens is er een risicoinventarisatie gemaakt over in hoeverre lekke riolering voor lage grondwaterstanden zorgt. Dit wordt vervolgens ook meegenomen in nieuwe vervangingsprojecten. Recent is een riool vervangen in de Verheijstraat waar eerst diepe grondwaterstanden voorkwamen (waarschijnlijk lek riool), na rioolvervanging is de grondwaterstand omhoog geschoten.
- Persleiding van Holy richting Westwijk is zeer gevoelig langs het traject van de A20 omdat dit buitengebied zeer kwetsbaar is voor bodemdaling.

Drainage

- Drainage is aangegeven op kaart (zie bijlage 2b). Als delen van de stad niet ingekleurd zijn dan bekend dat niet dat er geen drainage ligt, maar dat het niet bekend is of er drainage ligt.
- Komende jaren wordt drainage beter in beeld gebracht.
- Bij nieuwe drainageleidingen wordt er soms een instelniveau aangebracht, bij oude drains over het algemeen geen drempels en is dan vaak aangelegd op de bovenkant van de rioleringsbuis. Soms zijn drainagebuizen naar boven afgebogen waardoor er een soort van drempel is gecreëerd (1).
- In de binnenstad is er weinig oppervlaktewater aanwezig, dus loost de drainage op het riool. In de buitenwijken stort de drain over het algemeen over op het oppervlaktewater. Omdat voornamelijk in de binnenstad oude bebouwing voorkomt maar er geen oppervlaktewater aanwezig is, is het niet mogelijk om de drainage om te bouwen naar drainage-infiltratieleidingen.
- Ligging drainageleidingen soms visueel zichtbaar in het gras van parken.
- In Vlaardingen komt veel verstopping van drainage voor, waarschijnlijk omdat het grootste deel boven de grondwaterstand ligt. De gemeente streeft er naar om de drainage 1x per jaar te onderhouden. Hierbij spuiten ze het begin van de drainageleidingen door waar veel oer opstapelt. Ook doen ze alleen het begin van de buis en onder lage druk omdat de drains kwetsbaar zijn. Na doorspuiten stroomt de drainage direct weer door en is binnen een dag het grondwater weer op peil.
- In de Oranjebuurt verstopt de drainage snel en wordt gemiddeld 2x per jaar doorgespoten.

Funderingen

- In Holy zijn de woningen gefundeerd op palen. De houten palen die aanwezig zijn

hebben waarschijnlijk allemaal betonoplangers.

- Over het algemeen komen bij de gemeente weinig meldingen binnen over schades aan funderingen. Hooguit een aantal bewoners die informatie willen inwinnen door de dingen die ze in de media horen.
- In de Plantanendreef is er een melding van een verzakte woning
- De huizen in de Oranjebuurt zakken ongelijkmatig waardoor scheefstand van de woningen is ontstaan. In de binnenstad veel woningen op staal, ook hier komt scheefstand voor.
- Er wordt veel nieuwe tegenover oude bebouwing gerealiseerd. Elke keer moet er een goed plan gemaakt worden om voor de hoogteverschillen te compenseren. Ook moet nagedacht worden over dat als de nieuwbouw hoog en dus klimaatbestendig wordt aangelegd, dat dit voor overlast kan zorgen bij de oude laag liggende bebouwing.
- Om claims na afloop rioolwerkzaamheden te voorkomen worden nulmetingen maar ook funderingsonderzoek gefaciliteerd door de gemeente. De bewoners krijgen een kleine bijdrage van de gemeente voor het funderingsonderzoek onder de voorwaarde dat de gegevens worden gedeeld.
- Doordat huizen gefundeerd zijn maar het maaiveld zakt, breken huisaansluitingen soms af (maar relatief weinig waterleidingen). In Westwijk zijn wel enkele waterleidingen gesprongen. Ook zijn alle gasaansluitingen in het verleden al nog een keer vervangen.

Oppervlaktewater

- Het Hoogheemraadschap heeft in perioden van droogte geen problemen met het handhaven van de vastgestelde polderpeilen. In Delfland zijn er 6 boezemgemalen waarmee water binnengelaten kan worden. Een belangrijk gemaal is het gemaal bij het Brielse meer waarmee tot 4 m^3 water per seconde kan worden ingelaten. Dit is water van goede kwaliteit. Ook is er een mogelijkheid om bij Leidschendam van uit het beheersgebied van Rijnland water in te laten.
- De waterhoogtes van oppervlaktewaterpeilen worden gemeten bij de inlaten en lokaal bij stuwen. Het peil fluctueert hierbij tussen +5 cm en -5 cm ten opzichte van het peilbesluit.
- In de Broekpolder kunnen oppervlaktewater gedurende droge zomers wel droogvallen. Dit watersysteem wordt alleen door neerslag gevoed (er wordt geen water ingelaten).
- Rondom de volkstuinen (zie bijlage 2b) stonden de oppervlaktewaterpeilen soms erg laag, maar dit kwam waarschijnlijk doordat het water werd gebruikt voor de besproeiing van planten zonder dat het water weer werd aangevuld.
- De zwemplas de Krabbenplas is in beheer bij Staatsbosbeheer. Elk jaar is hier wel last van blauwalg, maar in 2018 was dit extreem. Ook was er sprake van veel botulisme (al werd dat misschien gelinkt aan het festival wat gehouden werd aan de plas). Door de blauwalg was er regelmatig een zwemverbod. Door meer doorspoeling en circulatie te creëren hopen ze in de toekomst op minder blauwalg. In 2018 hebben ze waterstofperoxide in het water gegooid om de algen te bestrijden, hierdoor was er 2 dagen een zwemverbod. De Krabbenplas heeft van zichzelf al een zeer voedingsrijke bodem.
- Waterharmonica. Ten zuiden van de Krabbenplas wordt een grote zuivering gerealiseerd. Hier wordt rioolwater ingelaten dat via verschillende rietvelden (natuurlijke zuivering) naar de Krabbenplas wordt gebracht. Dit met als doel de zwemwaterkwaliteit

te verbeteren (in verband met blauwalg dat daar jaarlijks optreedt). De capaciteit hiervan moet 30000 m^3 per dag gaan bedragen.

- In het stedelijk gebied kwam gedurende de droge zomer van 2018 veel kroos voor, was er stankoverlast en vissterfte. Vissterfte kwam met name door wanneer er na een lange periode van droogte opeens een extreme regenbui viel. Hierdoor werd er water uit het riool overgestort waardoor veel bezinksel uit de riolering het oppervlaktewater in liep.
- Het oppervlaktewater in Vlaardingen wordt zouter door meer kwel en doordat de rivier lager staat waardoor zout water verder het land kan binnendringen. Ook laat het Hoogheemraadschap van Delfland in droge perioden brak/zout water in in de boezem en polders. De mate van verzilting die hierdoor optreedt, wordt door het Hoogheemraadschap niet als een probleem gezien. Met het hoogheemraadschap van Schieland en de Krimenerwaard (aangrenzend waterschap) heeft Delfland de afspraak dat de geleidbaarheid (indicatie voor het zoutgehalte) van water dat via de Schie Schieland en de Krimpenerwaard binnenstroomt maximaal 1,6 mS/cm (millisiemens per centimeter) mag bedragen. Hier wordt relatief eenvoudig aan voldaan.
- In het Buizengat is 's zomers veel drijfvuil tijdens warme dagen wat stank oplevert en een vies beeld. Hier wordt ook gezwommen.
- Door de aanleg van de Blankenburgverbinding zal de waterkwaliteit in Vlaardingen toenemen door de compensatiemaatregelen die getroffen moeten worden.

Legenda

- Drainage Vlaardingen
- Volkstuinen

Holy Noord

Broekpolder

Holy Zuid

Vlaardinger Ambacht

Westwijk

Centrum

Oostwijk

Vettenoordse Polder

Bijlage 2b. Gebieden met drainages en volkstuinen

	Project: 194247	Datum: 12-03-2020	Opgesteld: AJO	Controle: MKU

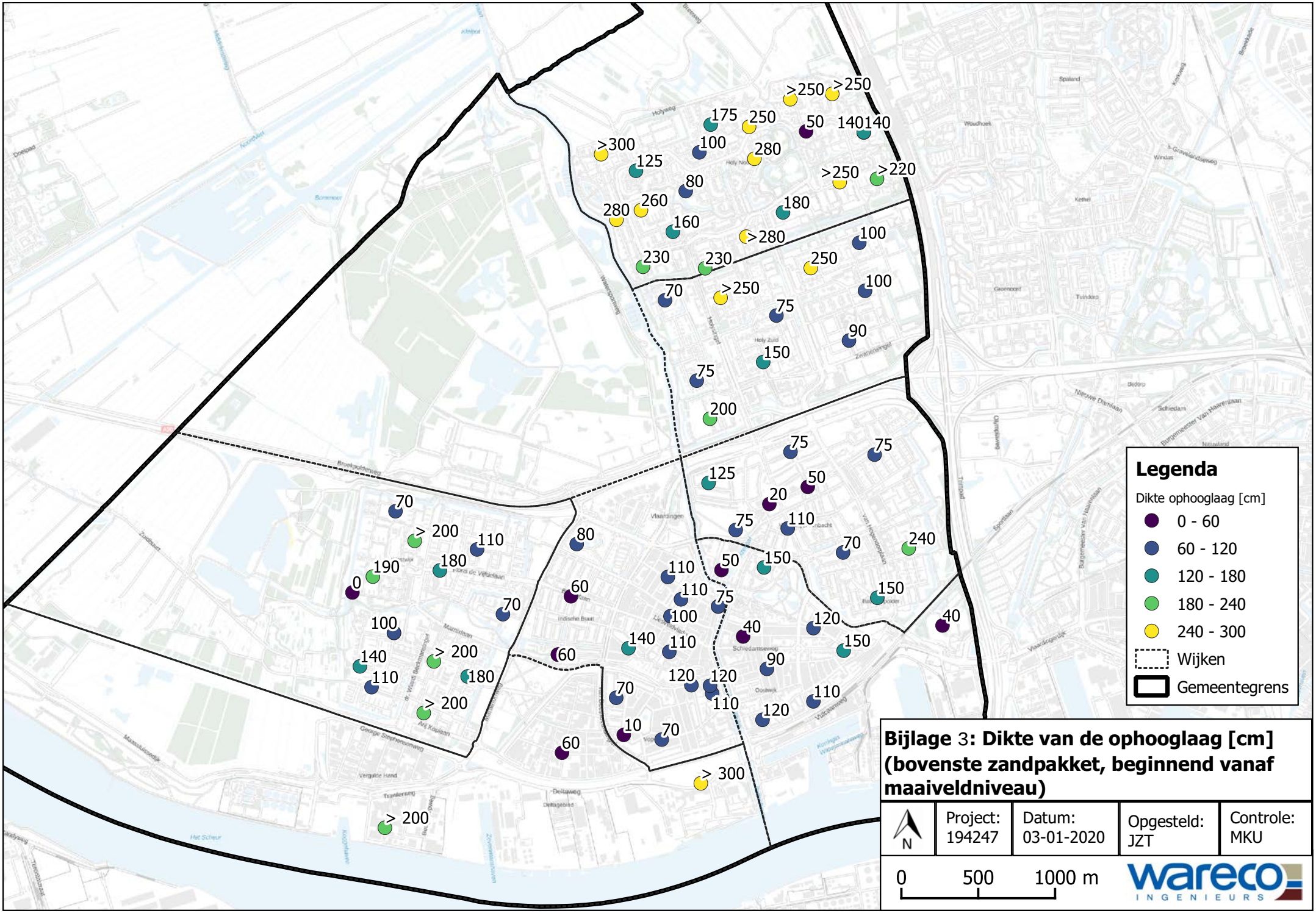
N

0 50 100 m

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 3

Dikte ophooglaag


>250
>250
175
250
50
140
140
>300
100
280
125
>250
>220
80
280
260
180
160
>280
100
230
230
250
70
>250
100
75
90
150
75
200
75
75
125
50
20
75
110
70
240
50
150
110
110
75
150
100
40
120
140
110
150
120
90
110
70
10
70
60
> 300
70
> 200
110
180
190
0
100
140
110
> 200
180
> 200
> 200
60
60
60
Legenda
Dikte ophooglaag [cm]
0 - 60
60 - 120
120 - 180
180 - 240
240 - 300
Wijken
Gemeentegrens
Bijlage 3: Dikte van de ophooglaag [cm] (bovenste zandpakket, beginnend vanaf maaiveldniveau)
N
Project: 194247
Datum: 03-01-2020
Opgesteld: JZT
Controle: MKU
0
500
1000 m
wareco INGENIEURS

BIJLAGE 4

Ouderdom bebouwing

Legenda

Panden

- Voor 1930 (voor 1930 werden geen betonoplengers toegepast)
- 1930 tot 1960 (begin gebruik betonopzetters, grenen palen toegestaan)
- 1960 tot 1980 (vaak betonopzetters, grenen palen verboden)
- 1980 tot 1992 (voldoende lange betonopzetters/volledig beton)
- Na 1992 (na bouwbesluit, vloeren waterdicht afgewerkt)
- Wijken
- Gemeentegrens

Bijlage 4: Ouderdom bebouwing

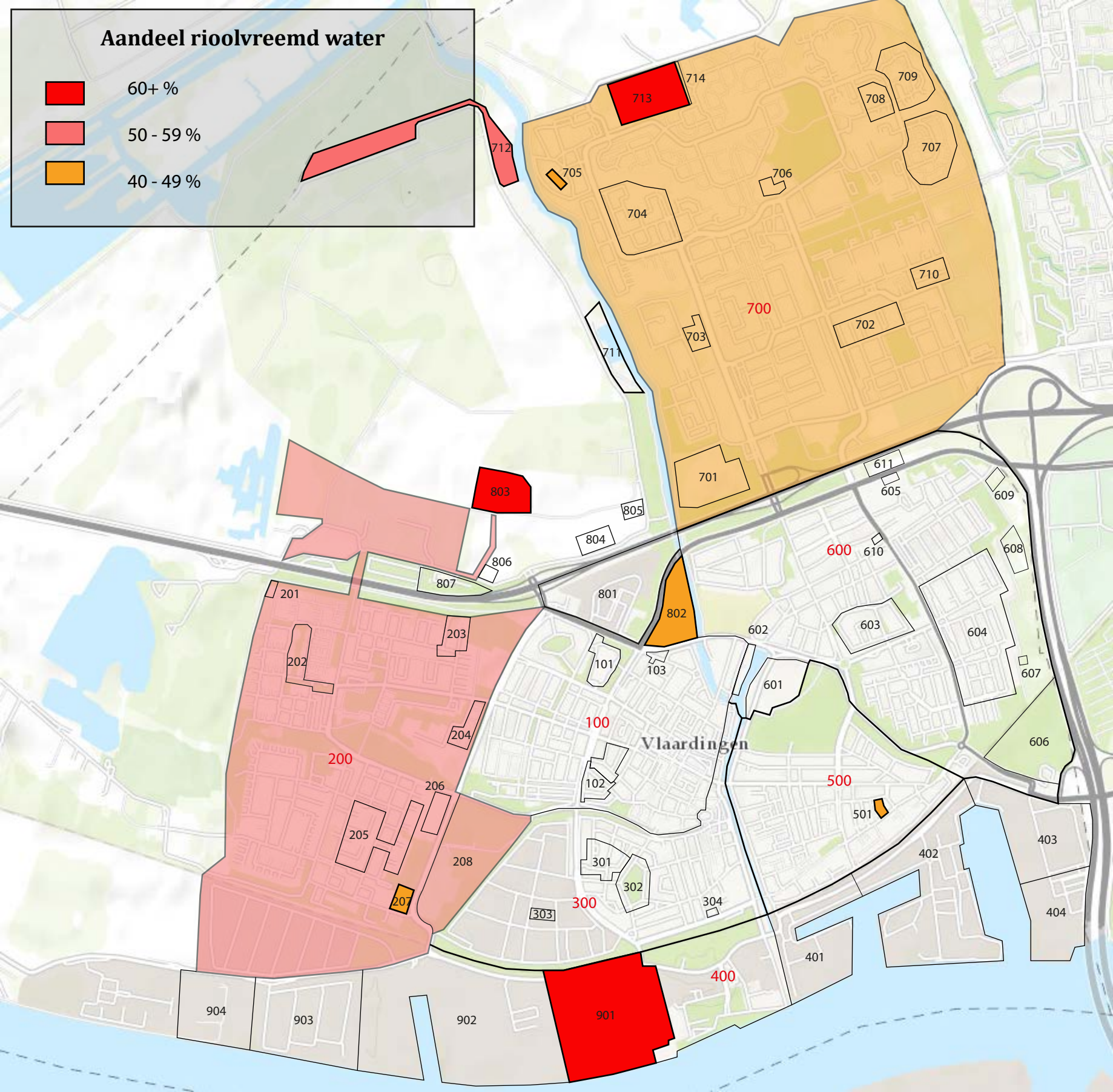
N	A3	Project: 194247	Datum: 04-02-2020	Opgesteld: JZT	Controle: MKU

0 50 100 m

wareco INGENIEURS

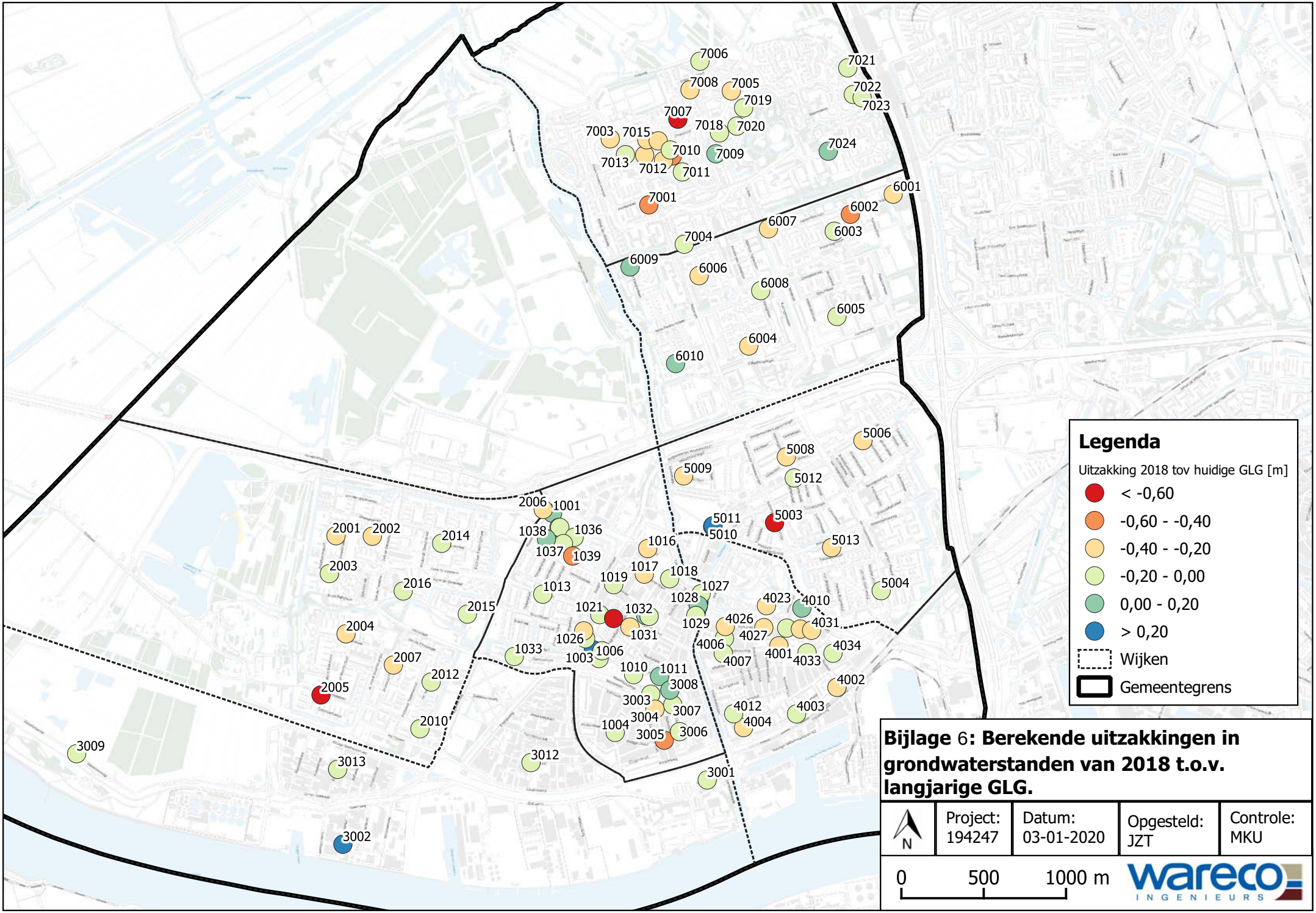
BIJLAGE 5

Overzicht aandeel rioolvreemd water


Aandeel rioolvreemd water
60+ %
50 - 59 %
40 - 49 %
Vlaardingen
100
200
300
400
500
600
700
101
102
103
201
202
203
204
205
206
207
208
301
302
303
304
401
402
403
404
501
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
801
802
803
804
805
806
807
901
902
903
904

BIJLAGE 6

Berekende uitzakkingen in grondwaterstanden van 2018 t.o.v. langjarige GLG


7006
7021
7008
7005
7022
7019
7023
7007
7018
7020
7003
7015
7024
7010
7009
7013
7012
7011
6001
7001
6002
6007
6003
7004
6009
6006
6008
6005
6004
6010
5006
5008
5009
5012
2006
1001
5011
5003
2001
2002
1038
1036
5010
2014
1016
5013
1037
1039
2003
1017
1018
1019
5004
2016
1013
1027
1028
4023
4010
2015
1021
1032
1029
4026
4031
2004
1031
4027
1026
4006
4034
1033
1006
4001
4033
2007
1003
4007
1010
1011
2012
4002
3008
2005
3003
3007
4012
4003
3004
4004
2010
1004
3005
3006
3009
3012
3013
3001
3002
Legenda
Uitzakking 2018 tov huidige GLG [m]
< -0,60
-0,60 - -0,40
-0,40 - -0,20
-0,20 - 0,00
0,00 - 0,20
> 0,20
Wijken
Gemeentegrens
Bijlage 6: Berekende uitzakkingen in grondwaterstanden van 2018 t.o.v. langjarige GLG.
N
Project: 194247
Datum: 03-01-2020
Opgesteld: JZT
Controle: MKU
0
500
1000 m
wareco
INGENIEURS

BIJLAGE 7

Toelichting zakkingsdata Sensar

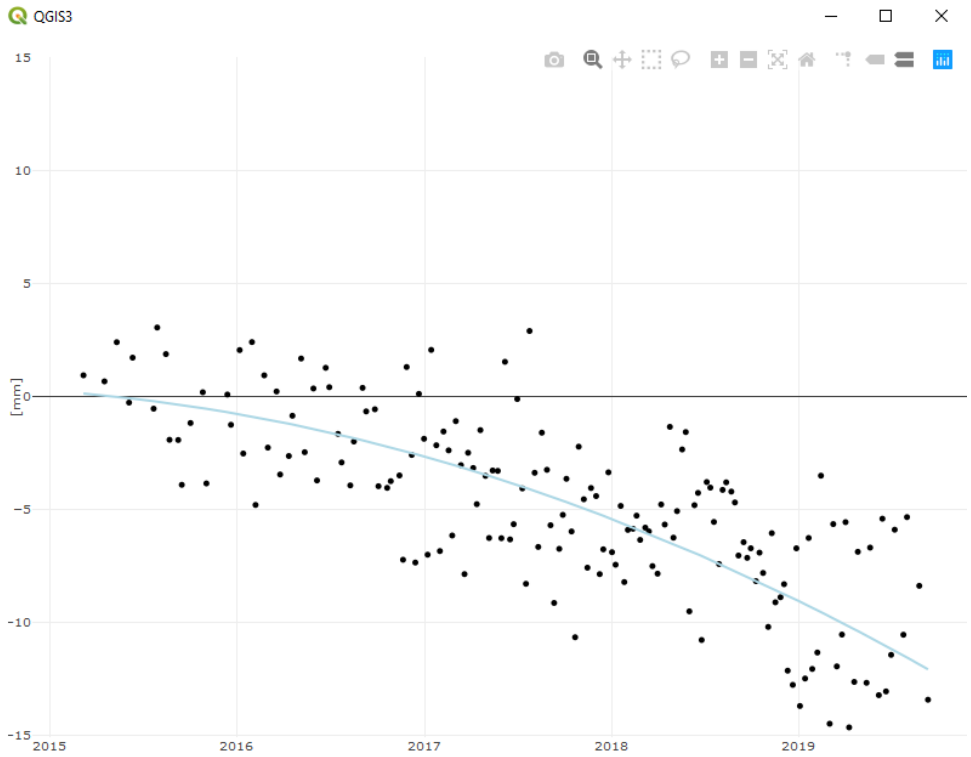
BIJLAGE 7. Toelichting InSAR

Een belangrijk onderdeel uit de uitgevoerde droogtestudie is de analyse van zakkingsdata afkomstig van satellieten. Door Sensar is in opdracht van de gemeente Vlaardingen een “Cityscan” uitgevoerd, waarbij op basis van satellietdata gemiddelde zakkingssnelheden zijn bepaald voor het maaiveld, wegen, panden en riolering. In overleg met Wareco heeft Sensar ook zakkingsnelheden bepaald voor de zomerperioden van 2017, 2018 en 2019.

De resultaten van de dataverwerkingen door Sensar zijn in de rapportage en bijlagen op kaart gepresenteerd. In deze bijlage is een korte toelichting opgenomen over de bewerkingsstappen die Sensar heeft uitgevoerd om tot de resultaten te komen. Daarnaast is uitgelegd hoe nauwkeurig de resultaten en zijn en hoe met de resultaten dient om te worden gegaan.

Methode bepaling zakkingssnelheid

InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) is een radartechniek waarmee met behulp van satellieten vervormingen van het aardoppervlak worden gemeten. De satellieten meten de tijd die het radarsignaal erover doet om van de satelliet naar de aarde en terug te reizen. Op basis van verschillen in reistijd worden relatieve hoogteverschillen afgeleid. Gemiddelde zakkingssnelheden worden vervolgens afgeleid door een trendlijn te fitten door alle individuele metingen van een punt of object (figuur 1).



Figuur 1: Voorbeeld van een set relatieve hoogtemetingen van een object waardoor een trendlijn is getrokken die de zakkingssnelheid van het object weergeeft.

Bij het bepalen van de zakkingssnelheid van een object of punt spelen uitschieters als gevolg van (atmosferische) ruis een grote rol (zie toelichting ruis). Hierbij geldt: des te groter het aantal metingen des te kleiner de invloed van uitschieters en des te nauwkeuriger de trend.

Atmosferische ruis
Bij het bepalen van de zakkingssnelheid speelt atmosferische ruis een grote rol. Atmosferische ruis zorgt voor vertraging in het radarsignaal van de satelliet naar de aarde en terug. Het grootste deel van de atmosferische ruis kan van deformaties worden onderscheiden en kan worden verwijderd. Een deel van de ruis blijft achter. Dit speelt vooral als de atmosfeer turbulent is, zoals bijvoorbeeld bij stormen of hittegolven. Het restant van de atmosferische ruis is lastig te onderscheiden van incidentele deformaties en anders vormen van ruis (verkeer, bouwwerkzaamheden, et cetera). Kortom: (atmosferische) ruis zorgt voor onnauwkeurigheid van individuele metingen. Hierdoor kunnen in meetreeksen “uitschieters” zitten, metingen die sterk afwijken van de rest van de metingen. Maar omdat “uitschieters” niet altijd door ruis worden veroorzaakt, en dus waardevolle informatie kunnen weergeven, worden deze niet standaard uit meetreeksen verwijderd.

Zakkingen in zomers
Op verzoek van Wareco heeft Sensar de zakkingssnelheden van het maaiveld bepaald voor de zomers van 2017, 2018 en 2019. Hierbij is in eerste instantie gebruik gemaakt van data van de satelliet Radarsat-2. Hierbij zijn per zomer per gridcel (10 m hexagoon) 11 à 12 metingen beschikbaar voor het bepalen van de trend. De resultaten lieten veel variatie in zakkingen zien. Zowel plaatselijk, als in de tijd. Deze plaatselijke variaties waren er op stadsdeelschaal, maar ook op wijk- en straat-schaal. Door de grote temporale en spatiale variaties was het niet mogelijk om een relatie te leggen tussen het optreden van maaiveldzakkingen, de grondwaterstand en de droogte van 2018.

Na overleg tussen Wareco en Sensar is geconcludeerd dat het aantal beschikbare metingen op basis van Radarsat-2 te klein is om per zomer voldoende nauwkeurige zakkingssnelheden te bepalen. Om deze reden heeft Sensar als vervolgstap de zakkingssnelheden van het maaiveld bepaald op basis van satellietdata van Sentinel-1.

Sentinel-1 data verschilt op twee belangrijke punten van Radarsat-2. De resolutie van Sentinel-1 metingen is lager, maar het aantal metingen is hoger (circa 3 keer hoger). Het effect van uitschieters op de resultaten is hierdoor kleiner, wel zijn de oppervlakten waarvoor de resultaten bepaald zijn groter (50 m hexagoon).

De resultaten van de Sentinel-1 data bevestigen op stadsschaal de hypothese dat in de zomer van 2018 grotere maaiveldzakkingen zijn opgetreden dan in de andere zomers (zie bijlage 11 en 12).

Nauwkeurigheid/betrouwbaarheid resultaten

Maaiveldzakkingen

De gemiddelde zakkingssnelheden van het maaiveld die met Radarsat-2 zijn bepaald komen qua ordegrootte overeen met de zakkingsnelheden die op basis van ervaringen worden verwacht (praktijkervaringen van de gemeente, en expert judgement adviseurs Wareco).

De zakkingssnelheden van het maaiveld die met Sentinel-1 voor de zomer perioden zijn bepaald, worden niet door praktijkervaringen bevestigd. Dit betekent echter niet dat de resultaten niet kloppen. Voor zakkingsgevoelige gebieden zoals Holy Noord is dit namelijk eenvoudig verklaarbaar: de extra zakking als gevolg van droogte is relatief klein ten opzichte van de meerjarige zakking. Ook voor de gebieden die minder snel zakken (bijvoorbeeld Centrum) is de extra zakking in de zomer van 2018 niet dusdanig groot dat acute schades worden verwacht. Hierdoor is het niet ondenkbaar dat de maaiveldzakkingen onopgemerkt blijven.

Bebouwing

Uit de Cityscan blijkt dat met name in stadsdeel Oostwijk veel panden sterk zakken (figuur 9 en bijlage 10). Opvallend is dat ook in Holy Noord veel panden verzakken met snelheden groter dan 2 mm per jaar (figuur 9). Dit komt niet overeen met onze verwachting. Namelijk dat de panden in Holy Noord op houten palen met betonopzetters zijn gefundeerd, dat de palen op negatieve kleef zijn gedimensioneerd en dat de panden niet zakkingsgevoelig zijn. Uit de Cityscan volgen pandzakkingen die in enkele gevallen oplopen tot meer dan 10 mm/jaar. Bij dergelijk grote zakkingen is schade aan de panden te verwachten (scheurtjes, klemmende deuren, et cetera). Informatie over dergelijke schades is niet bij ons bekend. Op basis van de beschikbare informatie kan niet worden uitgesloten dat de zakkingen correct zijn. Wij vermoeden echter dat Cityscan (nog) onvoldoende betrouwbaar is om de zakking van individuele panden nauwkeurig te bepalen.

Vegetatie

Vegetatie reflecteert geen radarsignalen terug naar de satellieten. Hierdoor zijn er weinig zakkingssnelheden bepaald voor de Broekpolder. De sportcomplexen komen wel naar voren.

Advies omgang met resultaten

Door Wareco wordt geadviseerd de maaiveldzakkingen die met satellietdata zijn bepaald vooral te gebruiken om gebieden met grote en lage zakkingen te onderscheiden. De zakkingssnelheden die met Radarsat-2 voor de periode 2015-2019 zijn bepaald geven naar verwachting een goede indicatie van de werkelijke zakkingen. Nader onderzoek moet uitwijzen of de zakkingssnelheden die voor korte tijdschalen worden bepaald eveneens een goede indicatie geven van de werkelijke zakking.

Geadviseerd wordt de gebouwzakkingen alleen te gebruiken om mogelijk funderingsfalen te signaleren. Nader onderzoek van de desbetreffende panden zal moeten uitwijzen of daadwerkelijk sprake is van falen van de fundering. De verwachting van Wareco is dat de resultaten (nog) onvoldoende nauwkeurig zijn om alleen op basis van satellietdata

funderingsfalen vast te kunnen stellen.

BIJLAGE 8

Gemiddelde snelheid maaiveldzakking

Legenda

20190037bGridDSTimeseries

- < -5.0 mm/yr
- -5.0 mm/yr
- -4.5 mm/yr
- -4.0 mm/yr
- -3.5 mm/yr
- -3.0 mm/yr
- -2.5 mm/yr
- -2.0 mm/yr
- -1.5 mm/yr
- -1.0 mm/yr
- -0.5 mm/yr
- 0.5 mm/yr
- 1.0 mm/yr
- 1.5 mm/yr
- 2.0 mm/yr
- 2.5 mm/yr
- 3.0 mm/yr
- 3.5 mm/yr
- 4.0 mm/yr
- 4.5 mm/yr
- 5.0 mm/yr
- > 5.0 mm/yr

Holy Noord

Holy Zuid

Broekpolder

Vlaardinger Ambacht

Westwijk

Centrum

Oostwijk

Vettenoordse Polder

Bijlage 8: Gemiddelde snelheid maaiveldzakking (periode 2015-2019) op basis van Radarsat-2 (Sensar)

N	Project: 194247	Datum: 12-03-2020	Opgesteld: AJO	Controle: MKU

0 50 100 m

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 9

Gemiddelde snelheid maaiveldzakking per stadsdeel

Legenda

20190037Buildings

- < -5.0 mm/yr
- -5.0 mm/yr
- -4.5 mm/yr
- -4.0 mm/yr
- -3.5 mm/yr
- -3.0 mm/yr
- -2.5 mm/yr
- -2.0 mm/yr
- -1.5 mm/yr
- -1.0 mm/yr
- -0.5 mm/yr
- 0.5 mm/yr
- 1.0 mm/yr
- 1.5 mm/yr
- 2.0 mm/yr
- 2.5 mm/yr
- 3.0 mm/yr
- 3.5 mm/yr
- 4.0 mm/yr
- 4.5 mm/yr
- 5.0 mm/yr
- > 5.0 mm/yr

Holy Noord

Broekpolder

Holy Zuid

Vlaardinger Ambacht

Westwijk

Centrum

Oostwijk

Vettenoordse Polder

Bijlage 9: Gemiddelde snelheid maaiveldzakking per stadsdeel

	Project:194247	Datum: 04-02-2020	Opgesteld: AJO	Controle: MKU

N

0 50 100 m

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 10

Gemiddelde snelheid gebouwzakking

Legenda

20190037Buildings

- < -5.0 mm/yr
- -5.0 mm/yr
- -4.5 mm/yr
- -4.0 mm/yr
- -3.5 mm/yr
- -3.0 mm/yr
- -2.5 mm/yr
- -2.0 mm/yr
- -1.5 mm/yr
- -1.0 mm/yr
- -0.5 mm/yr
- 0.5 mm/yr
- 1.0 mm/yr
- 1.5 mm/yr
- 2.0 mm/yr
- 2.5 mm/yr
- 3.0 mm/yr
- 3.5 mm/yr
- 4.0 mm/yr
- 4.5 mm/yr
- 5.0 mm/yr
- > 5.0 mm/yr

Holy Noord

Holy Zuid

Broekpolder

Vlaardinger Ambacht

Westwijk

Centrum

Oostwijk

Vettenoordse Polder

Bijlage 10**: Gemiddelde** s**nel**h**eid gebouwzakking**

N	Project:194247	Datum: 04-02-2020	Opgesteld: AJO	Controle: MKU

0 50 100 m

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 11

Gemiddelde snelheid maaiveldzakking per zomer

Zomer 2017

Zomer 2018

Zomer 2019

Holy Noord
Broekpolder
Holy Zuid
Vlaardinger Amba
Westwijk
Centrum
Oostwijk
Vettenoordse Polder

< -20.0 mm/yr
-20.0 mm/yr
-18.0 mm/yr
-16.0 mm/yr
-14.0 mm/yr
-12.0 mm/yr
-10.0 mm/yr
-8.0 mm/yr
-6.0 mm/yr
-4.0 mm/yr
-2.0 mm/yr
2.0 mm/yr
4.0 mm/yr
6.0 mm/yr
8.0 mm/yr
10.0 mm/yr
12.0 mm/yr
14.0 mm/yr
16.0 mm/yr
18.0 mm/yr
20.0 mm/yr
> 20.0 mm/yr

Bijlage 11: Gemiddelde snelheid maaiveldzakkingen per zomer obv Sentinel-1, inclusief lowpass filter (Sensar)

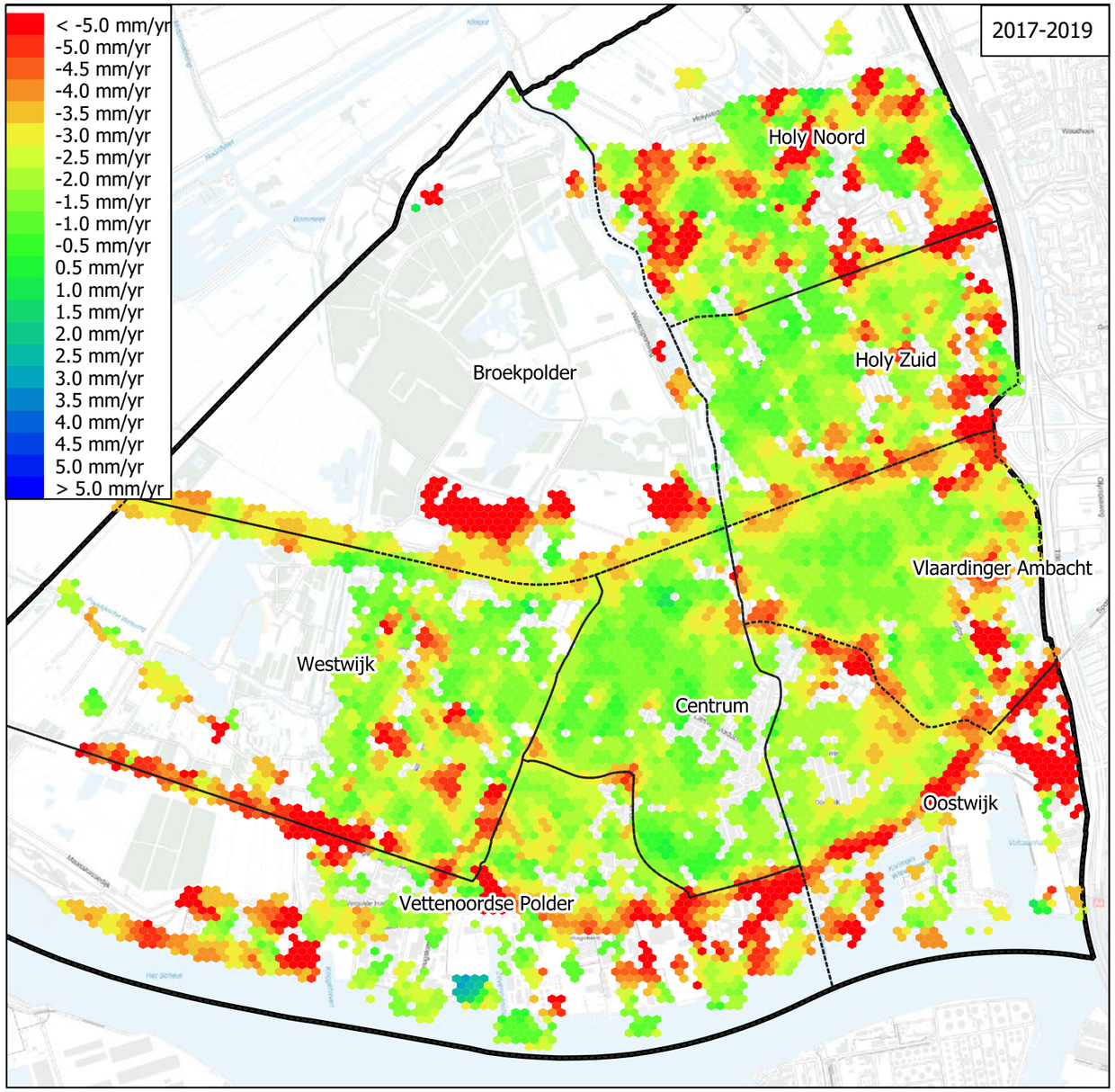
N	Project: 194247	Datum: 12-03-2020	Opgesteld: AJO	Controle: MKU

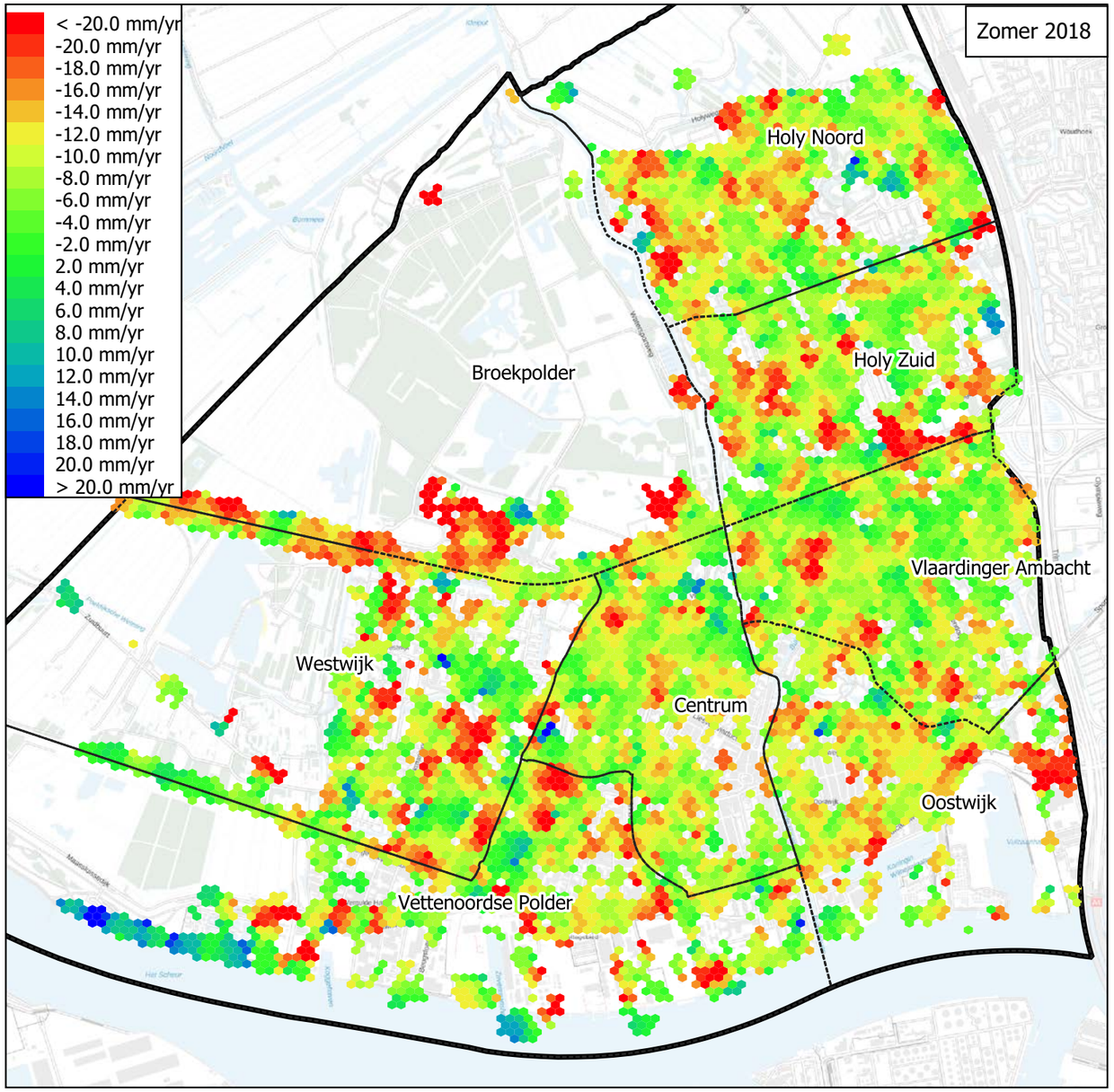
0 400 800 m

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 12

Gemiddelde snelheid maaiveldzakking zomer 2018 - meerjarig





Bijlage 12: Gemiddelde snelheid maaiveldzakking periode 2017-2019 en zomer 2018 o.b.v. Sentinel-1, inclusief lowpass filter

N	Project: 194247	Datum: 12-03-2020	Opgesteld: AJO	Controle: MKU

0 400 800 m

wareco INGENIEURS

BIJLAGE 13

Bomen nabij oude bebouwing

Legenda

- Bomen
- Panden van voor 1960 binnen 5 m afstand van bomen (beheerd door gemeente Vlaardingen)

Holy Noord

Holy Zuid

Broekpolder

Vlaardinger Ambacht

Westwijk

Centrum

Oostwijk

Vettenoordse Polder

Bijlage 13: Bomen nabij oude (<1960) bebouwing

N	Project:194247	Datum: 12-03-2020	Opgesteld: AJO	Controle: MKU

0 50 100 m

wareco INGENIEURS