

An aerial photograph of a coastal urban area, likely Kersenboogerd-Centrum. The image shows a dense residential area with many small houses, interspersed with green spaces and trees. A large body of water is visible in the foreground, with a sandy beach area. A road or railway line runs through the middle of the area. The overall scene is a mix of urban development and natural elements.

Klimaatadaptatie Kersenboogerd-Centrum

Rapportage over klimaatadaptieve oplossingsrichtingen en kosten

December 2021

Inhoud en doel

1. Aanleiding
2. Klimaateisen
3. Risico's in huidige situatie: je doet niets.
4. Oplossingsrichtingen voor water en hitte
5. Discussiepunten
6. Conclusie
7. Bijlagen

Wat willen we bereiken?

Met elkaar concretiseren van de klimaatopgave, de complexiteit van de oplossingen in de beperkte ruimte, en meekoppelkansen.

Aanleiding

Aanleiding

Klimaatverandering leidt tot:

- Vaker hevige neerslag
- Langere en intensere hittegolven
- Langere periodes van droogte

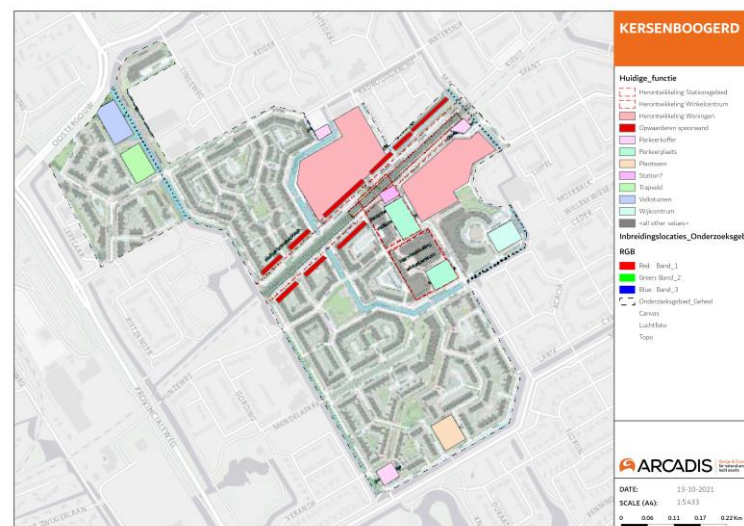
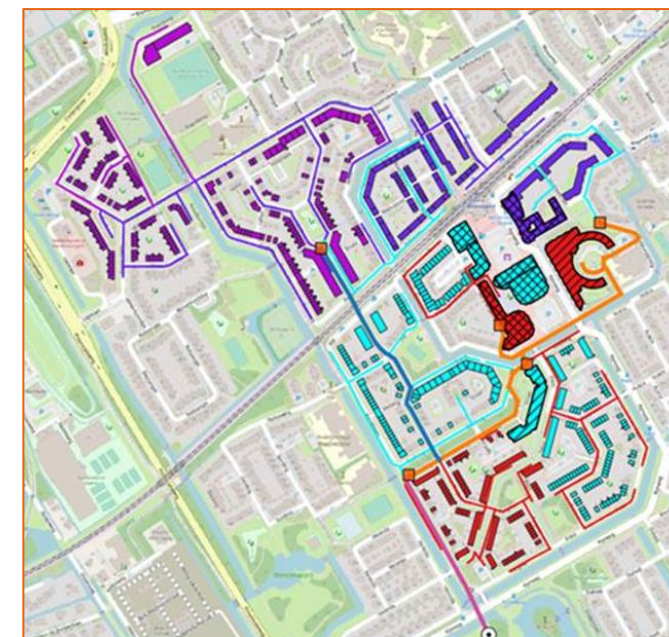
Klimaatadaptatie nodig om grote schade voorkomen.

Aanleg van **warmtenet**, **geprojecteerde inbreidingen** en andere werkzaamheden bieden **meekoppelkansen** om de omgeving klimaatadaptief in te richten.

Wateroverlast: er valt meer neerslag en buien worden heviger

Hitte: het wordt warmer, en de duur en intensiteit van hittegolven neemt toe

Droogte: de periodes zonder neerslag worden langer



Ambities en eisen



Regenwater opvangen
in regenton

Regenwater bovengronds
afvoeren

Waterdoorlatende
bestrating

Wadi (groenbuffer)
voor regenwater

Afvalwater naar riool

Afkoppelen naar tuin

AFVALWATER

REGENWATER

Hoorn heeft reeds gekozen voor
ambitieniveau B:

- Regenwater bovengronds afvoeren naar weg
- Vanuit weg afvoeren naar regenwaterriool
- Beschikbare ruimte (groen, plein) benutten voor waterberging / buffering.

Klimaatambities van Hoorn voor de thema's Water, Droogte en Hitte. Bron: risicogestuurd prioriteren

Klimaat-effect	Doelstelling
Wateroverlast:	Geen schade bij heftige bui van 60 mm in één uur
Droogte:	Proactief afkoppelen en infiltratiemogelijkheden toevoegen
Hitte:	Knelpunten oplossen bij voorzieningen voor kwetsbare groepen en verhogen comfort op warme plekken (zoals pleinen)

De klimaatopgave o.b.v. ambitieniveau gemeente Hoorn:

- Geen schade door **water** bij een heftige bui van 60mm in één uur door het zo veel mogelijk bovengronds afvoeren naar de wegen en vanaf daar naar riolering af te voeren en beschikbare ruimte waar mogelijk te gebruiken voor waterberging/buffering.
- **Hitte** knelpunten oplossen bij voorzieningen voor kwetsbare groepen en verhogen comfort op warme plekken (b.v. pleinen).
- Afkoppelen en infiltreren.

Programma van Eisen voor Nieuwbouw van de MRA

Hitte: tijdens hitte biedt de gebouwde omgeving een gezonde en aantrekkelijke leefomgeving	1. Tenminste 40% schaduw in het plangebied op de hoogste zonnestand (21 juni) voor verblijfsplekken en gebieden waar langzaam verkeer zich verplaatst en minimaal 30 % schaduw op buurniveau 2. Koele, schaduwrijke verblijfsplekken zijn op loopafstand (300 meter) aanwezig en openbaar toegankelijk. 3. 40% van alle horizontale en verticale oppervlakten wordt warmtewerend of verkoelend ingericht 4. De koeling van gebouwen leidt niet tot opwarming van de (verblijfs)ruimte in de directe omgeving 5. Vitale en kwetsbare functies en groenvoorzieningen in de openbare ruimte moeten bestand zijn tegen de hitte.
Droogte: langdurige droogte leidt niet tot structurele schade aan bebouwing, funderingen, wegen, groen, water en vitale en kwetsbare functies	1. De (grond)waterpeilen in het plangebied en de omgeving en de zoetwaterbeschikbaarheid in de bodem zijn sturend in de functiekeuze, systeemkeuze en inrichting van het plangebied. 2. De inrichting van het plangebied is infiltratieneutraal bij uitbreidingslocaties en infiltratiepositief bij herontwikkeling (minimaal 50 % van de jaarneerslagsom, afhankelijk van bodemtype benoemd in volgende kolom). 3. Bij het ontwerp en de inrichting wordt ingezet op drinkwaterbesparing, regenwaterbenutting en verbetering van de waterkwaliteit. 4. Vitale en kwetsbare functies moeten bestand zijn tegen langdurige droogte.
Wateroverlast: hevige neerslag leidt niet tot schade aan gebouwen, infrastructuur en voorzieningen. Vitale functies en voorzieningen blijven beschikbaar	1. In het plangebied treedt bij extreem hevige neerslag geen schade op (bij 70 mm in een uur) aan bebouwing, infrastructuur en aan vitale voorzieningen en vitale voorzieningen blijven functioneren (bij 90mm in een uur) (hoofdwegen, drinkwater en energie) 2. Op privaat terrein wordt een groot deel van de neerslag (50mm, met range tussen 40-70mm) van een hevige bui (1/100 jaar, 70mm in een uur) verwerkt (geïnfiltreerd, vastgehouden en/of geborgen) in voorzieningen op privaat terrein of in daarvoor bestemde extra voorzieningen in het plangebied. De voorzieningen voeren de eerste 24 uur daarna vertraagd (niet extra) af en zijn in maximaal 60 uur weer beschikbaar (range 48-60 uur). 3. De ontwikkeling gebeurt waterneutraal en leidt niet tot extra aanvoer/afvoer van water. Hemelwater wordt zoveel mogelijk vastgehouden en hergebruikt in het plangebied.

Je doet niets. Wat zijn de risico's?

Klimaatkwetsbaarheden in huidige situatie.

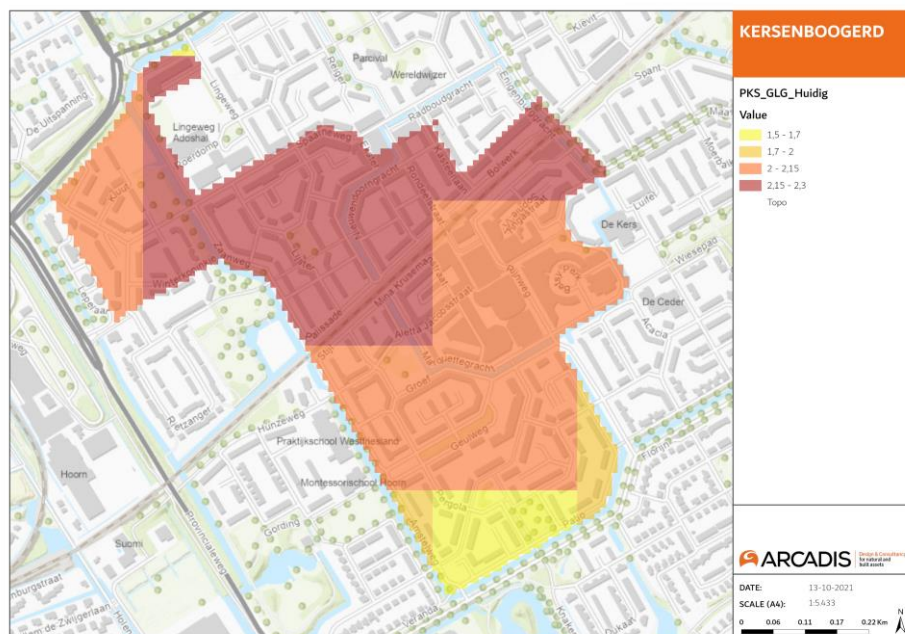
Droogte

Droogte

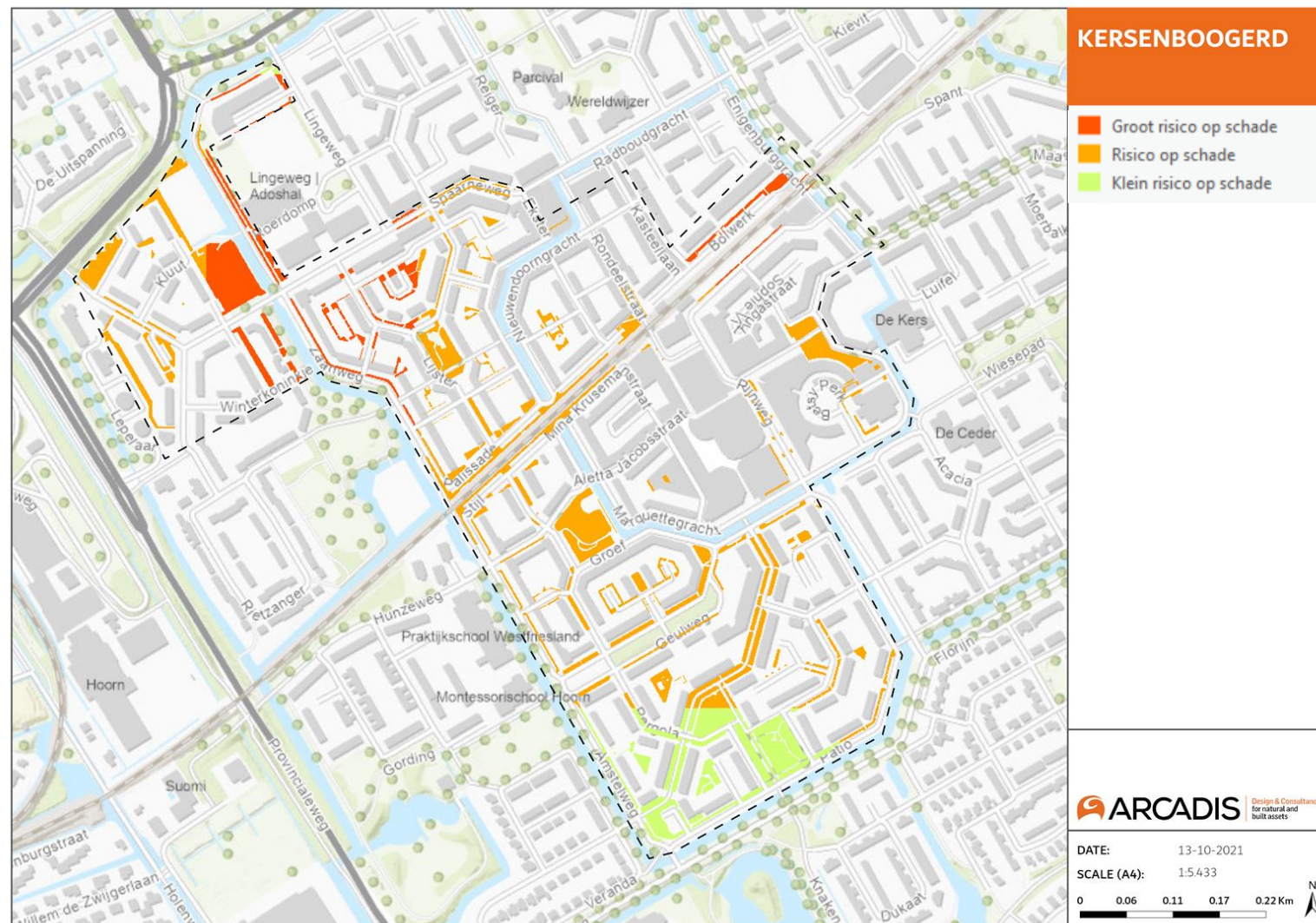
Lage GLG in delen van gebied.

Lokaal grote verschillen tussen GHG en GLG, kan leiden tot schade aan stedelijk groen.

Huidige GLG op basis van de klimaateffectatlas.nl



Risico op schade aan stedelijk groen ingeschat op basis van verschil tussen GHG en GLG uit landelijke Klimaateffectatlas.



Hitte

Hitte

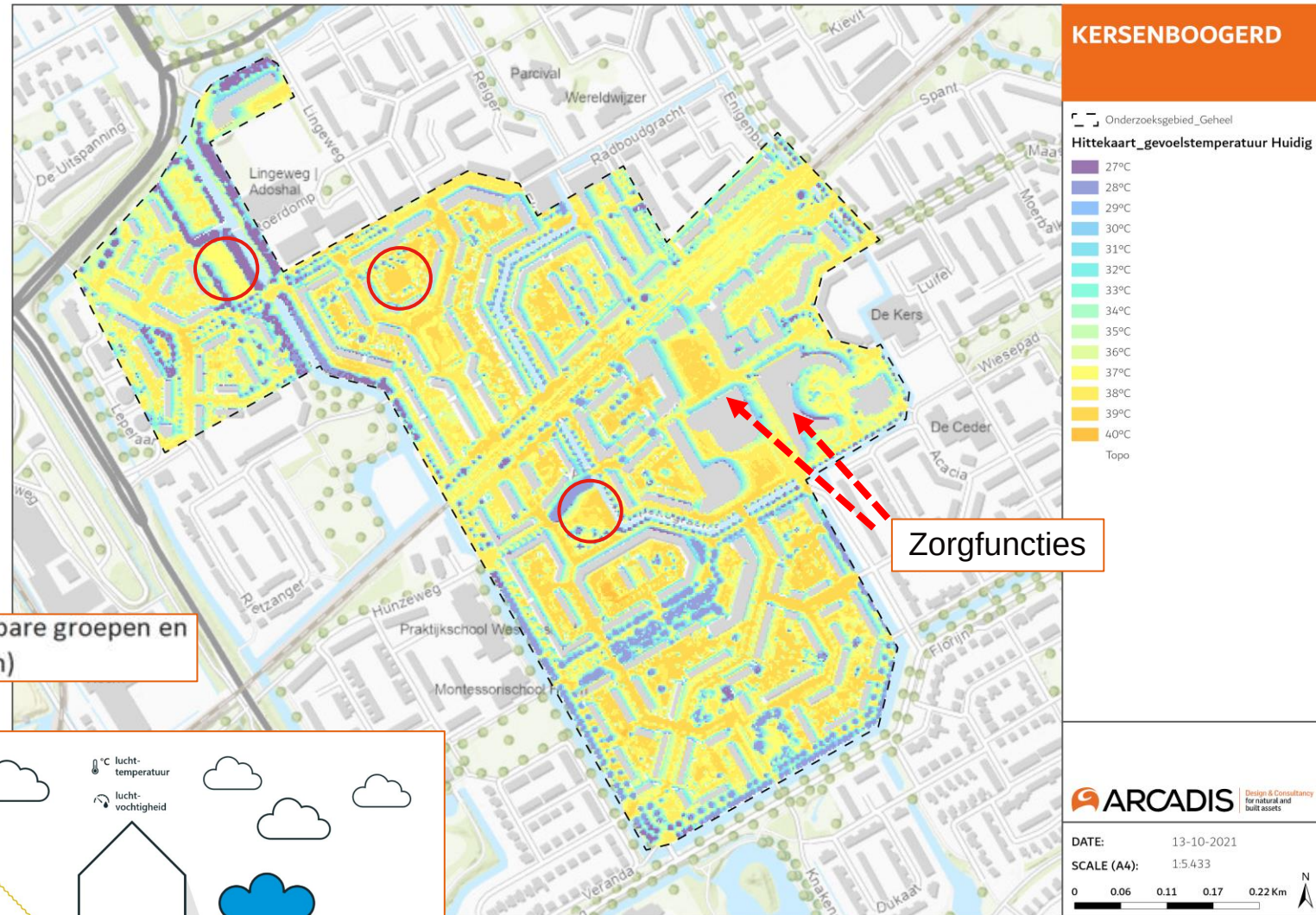
Bij gevoelstemperaturen $>35^{\circ}$ treedt grote hittestress op.

Dit kan leiden tot een lagere productiviteit en **ernstige gezondheidsklachten**.

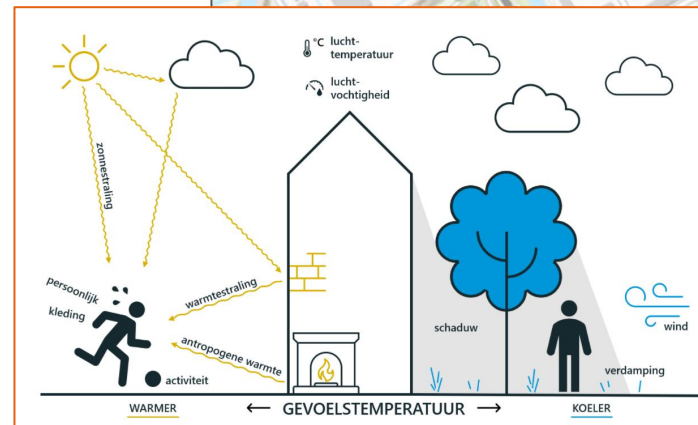
In de Kersenboogerd komt dit op de heetste dag op bijna alle plekken voor waar geen bomen staan.

Ambitie Hoorn:

Hitte: Knelpunten oplossen bij voorzieningen voor kwetsbare groepen en verhogen comfort op warme plekken (zoals pleinen)



Gevoelstemperatuur (°C)	Ervaring	Fysiologisch stressniveau
18-23	comfortabel	geen stress
23-29	beetje warm	lichte hittestress
29-35	warm	matige hittestress
35-41	heet	grote hittestress
>41	zeer heet	extreme hittestress



MRA eisen:

- 40% schaduw op langzaamverkeerroutes en verblijfsplekken
- 30% schaduw op buurniveau
- Max. 300m afstand naar koele plek

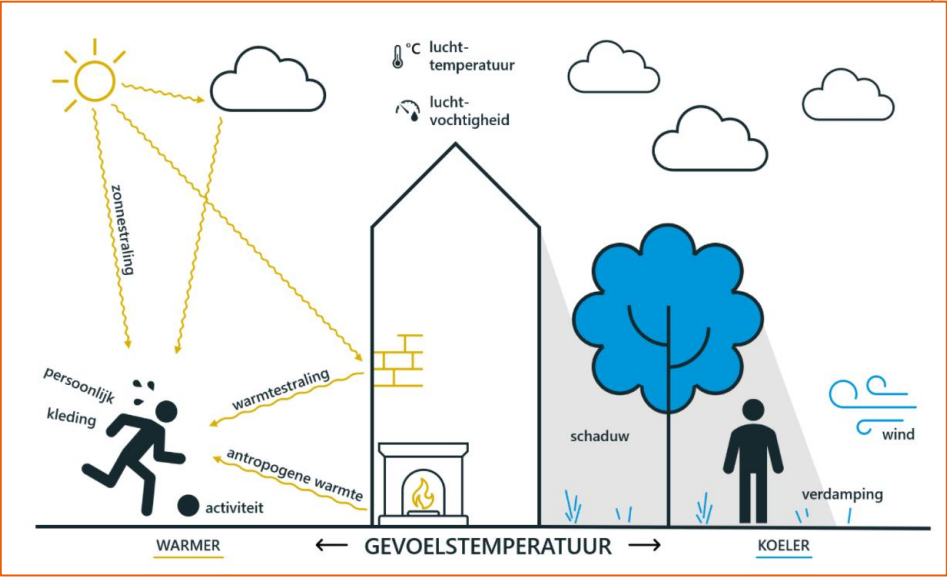
Hitte

MRA en HvA Coolkit:

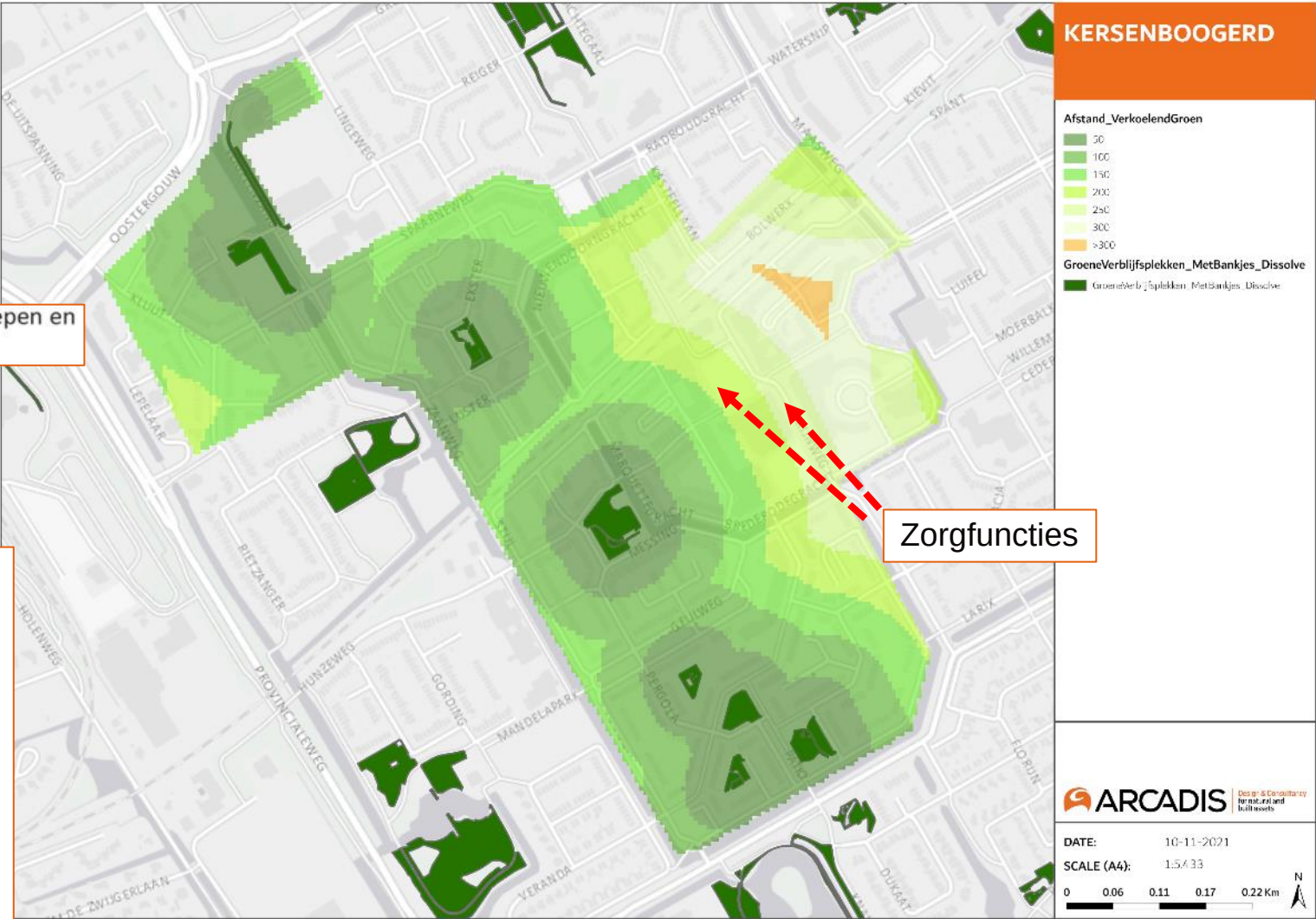
- Iedere woning op max. 300m van een verkoelende plek > 200m²

Ambitie Hoorn:

Hitte: Knelpunten oplossen bij voorzieningen voor kwetsbare groepen en verhogen comfort op warme plekken (zoals pleinen)



Huidige afstand tot verkoelend groen in de wijk.



Hitte

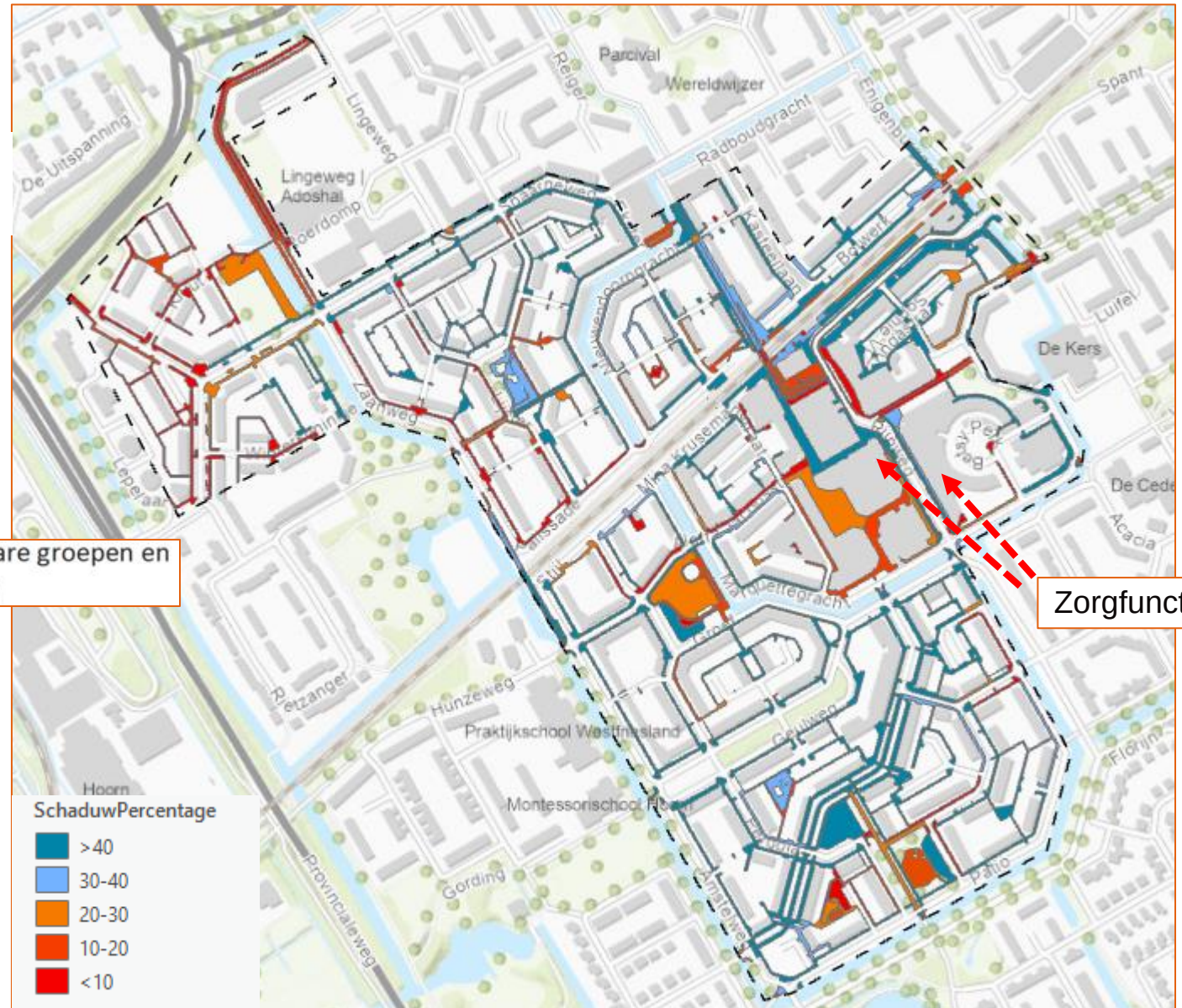
Schaduwpercentages op langzaamverkeerroutes en verblijfsplekken in de Kersenboogerd. O.b.v. slagschaduw berekening in Tygron Digital Twin.

Schaduwpercentages op langzaamverkeerroutes, en verblijfsplekken.

Een groot deel van deze plekken heeft minder dan 40% schaduw.

Ambitie Hoorn:

Hitte: Knelpunten oplossen bij voorzieningen voor kwetsbare groepen en verhogen comfort op warme plekken (zoals pleinen)



MRA eisen en HvA Coolkit:

- 40% schaduw op langzaamverkeerroutes en verblijfsplekken
- 30% schaduw op buurtniveau

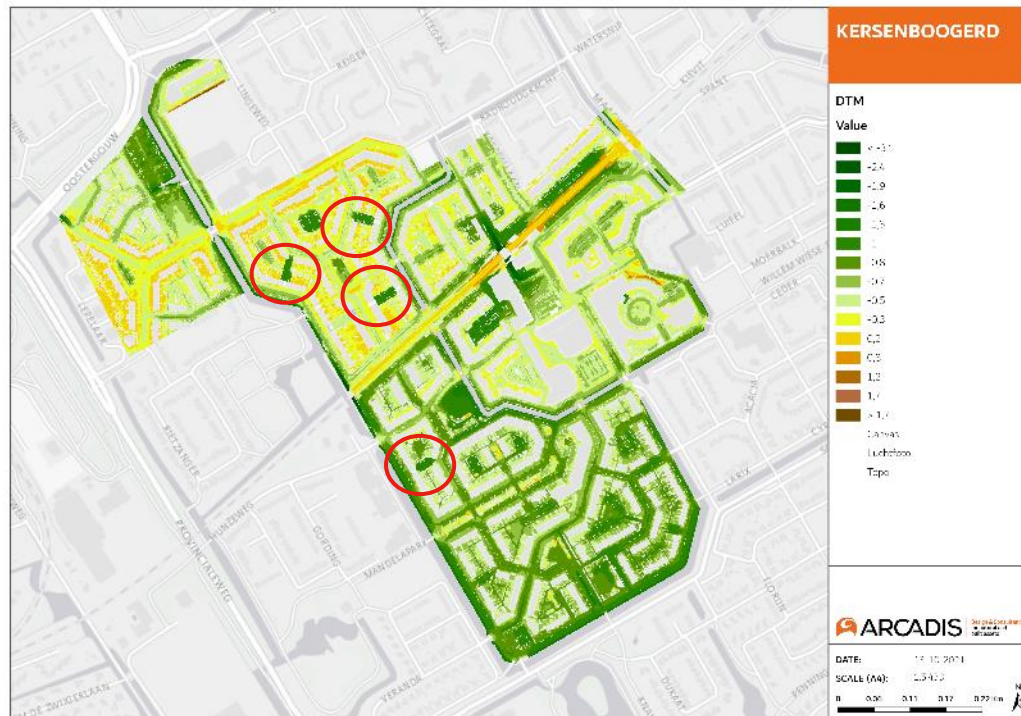
Water

Wateroverlast

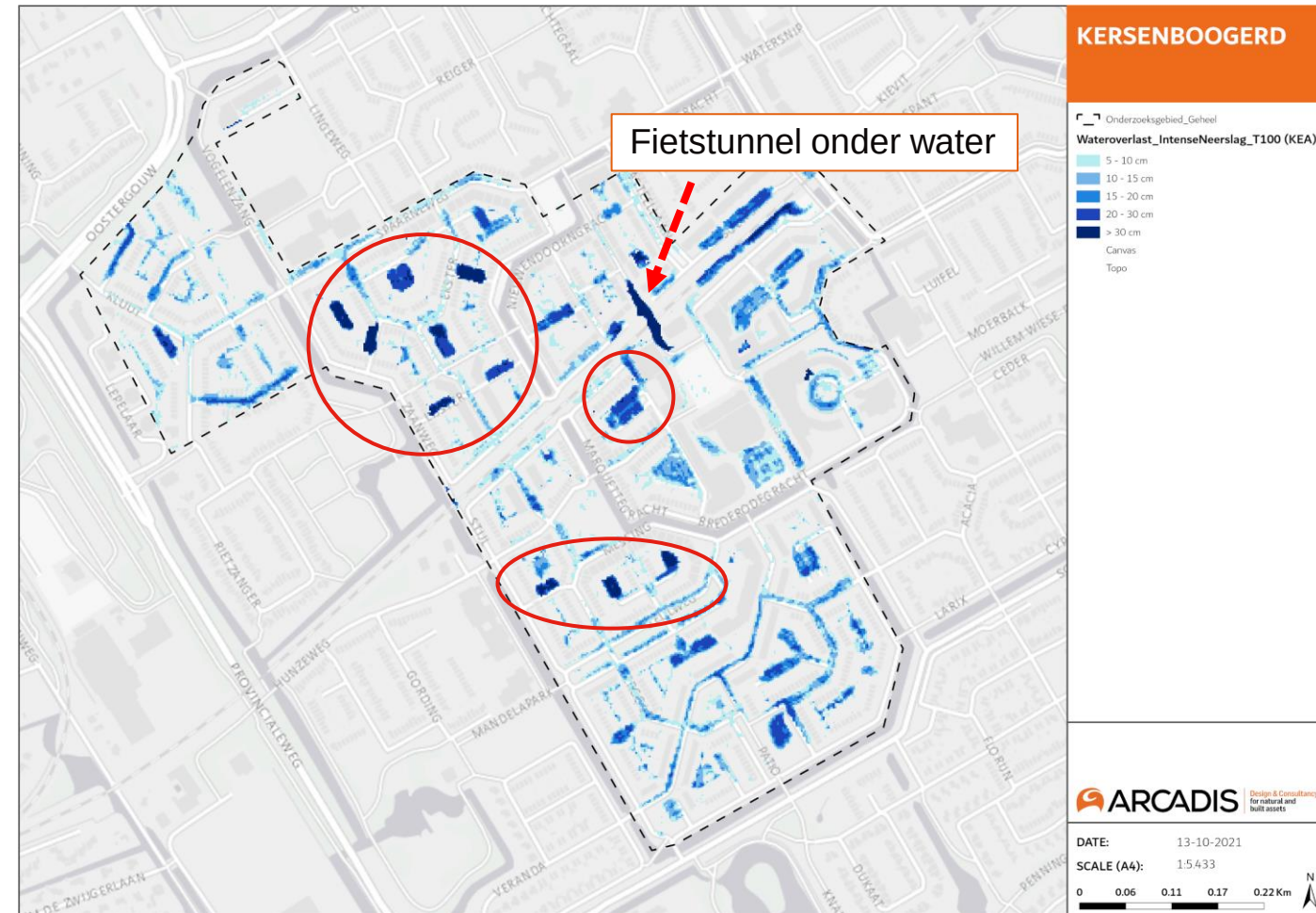
Veel water blijft staan in wijken en kleine wegen doordat deze lager liggen dan de omliggende wegen.

Doorstroom van water naar grotere wegen en open water is beperkt.

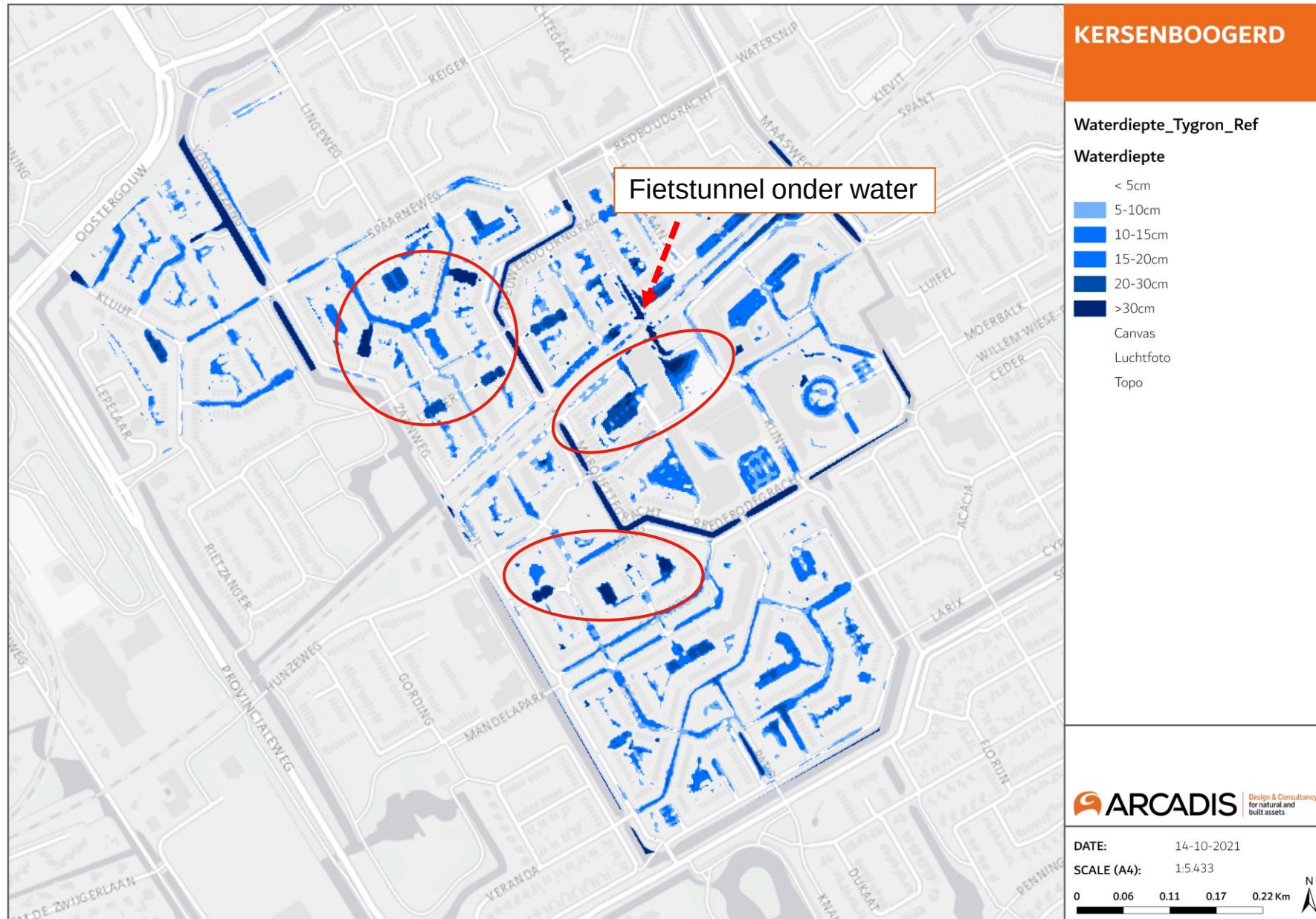
Groot risico op langdurige wateroverlast en schade door water.



Waterdiepte bij een T100 bij op basis van de klimaateffectatlas.nl



Waterdiepte na bui van 60mm in één uur (Tygron)



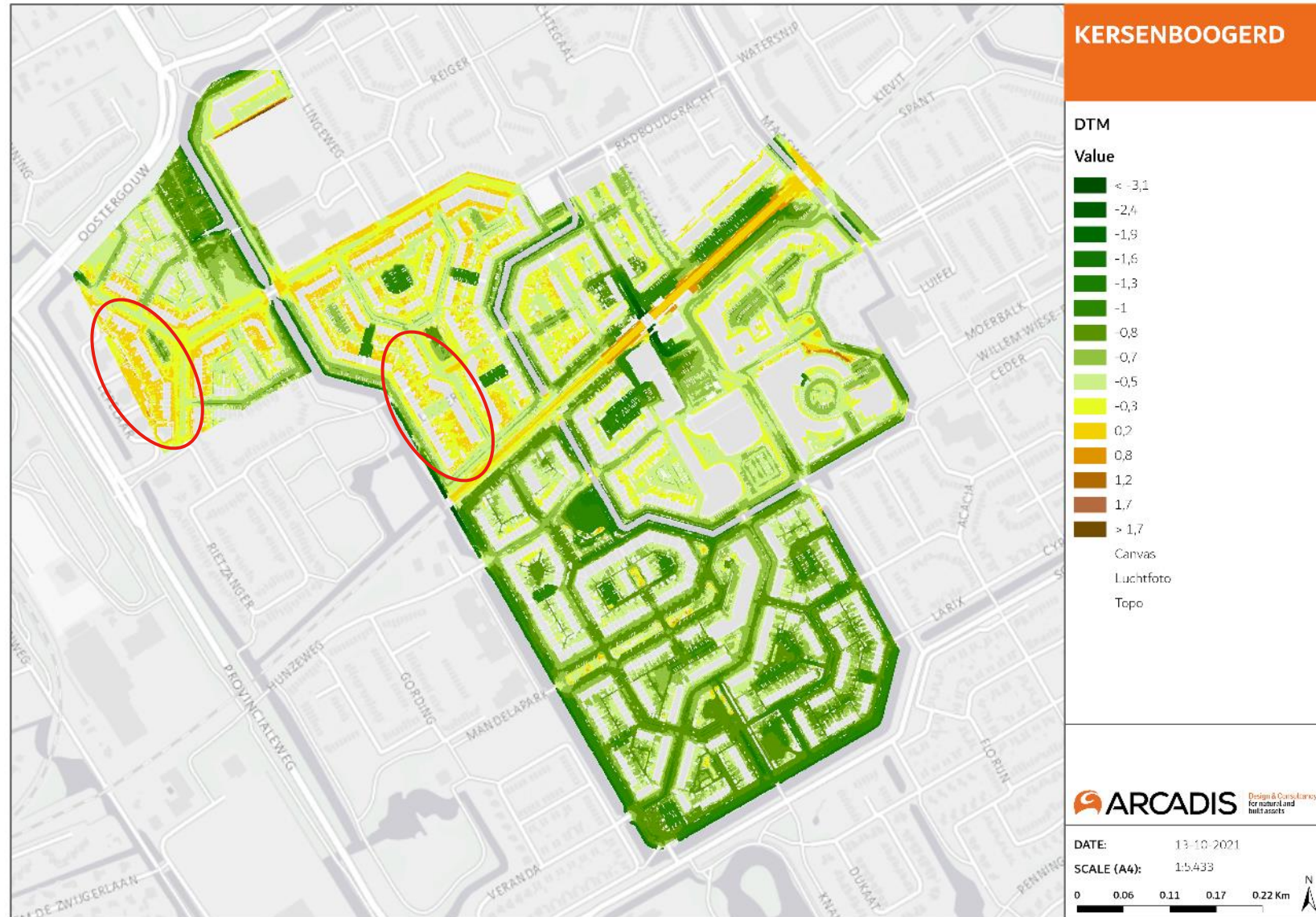
Schade aan woningen?

Hoogtekaart van maaiveld

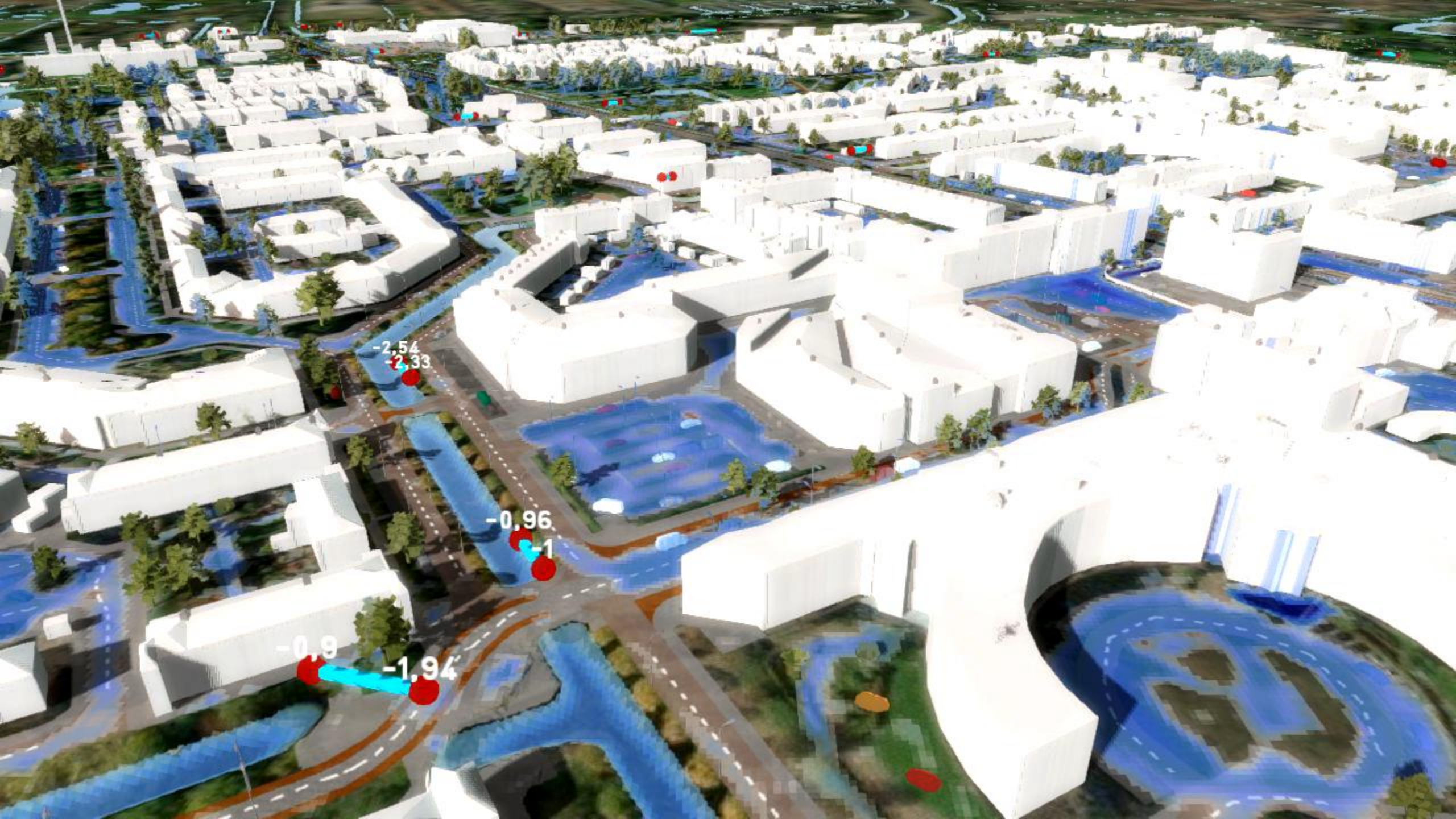
- Wegen in de Kersenboogerd liggen lager dan percelen.
- Drempelhoogtes van woningen zijn relatief hoog.

Hierdoor is indicatieve schade aan panden door wateroverlast minimaal.

Wateroverlast, verkeershinder en materiële schade door grote waterdieptes op wegen en andere voorzieningen is nog wel een reëel risico.



Oplossingsrichtingen water



-2.54
-2.33

-0.96
-1

-0.9
-1.94

Oplossingsrichtingen - Water

Opgave:

- Klimaatbui van 60mm in één uur leidt niet tot schade.
 - Ca. 20 mm wordt door riool opgevangen

Opgave voor bovengrond: het (vertraagd) afvoeren, bergen en/of infiltreren van 40mm neerslag of 17.600 m³*

Bergings-/infiltratiekragen. Bron: isofaq.be



Mogelijke oplossingsrichtingen:

- Slim inrichten van wegen om te bergen en af te voeren naar open water
- Verlaagde groenstroken en wadi's
- Parkeervakken met bergings-/infiltratiekragen
- Waterpleinen met speeltuin / groen / parkeren

Waterplein met speeltuin. Bron: straatbeeld.nl



Verlaagde groenstrook



*minus open water en de gebieden die daarnaartoe afwateren

Maatregelpakket – Afvoeren en bergen voor 60mm

Maatregel:

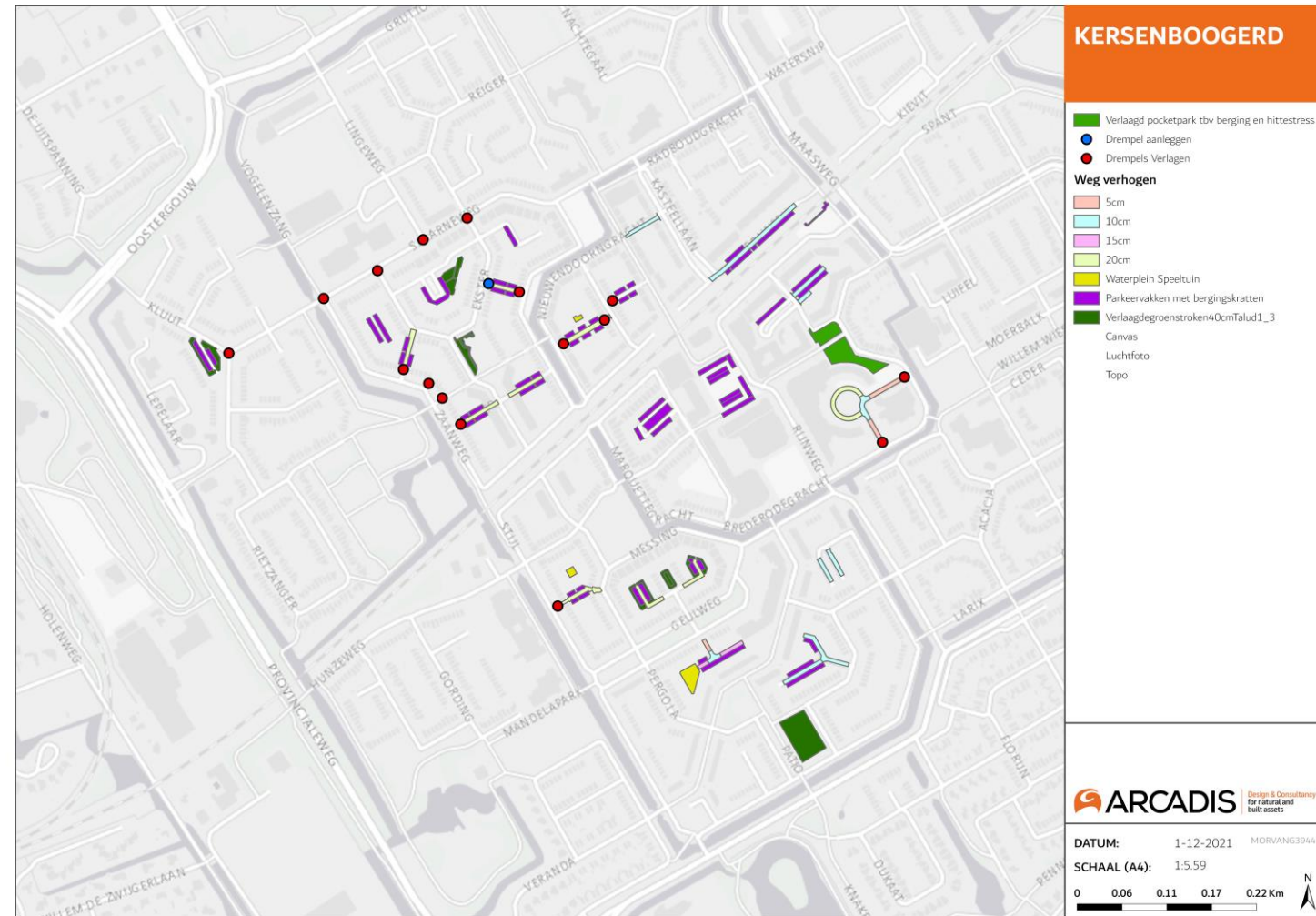
- Slim inrichten van wegen door lokaal **wegen verhogen**
- Bij overblijvende knelpunten worden **maatwerkoplossingen** toegepast zoals verlaagde groenstroken (0,4 m-mv) en bergingskratten (0,6 m-mv)

Effect:

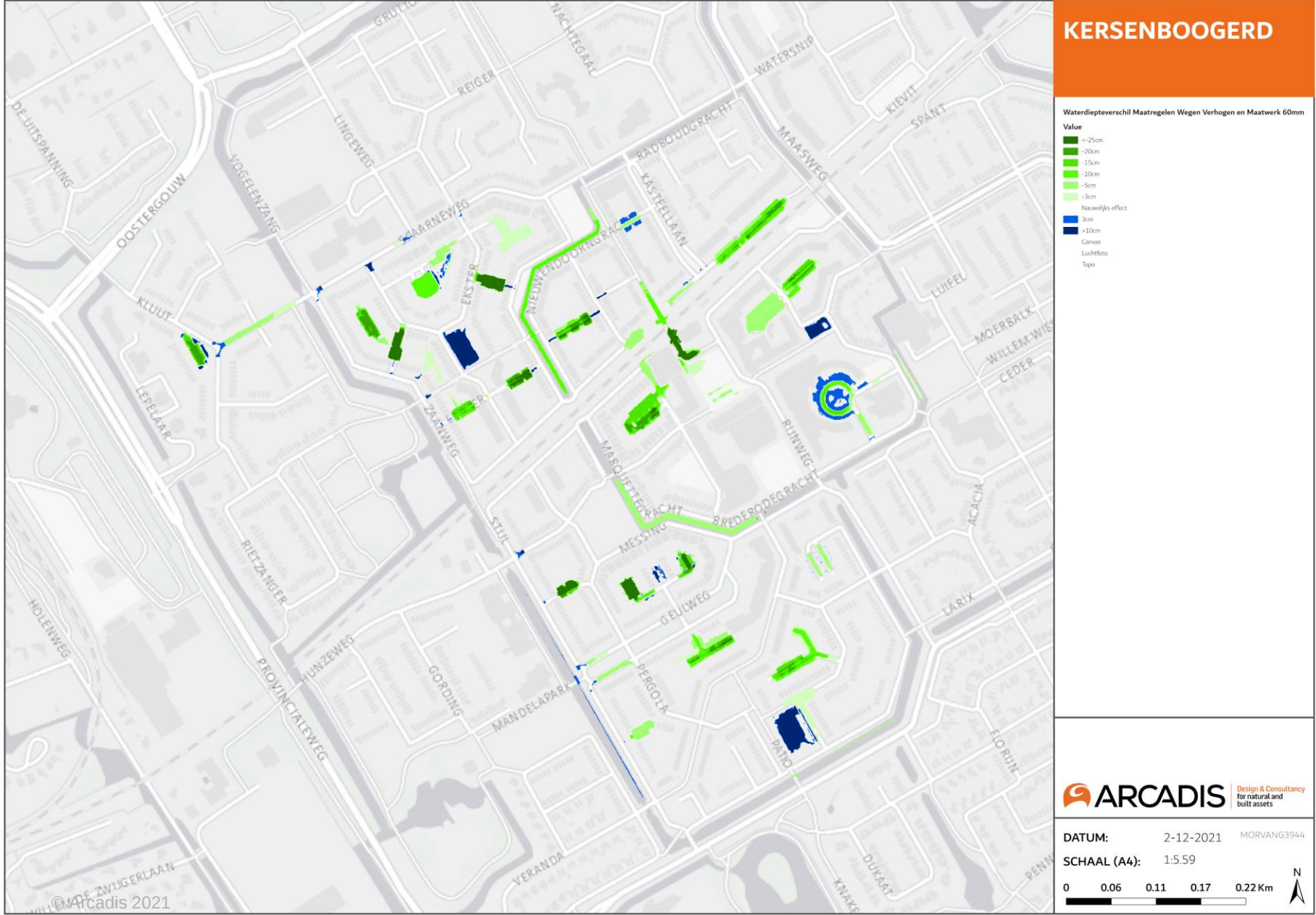
- Verlaging van waterdiepte van >25 cm lokaal.
- Waterdieptes >20cm zijn bijna volledig voorkomen op openbaar gebied.

Resultaat:

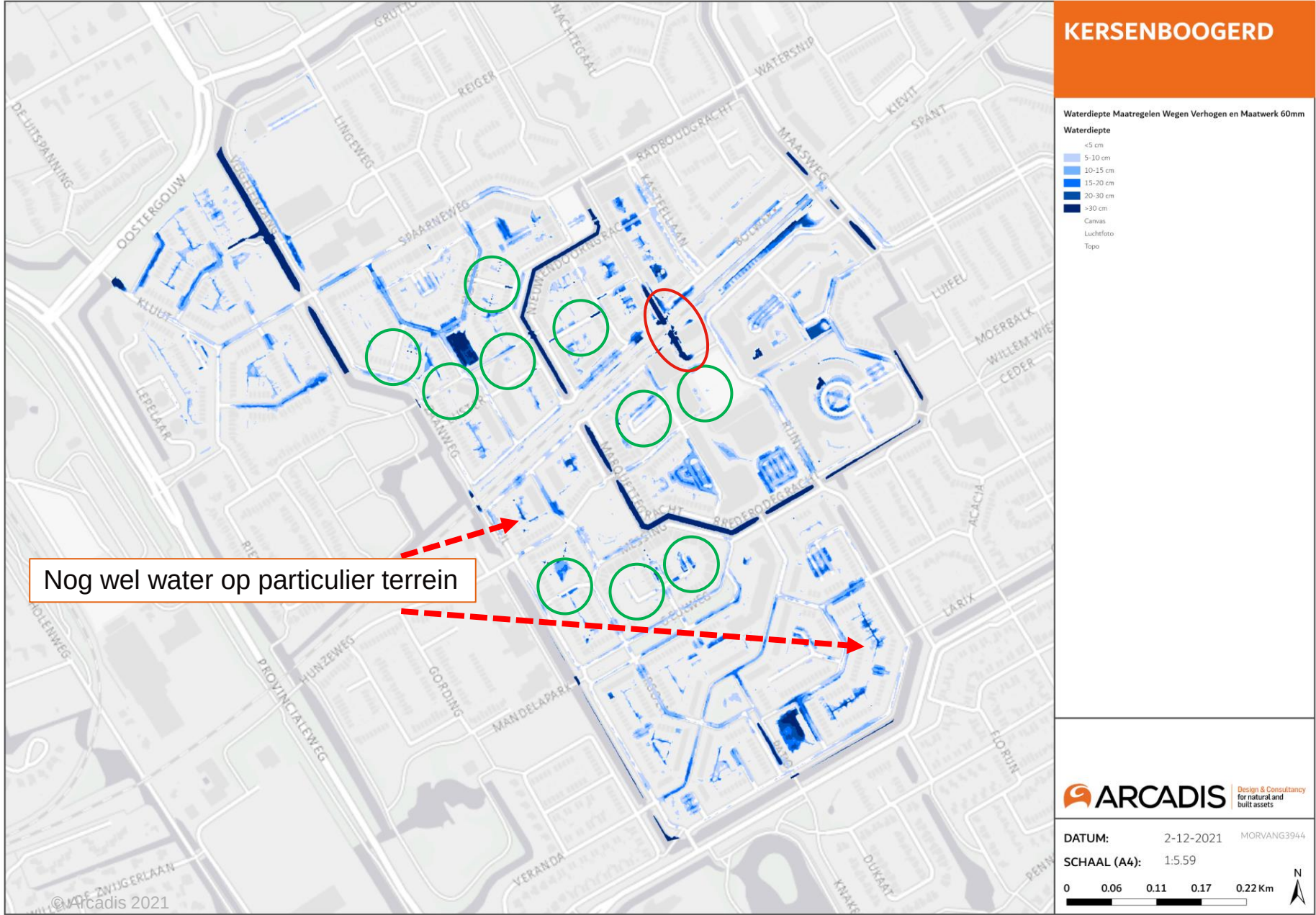
- Knelpunten zijn voor een groot deel opgelost
- Water op particulier terrein blijft lokaal staan.



Resultaat Maatregelpakket Afvoeren en Bergen – 60 mm



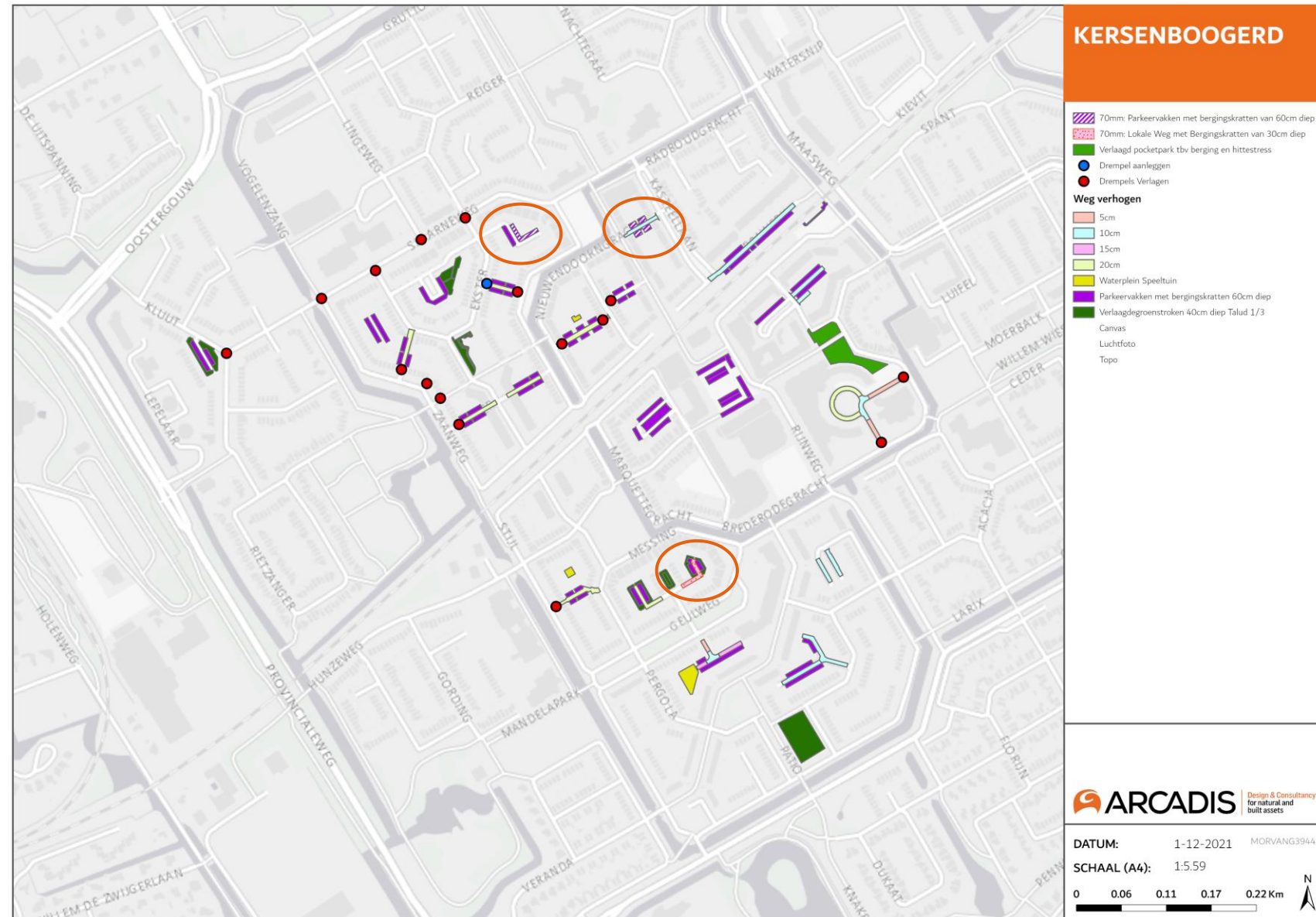
Resultaat Maatregelpakket Afvoeren en Bergen – 60mm in één uur



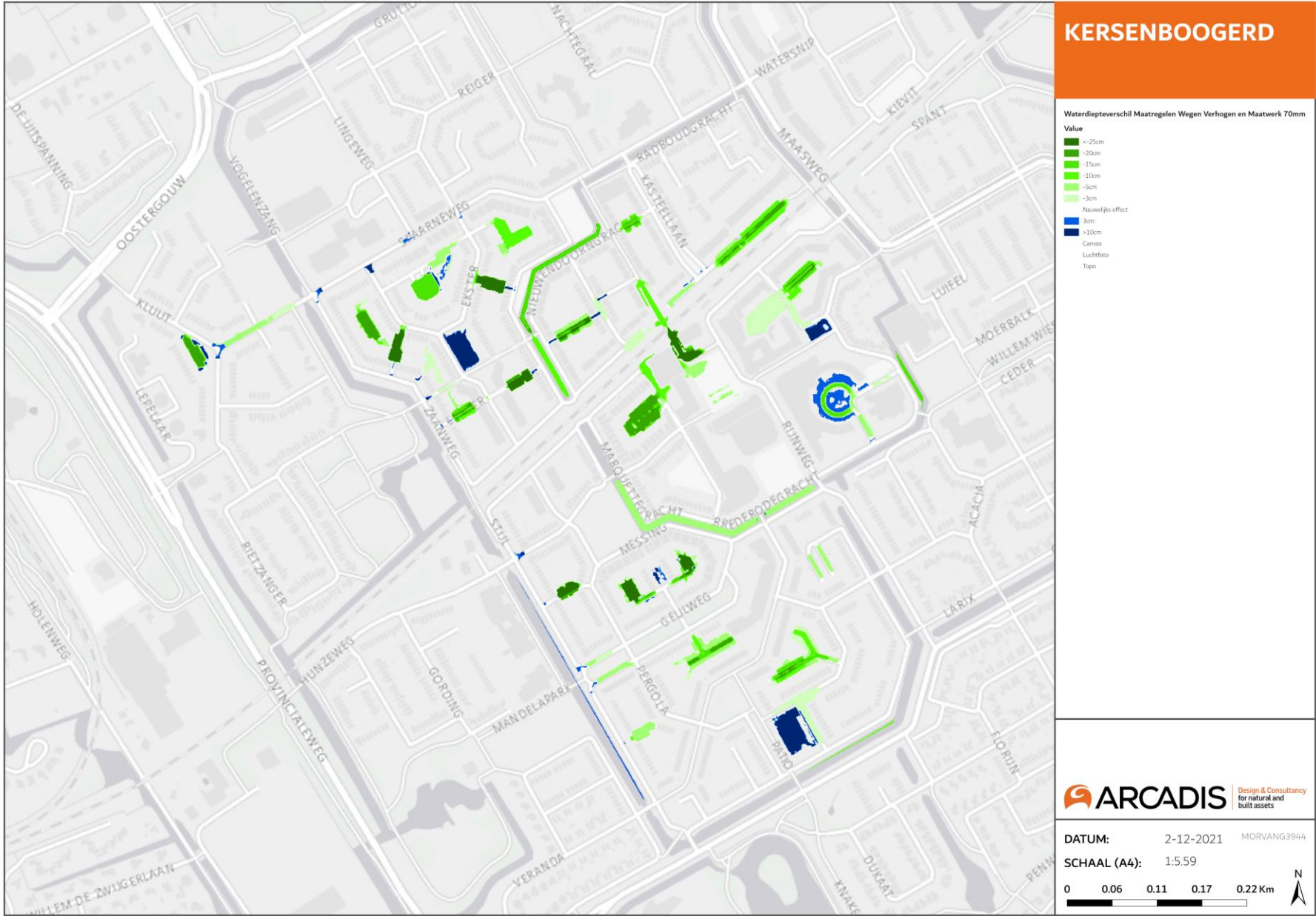
Maatregelpakket – Afvoeren en bergen voor 70mm

Aanvullende maatregelen:

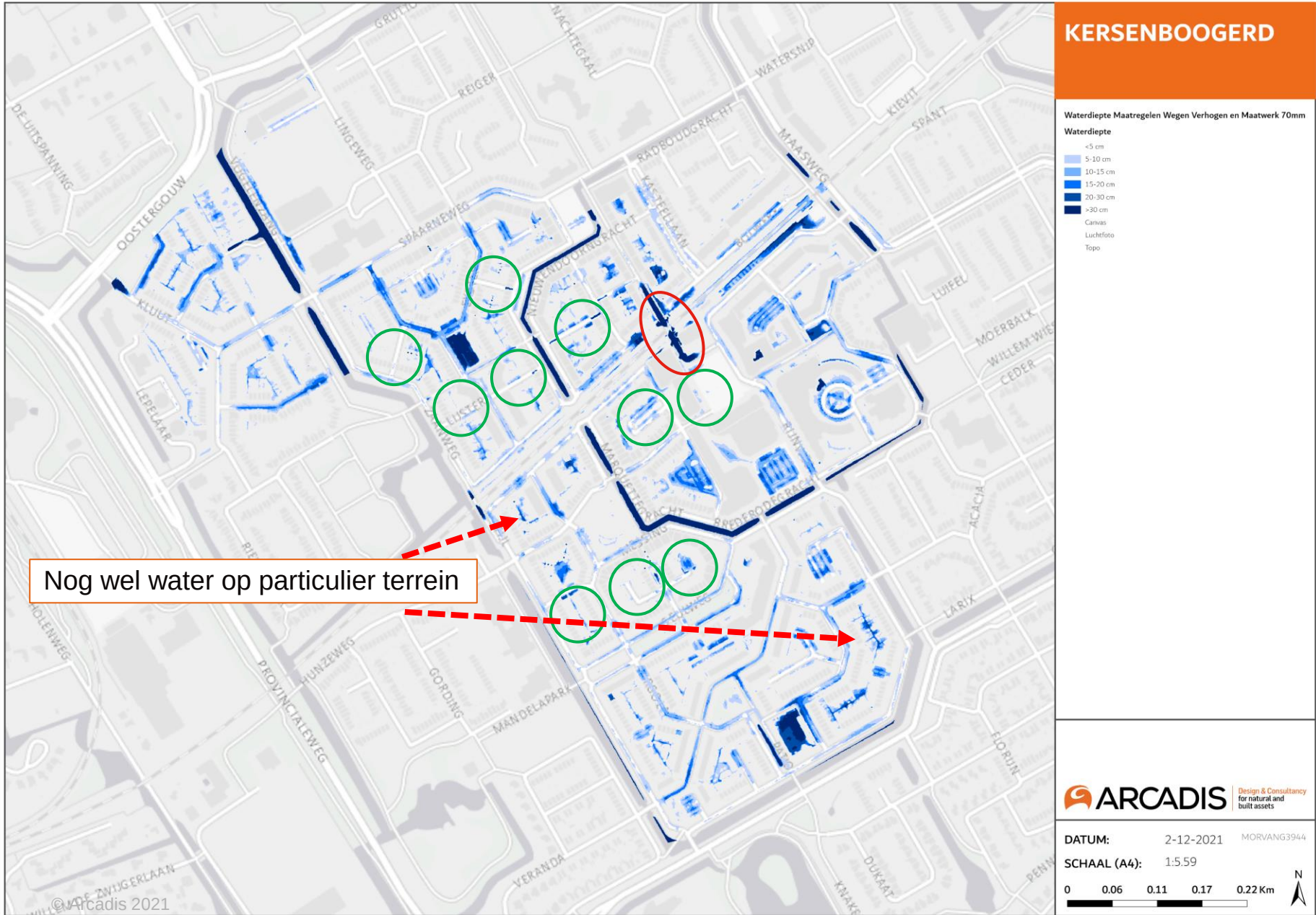
- 484 m2 parkeervakken met kratten
- Ondiepere bergingskratten onder de weg bij Groef.



Resultaat Maatregelpakket Afvoeren en Bergen – 70 mm



Resultaat Maatregelpakket Afvoeren en Bergen – 70mm in één uur

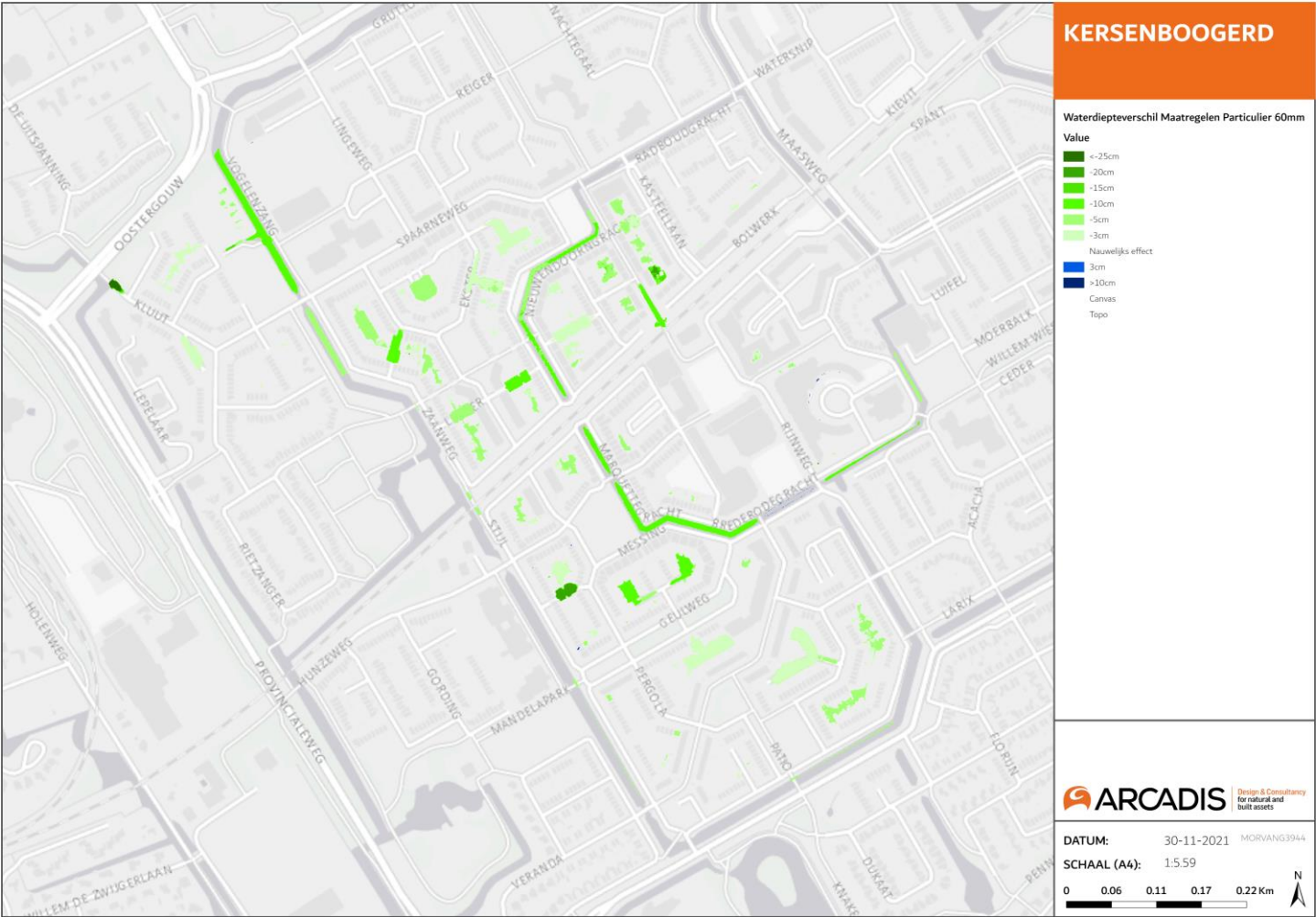


Alternatieve maatregel – berging op particulier terrein

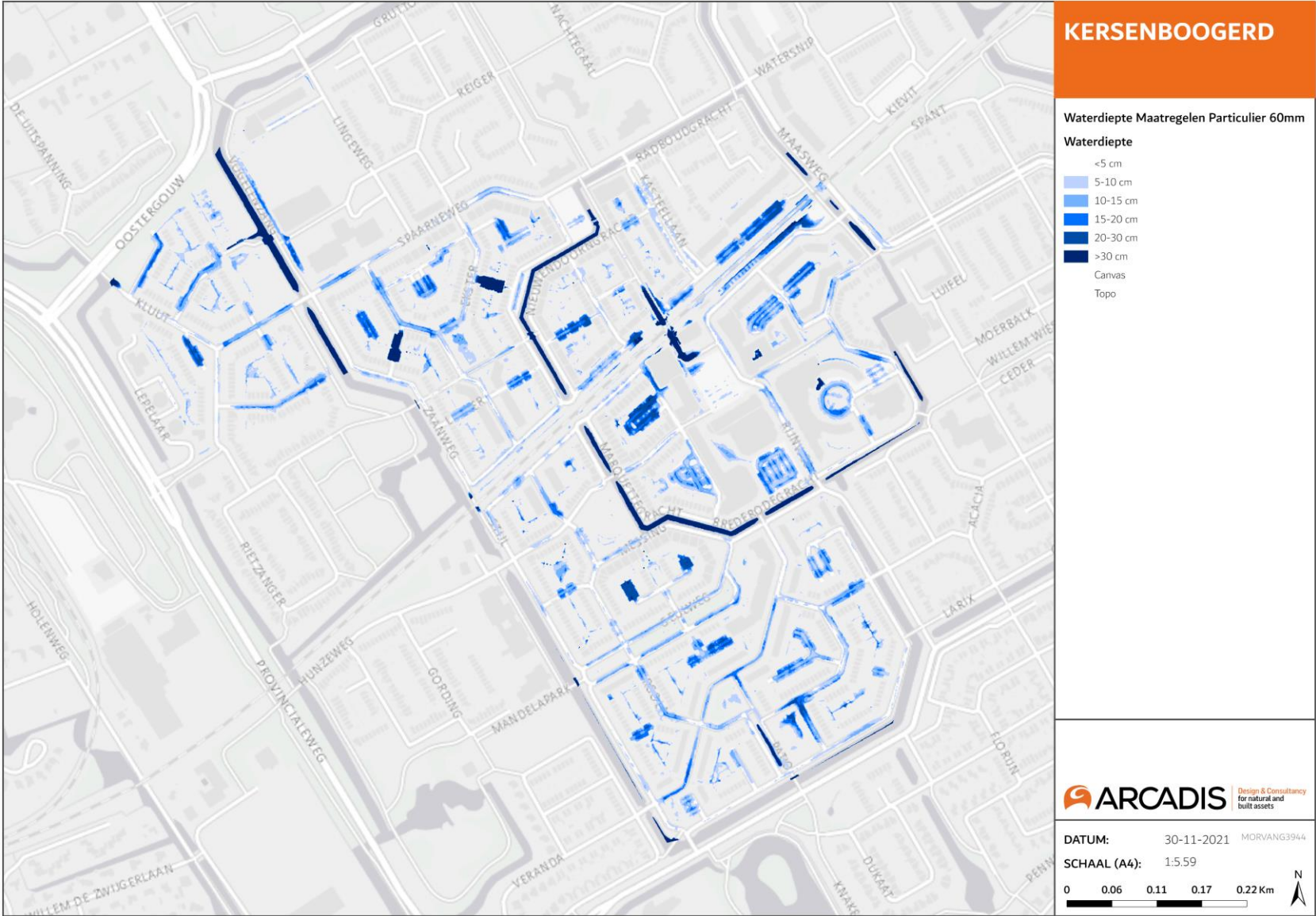
In dit specifieke scenario wordt op particulier terrein 40mm water verwerkt waardoor waterdieptes op straat afnemen en minder water snel naar het oppervlaktewatersysteem wordt afgevoerd.

Naast de berging op particulier terrein moeten echter nog wel aanvullende maatregelen worden geïmplementeerd om de wateroverlast knelpunten volledig op te lossen.

Afvoer naar oppervlaktewater vanuit de wijk	60mm klimaatbui	70mm klimaatbui
Water naar oppervlaktewater Referentie	21404	28710
Water naar oppervlaktewater Totaalpakket voor 60mm	21020	
Water naar oppervlaktewater Totaalpakket voor 70mm		27902
Water naar oppervlaktewater Berging op percelen	19515	26498



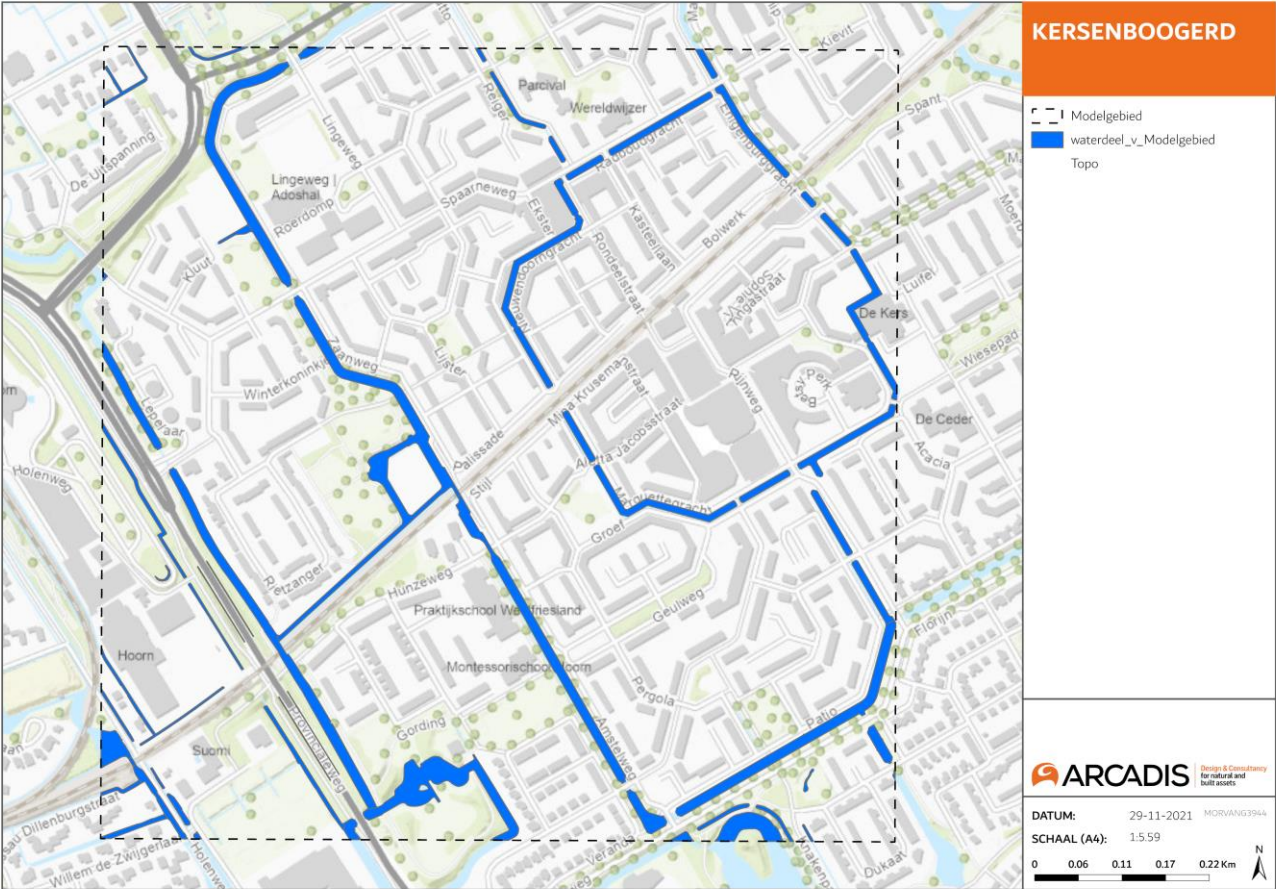
Alternatieve maatregel – berging op particulier terrein



Waterbalans

De theoretische bergingscapaciteit van het oppervlaktewater in het gehele modelgebied (zie figuur) is 23589 m3 met het uitgangspunt dat er 40cm op het open water geborgen kan worden.

Bij een bui van 60mm kan het watersysteem de theoretische afvoer vanuit de wijk net aan. Bij een bui van 70mm wordt deze overgeschreden (zie tabel).



Afvoer naar oppervlaktewater vanuit de wijk	60mm klimaatbui	70mm klimaatbui
Water naar oppervlaktewater Referentie	21404	28710
Water naar oppervlaktewater Totaalpakket voor 60mm	21020	
Water naar oppervlaktewater Totaalpakket voor 70mm		27902
Water naar oppervlaktewater Berging op percelen	19515	26498

Theoretische bergingscapaciteit opp. water	Modelgebied Kersenboogerd
Totaal oppervlak (m2)	1000000
Bergingsopgave 60mm (m3)	40000
Bergingsopgave 70mm (m3)	50000
Open Water Oppervlak (m2)	58974
Aanname berging opp. water (cm)	40
Theoretische bergingscapaciteit opp. water (m3)	23589,6

Resultaat en discussie

Baten:

Langdurige wateroverlast op straat wordt voorkomen.

Wegen en parkeerplaatsen blijven voor een groot deel begaanbaar.

Kosten:

Maatregelpakket voor het 60mm scenario kost vanaf € 1,44 miljoen tot € 2,55 miljoen of ca. € 33.488 tot € 59.471 per ha.

Inclusief de aanvullende maatregelen voor 70mm zijn de kosten € 1,54 miljoen tot € 2,73 miljoen of ca. € 35.922 tot € 63.528 per hectare.

Kosten inclusief staart- en VAT kosten, exclusief BTW. Kosten op basis van prijspeil 2021. Waar mogelijk zijn de meerkosten t.o.v. reguliere vervanging gerekend voor maatregelen.

Aandachtspunt - capaciteit oppervlaktewater:

In dit scenario wordt een deel van het water (snel) afgevoerd naar het oppervlaktewater in de wijk. Er moet daarom met het hoogheemraadschap worden gekeken naar de capaciteit van het oppervlakte-watersysteem o.b.v. een gecombineerde simulatie riolering-kolken-maaiveld-watersysteem (SSW).

Indien versnelde (oppervlakte)waterberging niet kan, dan zullen maatregelen en kosten toenemen.

Alternatief – alles lokaal bergen:

Indicatieve kosten om een bui van 70mm in één uur compleet lokaal te bergen, infiltreren en vertraagd af te voeren zijn € 3,9 miljoen tot € 7,5 miljoen voor de hele wijk of € 88.601 tot € 170.291 per ha. Op basis van eerder onderzoek naar kosten klimaatadaptatie van bestaande ruimte in bloemkoolwijken*.

*Arcadis/Flux (2021). Kosten Klimaatadaptatie Stadsharten. In opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Oplossingsrichtingen hitte

Oplossingsrichtingen Hitte

Maatregel: aanleggen pocket park in oosten van gebied.

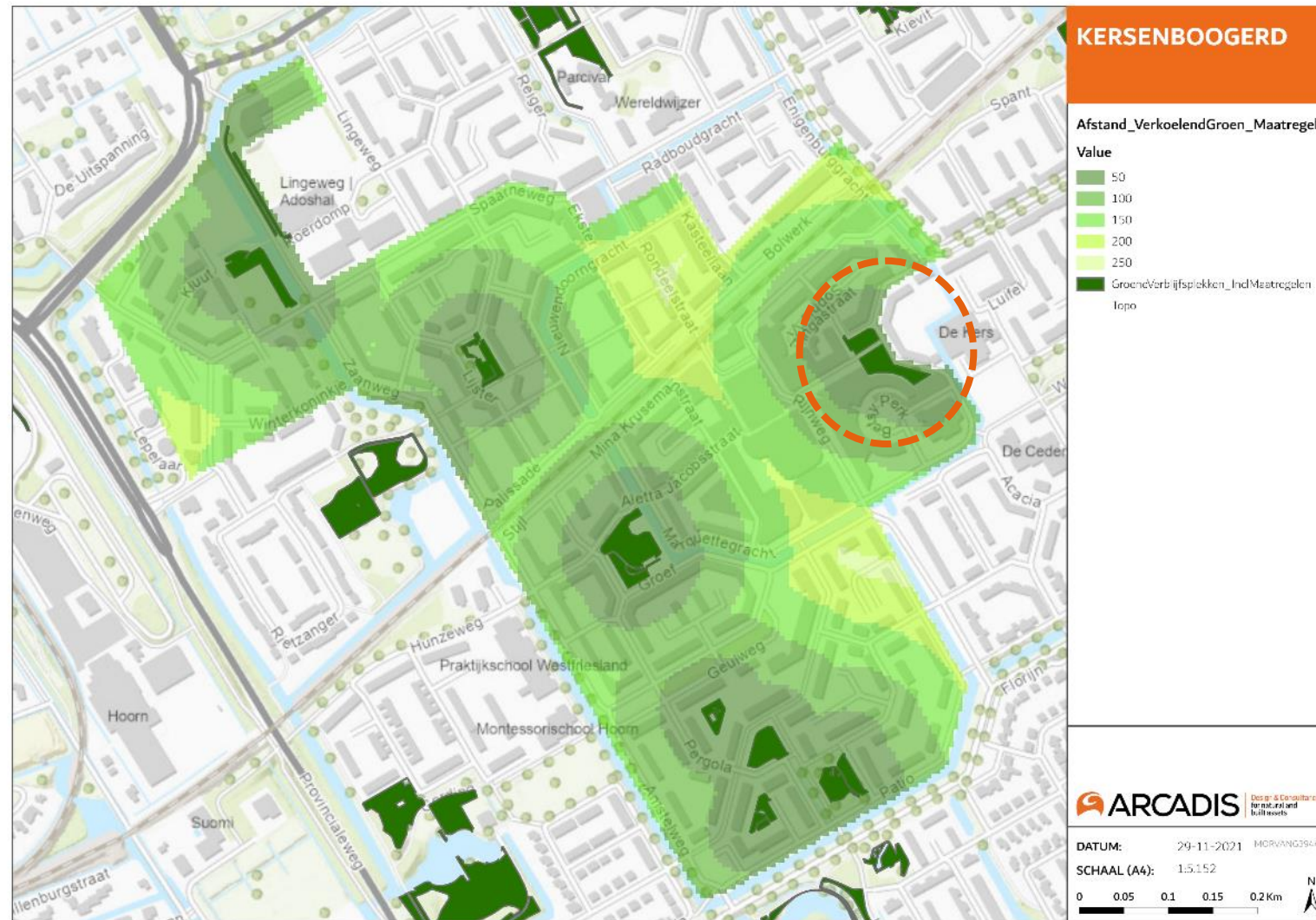
Resultaat: afstand tot verkoelend groen is voor hele wijk, <300m en biedt verkoeling voor zorgcentra in de buurt.

Kosten: € 27.045 tot € 108.180 voor hele gebied of € 630 tot 2.519 per ha.

Kosten inclusief staart- en VAT kosten, exclusief BTW. Kosten op basis van prijspeil 2021. Waar mogelijk zijn de meerkosten t.o.v. reguliere vervanging gerekend voor maatregelen.

MRA en HvA Coolkit:

- Iedere woning op max. 300m van een verkoelende plek > 200m²



Maatregelen Schaduw

Om schaduwpercentages van langzaamverkeer-routes en verblijfsplekken naar 40% te krijgen moet bijna 1 hectare aan schaduw worden gecreëerd. De kosten hiervoor bedragen:

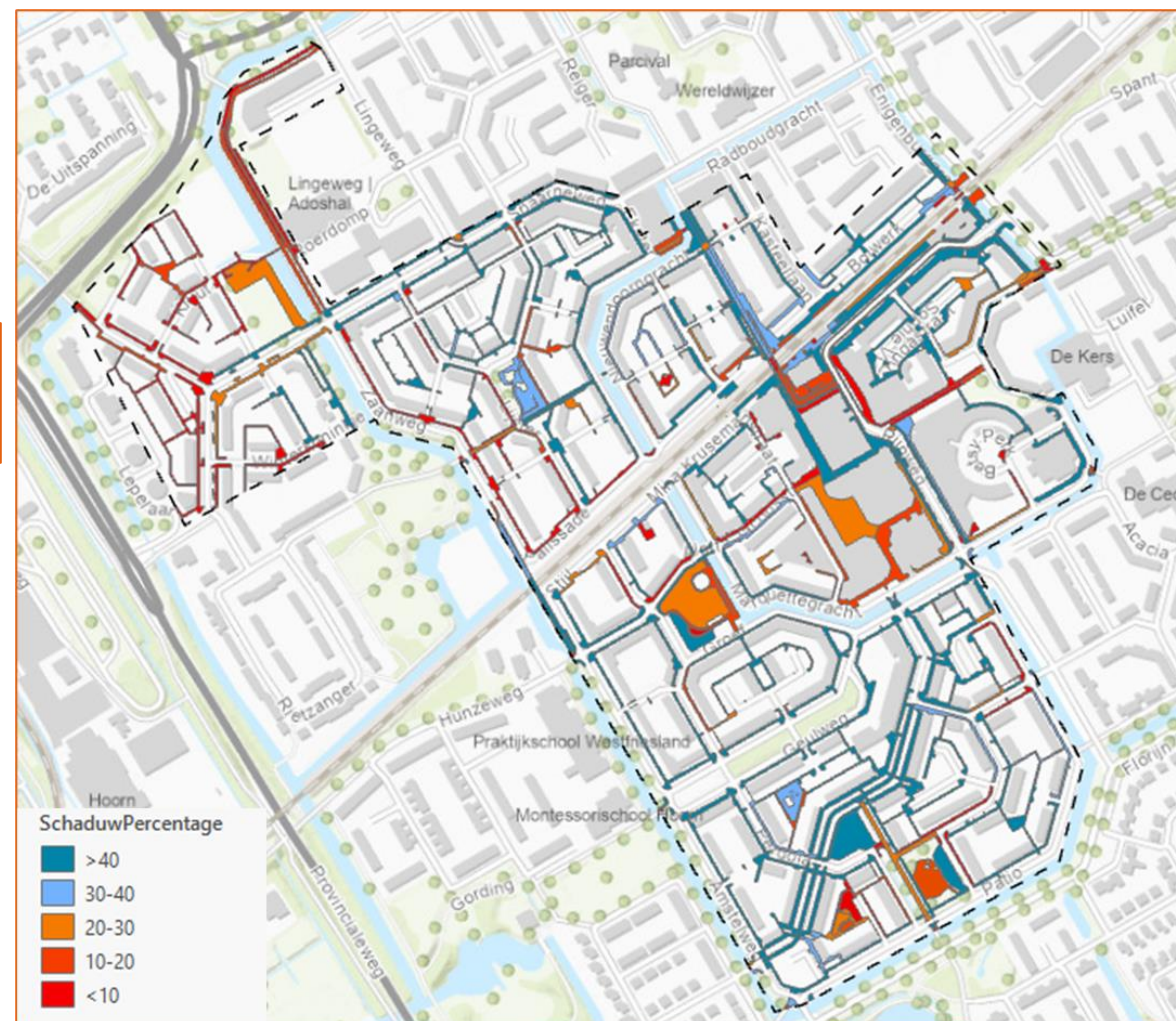
	Kosten min (totaal)	Kosten max (totaal)	Kosten min (per ha)	Kosten max (per ha)
Langzaamverkeerroutes	€ 866.640,00	€ 1.372.180,00	€ 19.698,29	€ 31.188,96
Verblijfsplekken	€ 17.500,00	€ 37.500,00	€ 397,77	€ 852,36
Totaal	€ 884.140,00	€ 1.409.680,00	€ 20.096,05	€ 32.041,31

Kosten inclusief staart- en VAT kosten, exclusief BTW. Kosten op basis van prijspeil 2021. Waar mogelijk zijn de meerkosten t.o.v. reguliere vervaging gerekend voor maatregelen.

Uitgangspunten:

- Voor langzaamverkeerroutes: 50% bomenrij en 50% pergola
- Voor verblijfsplekken bomen planten die na 20 jaar een schaduwoppervlak van 25 m2 opleveren.

Schaduwpercentages in de huidige situatie



Impact van hittemaatregelen

Wat is de impact van de eisen en bijbehorende maatregelen op buurniveau?

Is deze impact acceptabel voor inwoners en stakeholders?

Zijn de eisen op buurniveau dan wel wenselijk?

Schaduwpercentages op hoogste zonnestand zijn zeer afhankelijk van de ligging. Op een noord-zuid georiënteerde route is dit moeilijk haalbaar.
Bron: Tygron Digital Twin



Ongewenste schaduw.
Bron: deboomverzorging.nl

Overlast hoge bomen van de buren



Aandachtspunten en conclusies

Aandachtspunten

- Bij voorgestelde maatregelpakketten is het oppervlakte water niet dynamisch meegenomen. Er moet met het waterschap bepaald worden hoe veel water uit de wijk tijdens een klimaatbui direct kan worden afgevoerd naar het oppervlaktewater.
- Bij het samenstellen van de maatregelpakketten is geen rekening gehouden met (beperkte) ruimte in de ondergrond. De locatie en diepte van de maatregelen moet nog in detail vergeleken worden met proefsleuven en andere gegevens over kabels, leidingen en de riolering.
- Een aantal van de maatregellocaties overlapt met geprojecteerde nieuwbouw in de wijk. Dit biedt meekoppelkansen. Bij sloop-nieuwbouw moet echter wel worden voorkomen dat lokale knelpunten worden afgewenteld naar omliggende straten.
- In het uiteindelijke maatregelpakket maatregelen of aanpassingen op particulier terrein niet meegenomen. Deze kunnen echter wel een groot effect hebben op de wateroverlast of hittestress in de wijk.

Conclusies

- Met de toepassing van het samengestelde maatregelpakket “bergen en afvoeren” wordt de grootste wateroverlast op openbaar terrein voorkomen. Op particulier terrein zijn wel nog waterdieptes >20cm aanwezig.
- In dit onderzoek is niet in detail gekeken naar de bergings- en afvoercapaciteit van het oppervlakte-watersysteem in de wijk. Er zal daarom samen met het hoogheemraadschap moeten worden gekeken naar de capaciteit van het watersysteem bij een bui van 70mm en de mogelijkheid om water versneld af te voeren vanuit de wijk, danwel zonder overlast tijdelijk te kunnen bergen.
- De uiteindelijke kosten* voor een waterrobuuste inrichting liggen tussen de € 1,4 - € 2,7 miljoen voor de wijk, indien het oppervlaktewatersysteem de extra toestroom aan water zonder overlast kan verwerken.
- De kosten voor een waterrobuuste maaiveldinrichting kunnen oplopen tot € 7,5 miljoen als de capaciteit van het oppervlaktewatersysteem ontoereikend blijkt te zijn.
- De kosten* voor hitte adaptatie zijn ca. € 30.000 tot € 100.000 voor een lokale oplossing met een pocketpark. Wanneer aan de schaduweis van de MRA voor langzaamverkeerroutes wordt voldaan liggen de kosten tussen de € 900.000 en € 1,5 miljoen.

**Kosten inclusief staart- en VAT kosten, exclusief BTW. Kosten op basis van prijspeil 2021.
Waar mogelijk zijn de meerkosten t.o.v. reguliere vervaging gerekend voor maatregelen.*

Bijlagen

Resultaten van overige berekeningen in Digital Twin.

Berekening – Bergen in groengebieden

Maatregel

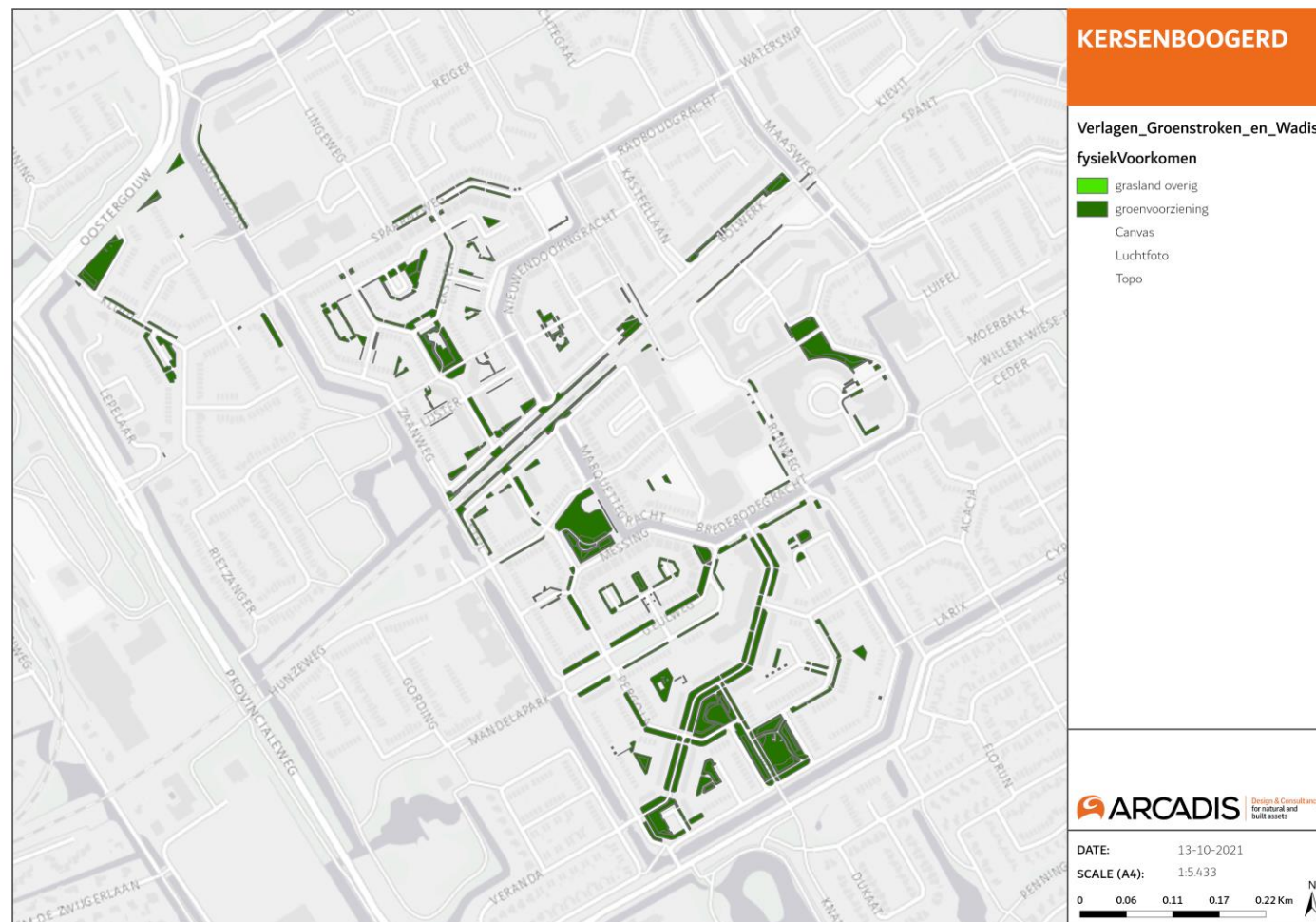
- Alle groenstroken worden tot 40cm verlaagd en op grote groenlocaties worden wadi's aangelegd

Effect:

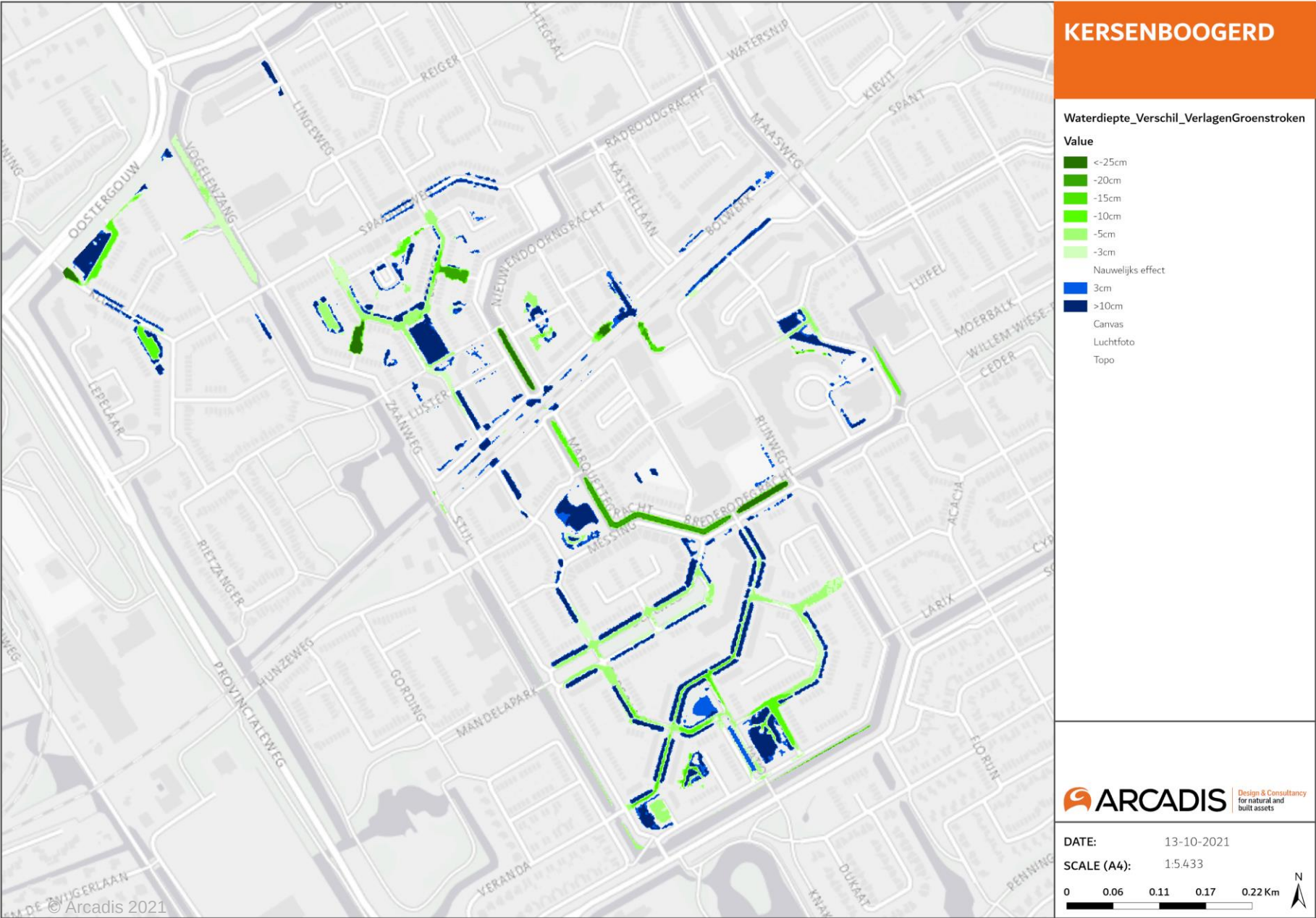
- Verlaging van waterdiepte tot >25 cm lokaal.

Resultaat:

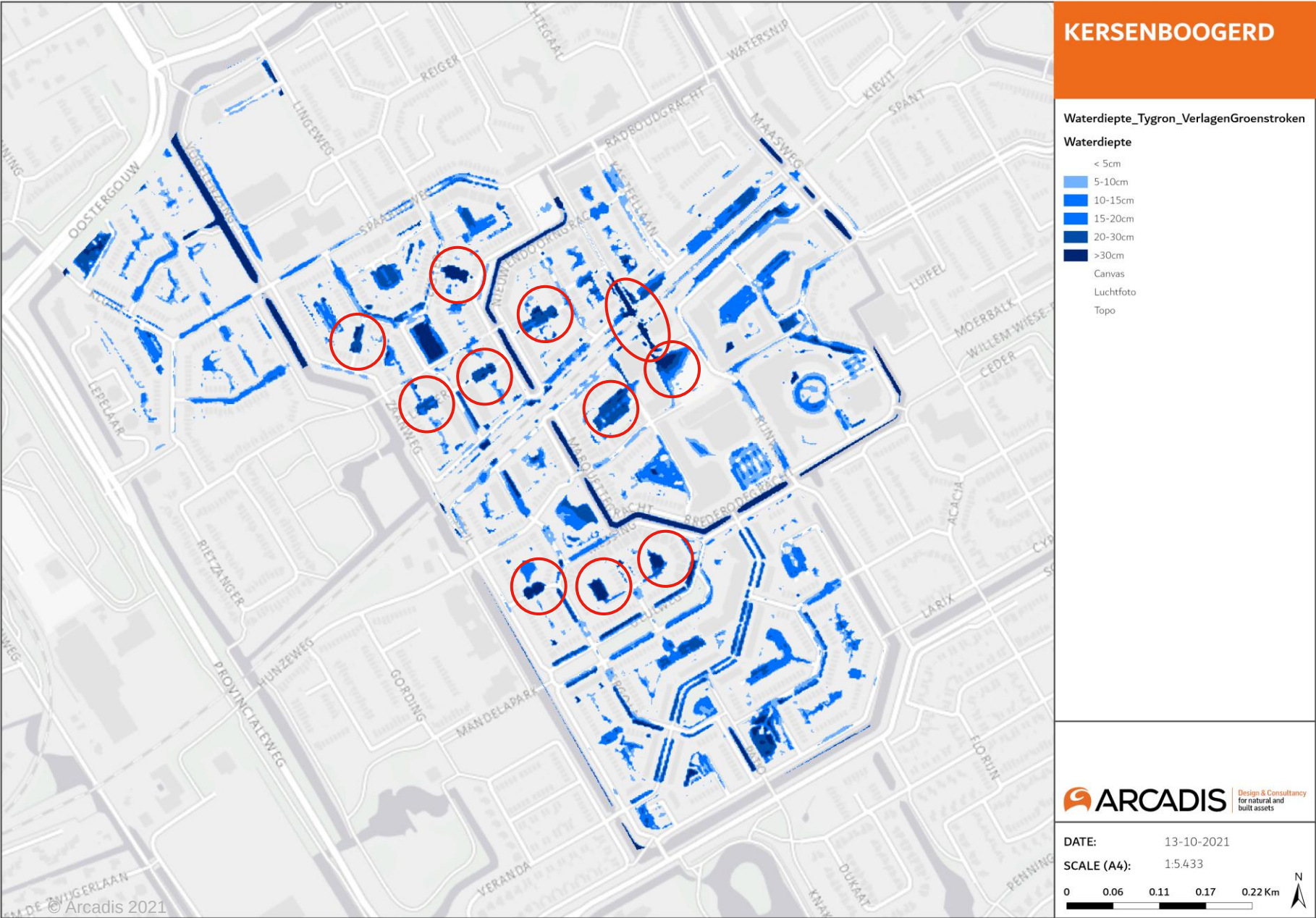
- Knelpunten worden slechts deels opgelost.
- Water blijft liggen in lager gelegen wijken



Berekening – Bergen in groengebieden – 60mm



Berekening – Bergen in groengebieden – 60mm



Berekening – Bergen onder parkeervakken

Maatregel:

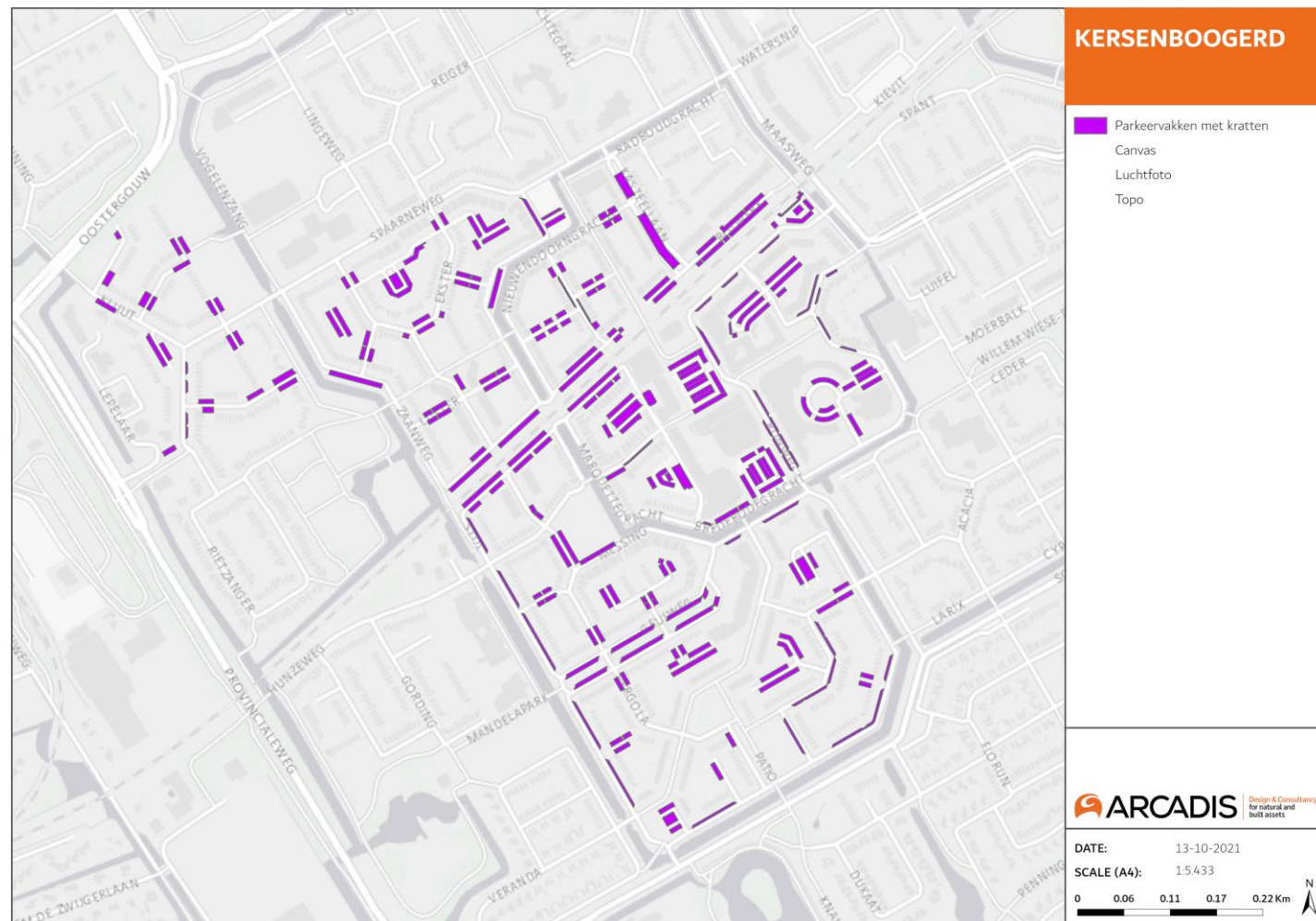
- Alle parkeervakken worden voorzien van bergings-/infiltratiekratten

Effect:

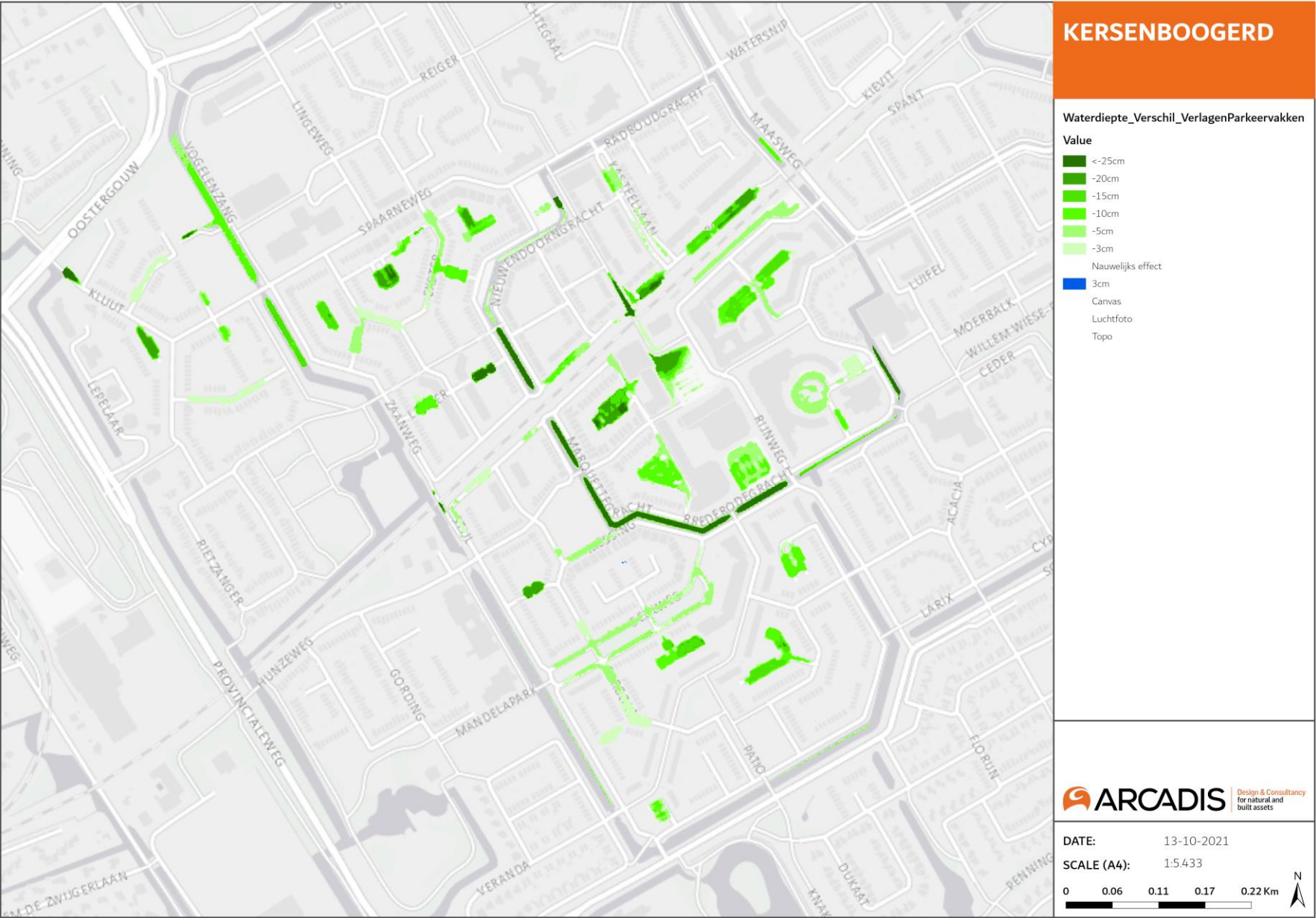
- Verlaging van waterdiepte tot >25 cm lokaal.

Resultaat:

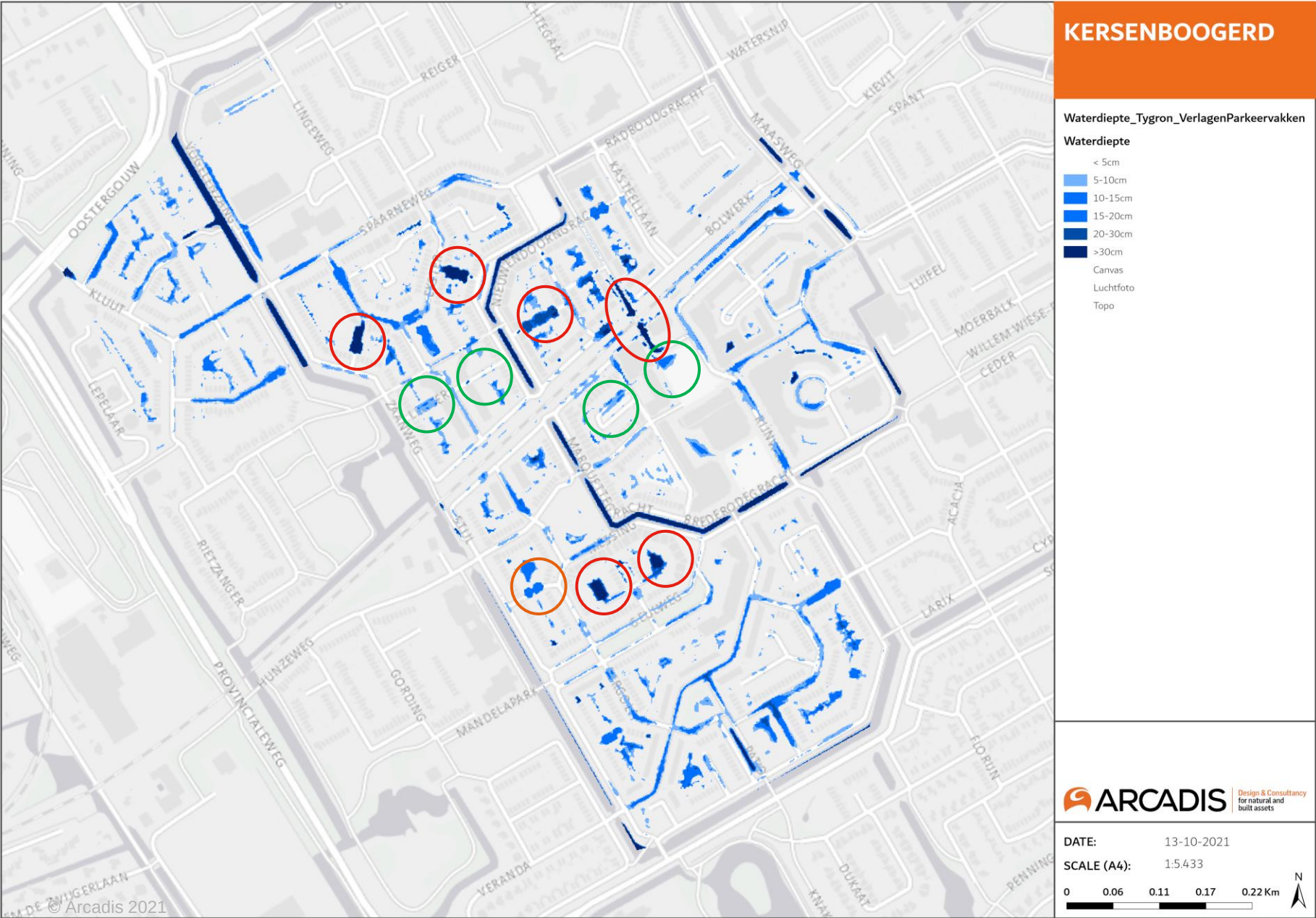
- Knelpunten worden slechts deels opgelost.
- Water blijft liggen in lager gelegen wijken



Berekening – Bergen onder parkeervakken 60mm



Berekening – Bergen onder parkeervakken – 60mm



Berekening – Slim inrichten van wegen (verlagen)

Maatregel:

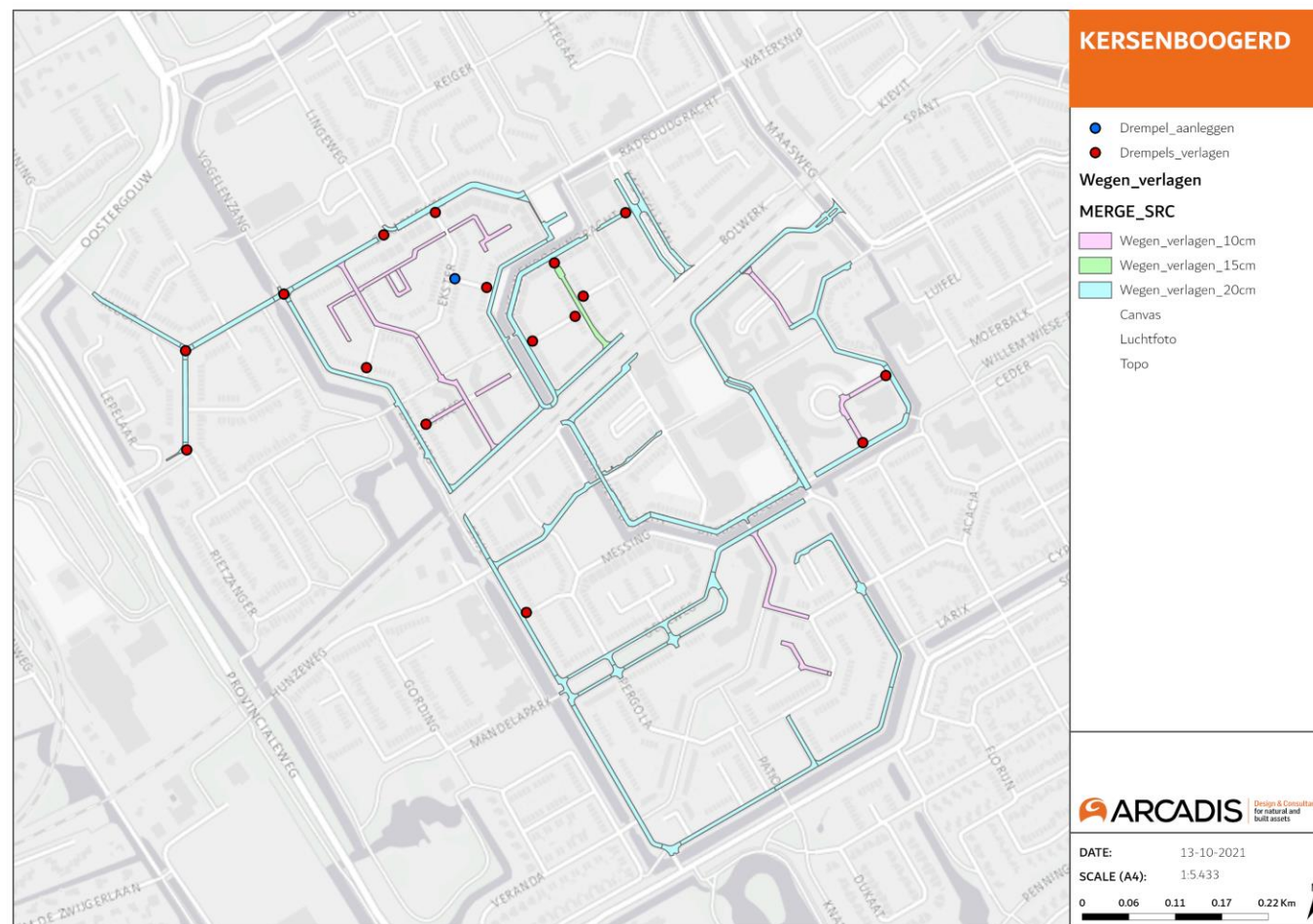
- Wegen worden ingericht (verlaagd) om water te bergen en af te voeren naar oppervlaktewater

Effect:

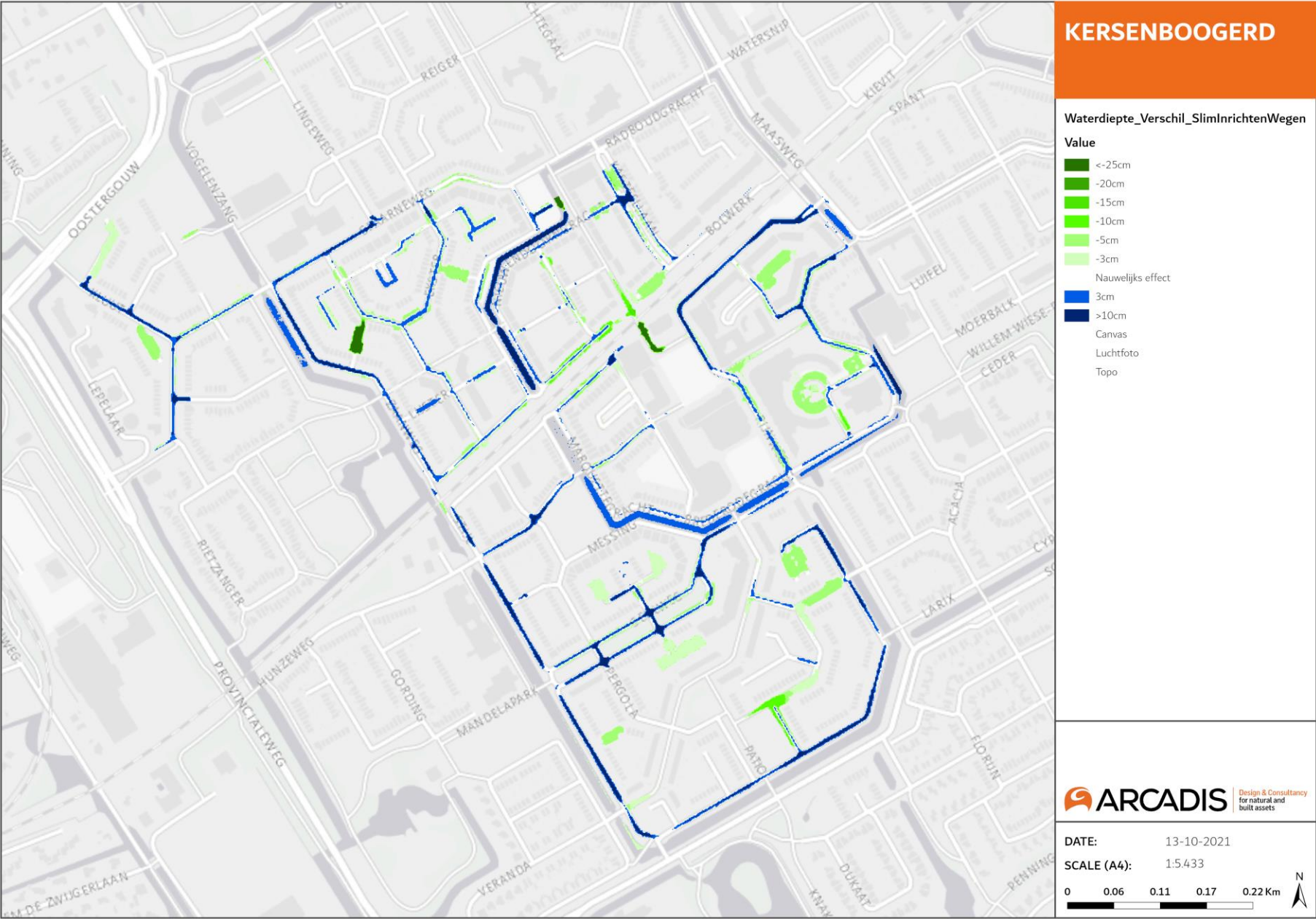
- Verlaging van waterdiepte tot >25 cm lokaal.
- Water wordt naar wegen verplaatst waar diepte toeneemt.
- Water stroomt beter naar oppervlakteater

Resultaat:

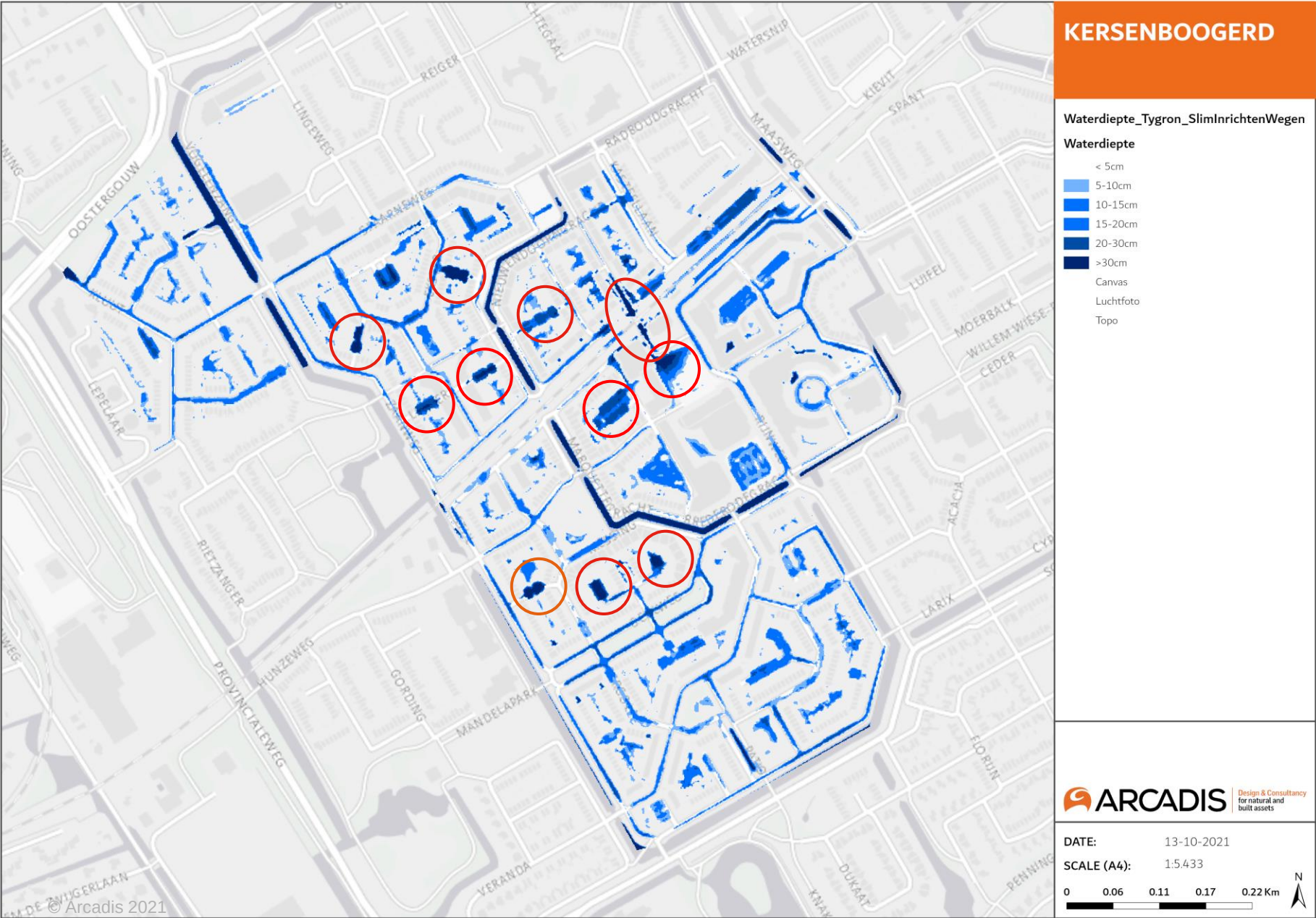
- Knelpunten worden slechts deels opgelost.



Berekening – Slim inrichten van wegen (Verlagen) – 60mm



Berekening – Slim inrichten van wegen



Berekening – Slim inrichten van wegen (verlagen) + maatwerk oplossingen

Maatregel:

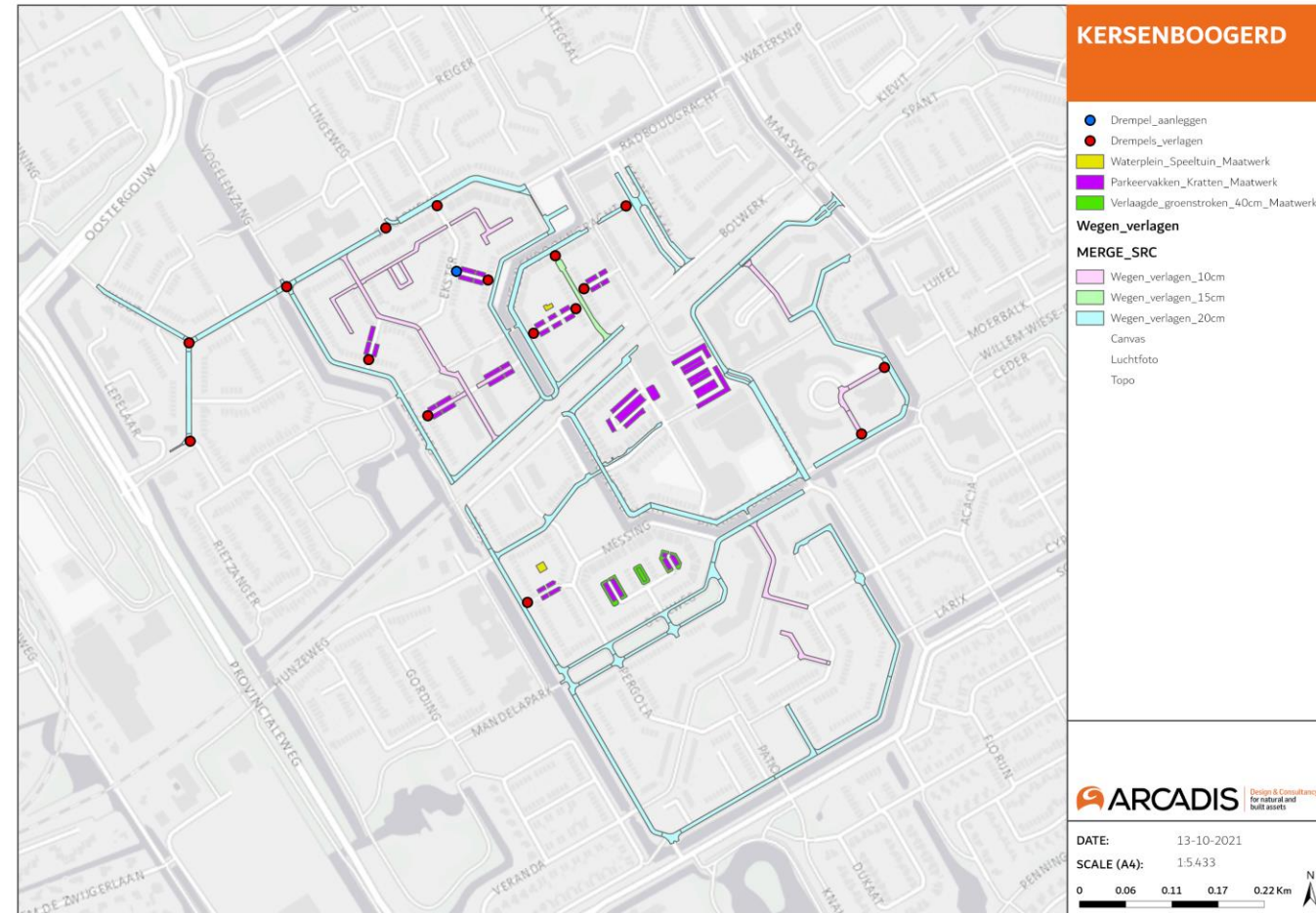
- Slim inrichten van wegen
- Bij overblijvende knelpunten worden **maatwerkoplossingen** toegepast.

Effect:

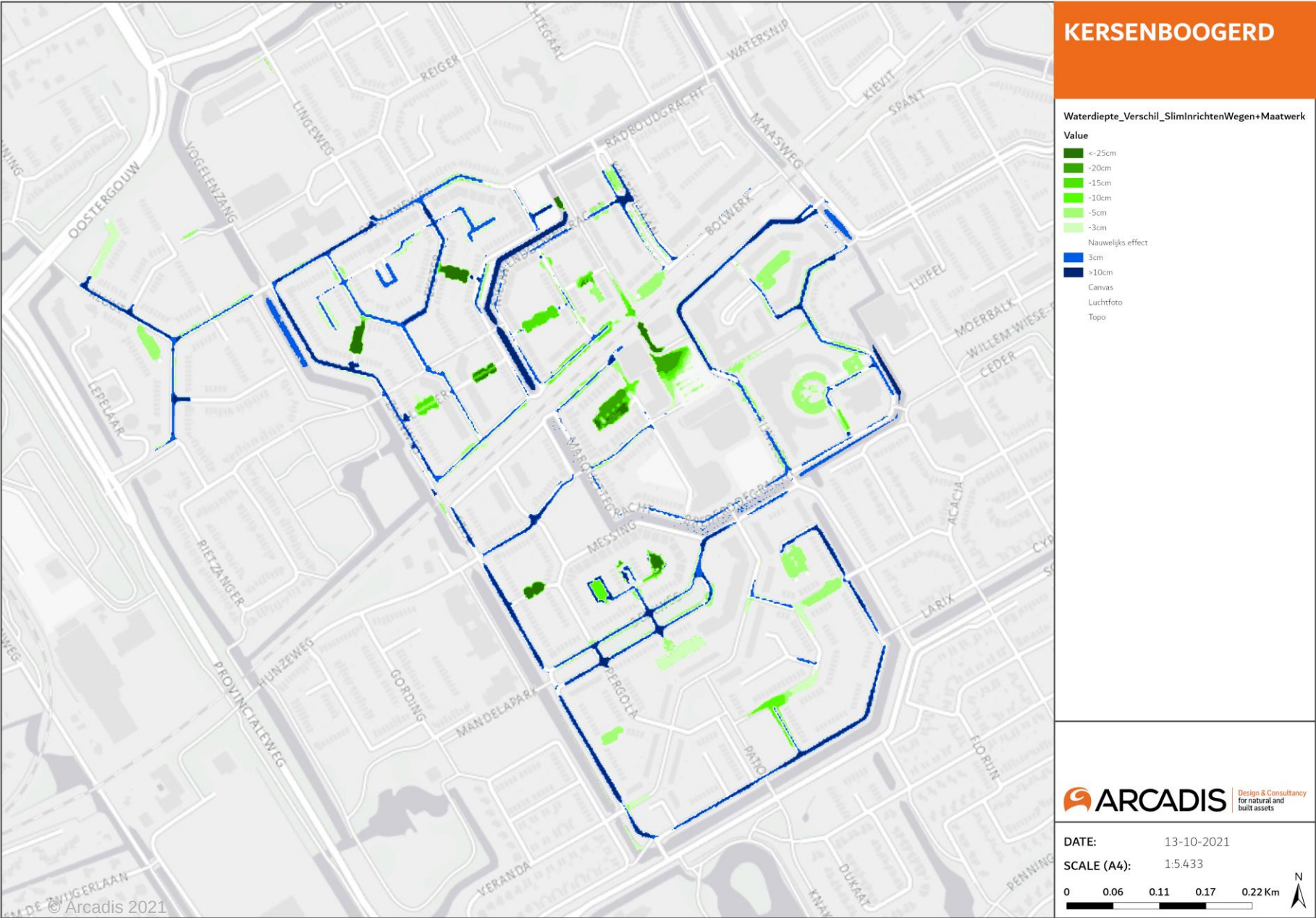
- Verlaging van waterdiepte tot >25 cm lokaal.
- Water wordt naar wegen verplaatst waar diepte toeneemt.
- Water stroomt beter naar oppervlakteater

Resultaat:

- Knelpunten zijn voor een groot deel opgelost
- Water op particulier terrein blijft lokaal staan.



Berekening – Slim inrichten van wegen + maatwerk oplossingen



Berekening – Slim inrichten van wegen + maatwerk oplossingen

