



Hittestress

Hoe ontwerpen we een koele stad?

ing. Farid Saif
ir. Annebeth Muntinga



Dwa

Inhoudsopgave

- 1 Hittestress
 - 2 Stedelijk hitte-eiland effect
 - 3 Ontwerp strategieën
 - 4 Case study
 - 5 Conclusie
-



1

Hittestress

Hittestress

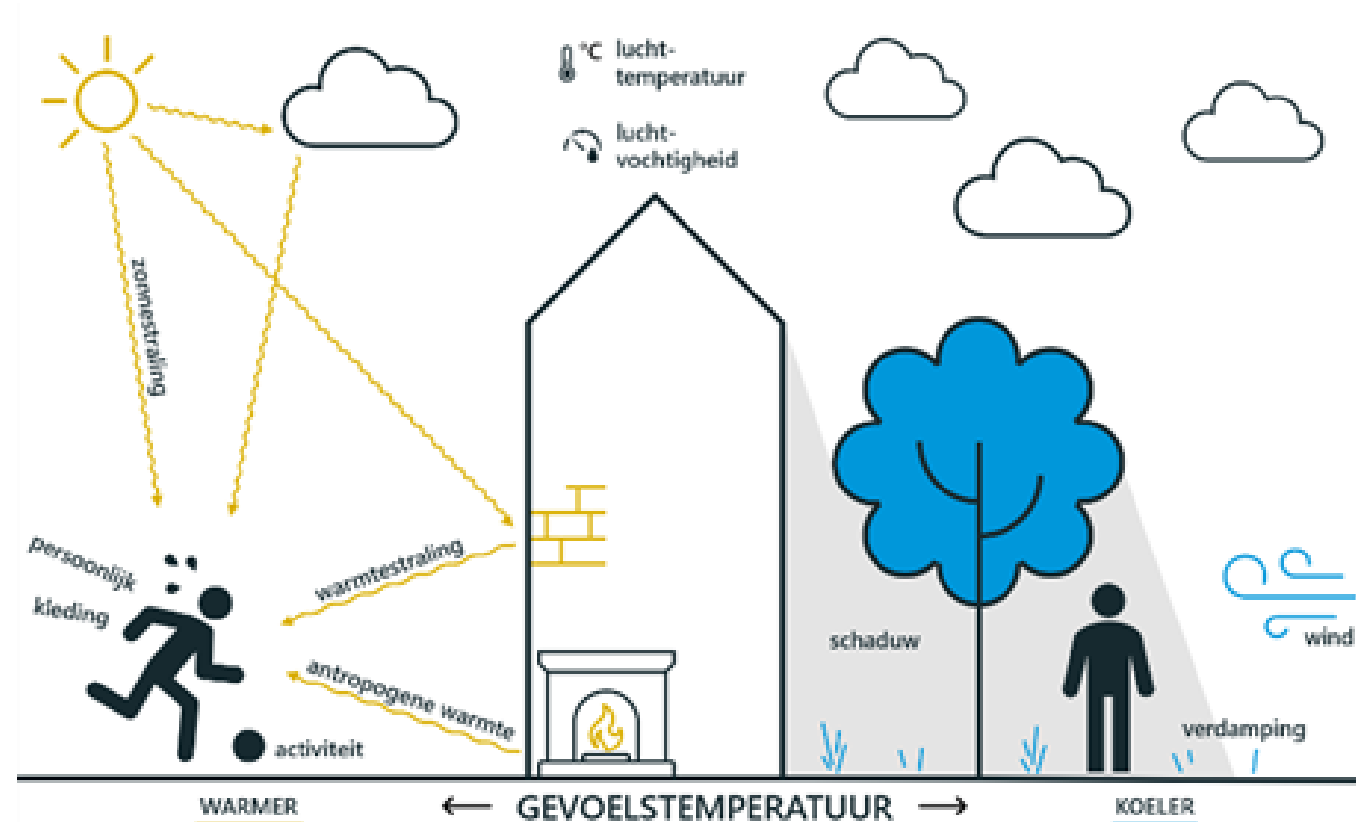
Hittestress is een aandoening als de **gevoelstemperatuur** hoger wordt dan 29°C. Gezondheidsrisico's nemen dan toe.

Factoren gebouwde omgeving die hittestress beïnvloeden zijn:

- Schaduw
- Straling gebouwde omgeving
- Verdamping
- Wind

Fysiologische factoren zijn onder andere:

- Leeftijd
- Gewicht
- Fysieke gesteldheid



Effecten hittestress

- Discomfort
- Lagere arbeidsproductiviteit
- Toename agressiviteit
- Hoger energiegebruik
- Hogere sterfte
- Meer ziekten

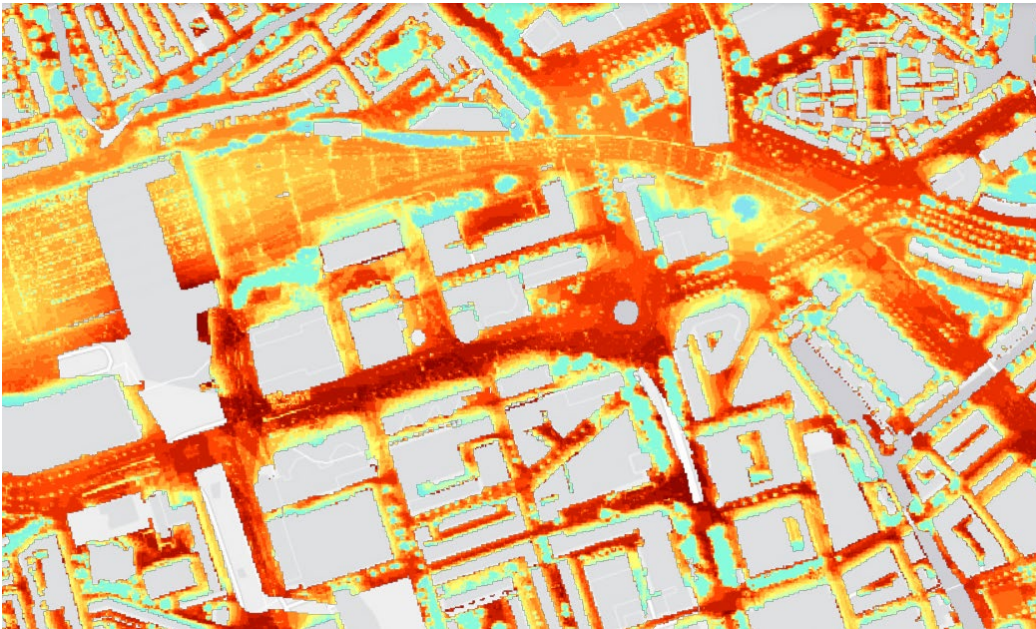


Classificering hittestress

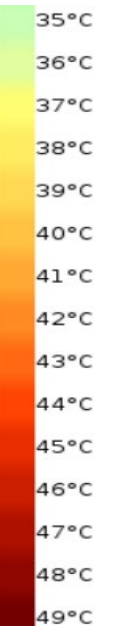
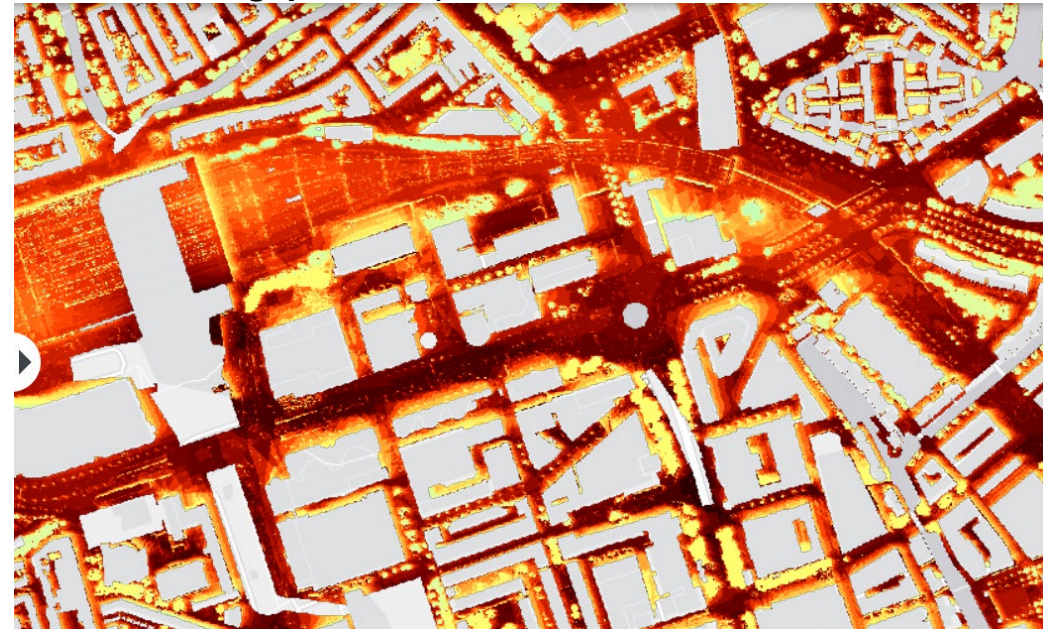
Gevoelstemperatuur [°C]	Perceptie	Fysiologisch stressniveau
0 – 4	Heel koud	Extreme koudestress
4 – 8	Koud	Sterke koudestress
8 – 13	Koel	Matige koudestress
13 – 18	Fris	Lichte koudestress
18 – 23	Comfortabel	Geen stress
23 – 29	Beetje warm	Lichte warmtestress
29 – 35	Warm	Matige warmtestress
35 – 41	Heet	Grote warmtestress
> 41	Zeer heet	Extreme warmtestress

Hittestress in Nedeland

1 juli 2015



WH-scenario KNMI (warm+hoge waarde
luchtstromingspatronen)



Gevoelstemperatuur Hofplein Rotterdam



2

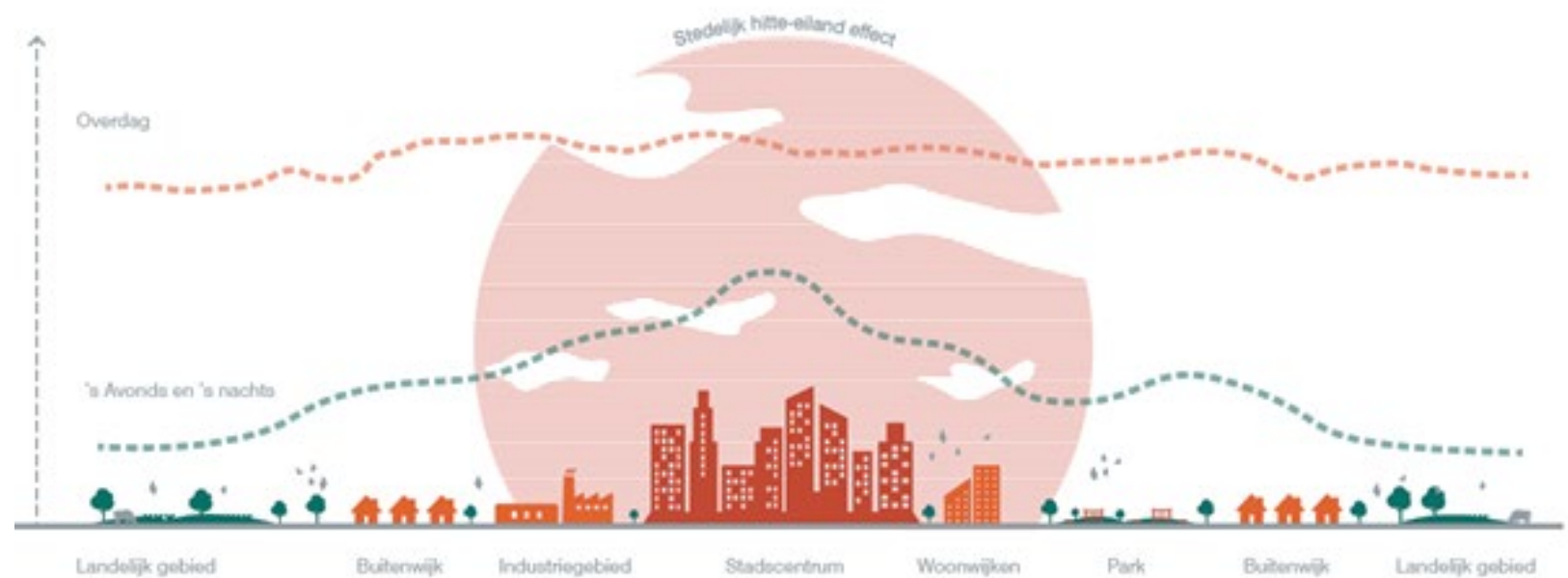
Stedelijk hitte-eiland effect

Factoren hitte-eiland effect (UHI)

Het stedelijk hitte-eiland effect is het fenomeen dat de temperatuur in de stad gemiddeld hoger is dan in landelijk gebied.

Factoren die invloed hebben op het stedelijk hitte-eiland effect zijn:

- Albedo en emissiviteit
- Sky View Factor (SVF)
- Windstroming
- Vegetatiefactor



Bereken van het stedelijk hitte-eiland effect

Vereenvoudigde formule (Bron: Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte, RIVM)

$$UHI_{max} = (2 - SVF - F_{veg}) * \sqrt[4]{\frac{S(t_{max} - T_{min})}{u}}$$

Waarin:

UHI_{max}: Maximaal temperatuurverschil [°C]

SVF: Sky view factor [-]

F_{veg}: Vegetatiefactor [-]

S: Gemiddelde uurlijkse globale straling [W/m²]

T_{max}: maximum temperatuur [°C]

T_{min}: minimum temperatuur [°C]

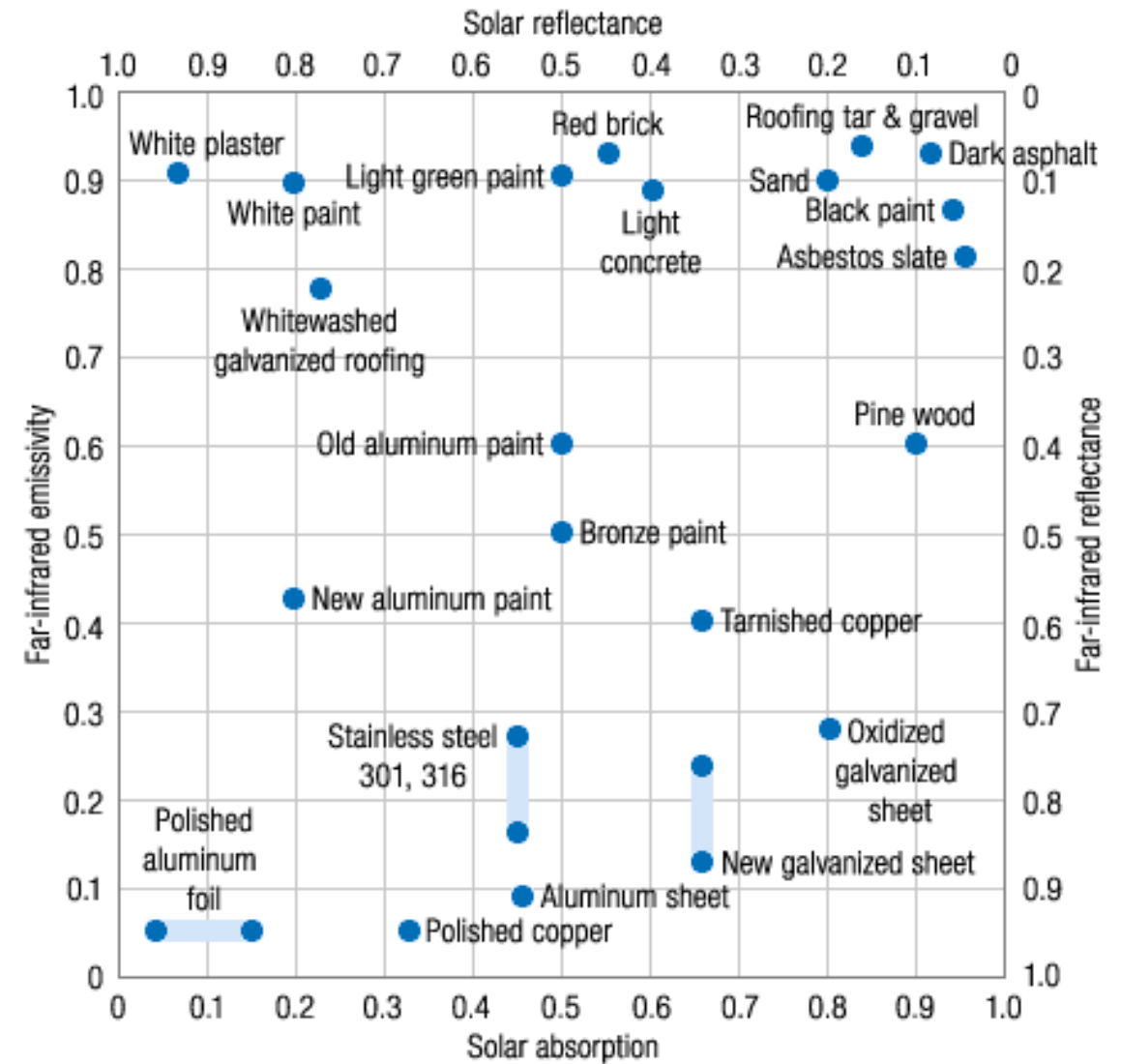
U: Gemiddelde dagelijkse windsnelheid [m/s]

Albedo en emissiviteit

Albedo is de mate van reflectie van een materiaal: de verhouding tussen de hoeveelheid opvallende en gereflecteerde elektromagnetische straling. Naast kleur van een materiaal zijn de hoek van instraling en de oppervlaktetextuur belangrijke parameters.

Emissiviteit is de mate van effectiviteit in het uitstralen van energie als warmtestraling.

Veel bouwmaterialen hebben een lage albedo en een hoge emissiviteit, waardoor zij veel warmte absorberen en ook weer uitstralen.



Courtesy: Florida Solar Energy Center

Invloed albedo en

emissiviteit

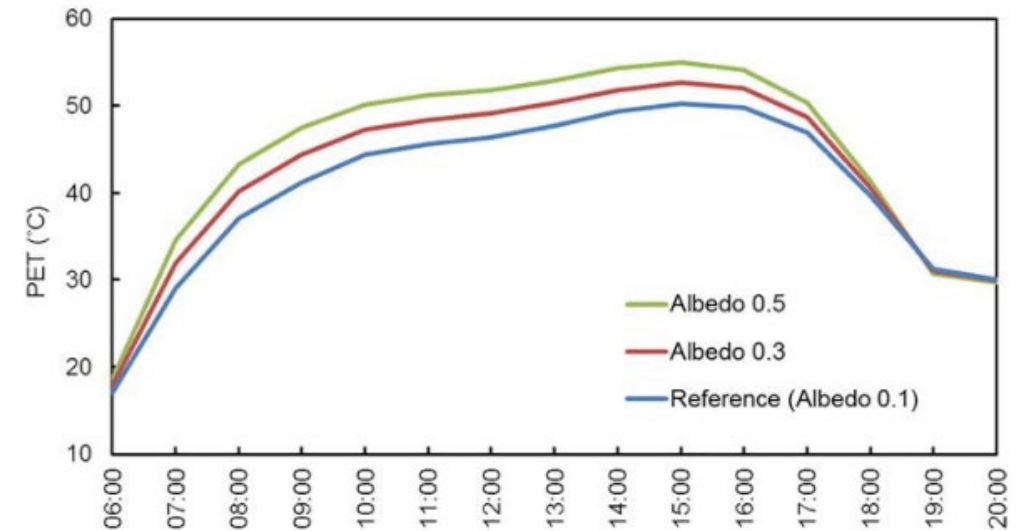
Toronto

Simulatie voor het Yonge-Dundas plein in Toronto, 4.000 m². Het albedo is in twee stappen verhoogd van 0,1 naar 0,5.

Resultaten:

- Luchttemperatuur: **0,7 °C lager** op 1 meter hoogte.
- Gevoelstemperatuur: **4,7 °C hoger** op 1 meter hoogte.

Een hoger albedo resulteert dus in een lagere luchttemperatuur, maar een hogere gevoelstemperatuur.



Sky View Factor (SVF)

De **Sky View Factor** is het aandeel van de hemelkoepel dat zichtbaar is vanaf maaiveld.

Een lagere SVF leidt tot een groter UHI, omdat er meer zonlicht wordt gereflecteerd, geabsorbeerd en als warmte uitgestraald door de obstakels. Het negatieve effect hiervan op het UHI is groter dan het positieve effect door beschaduwing van gebouwen.

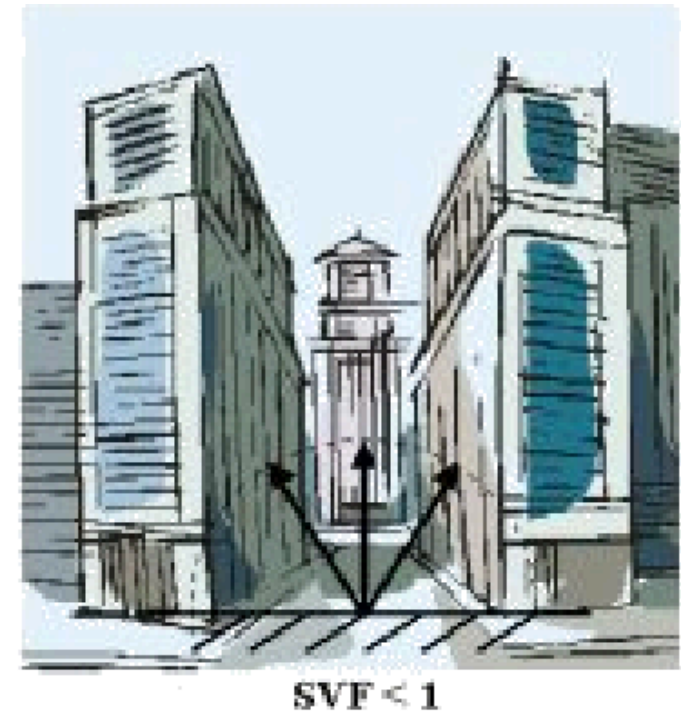
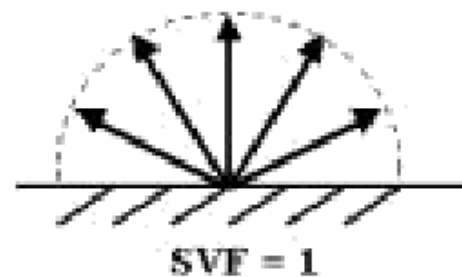
Een vereenvoudigde formule om de SVF te berekenen is (De Wolff, 2008):

$$SVF_{2D} = \cos\left(\arctan\left(\frac{H}{0,5W}\right)\right)$$

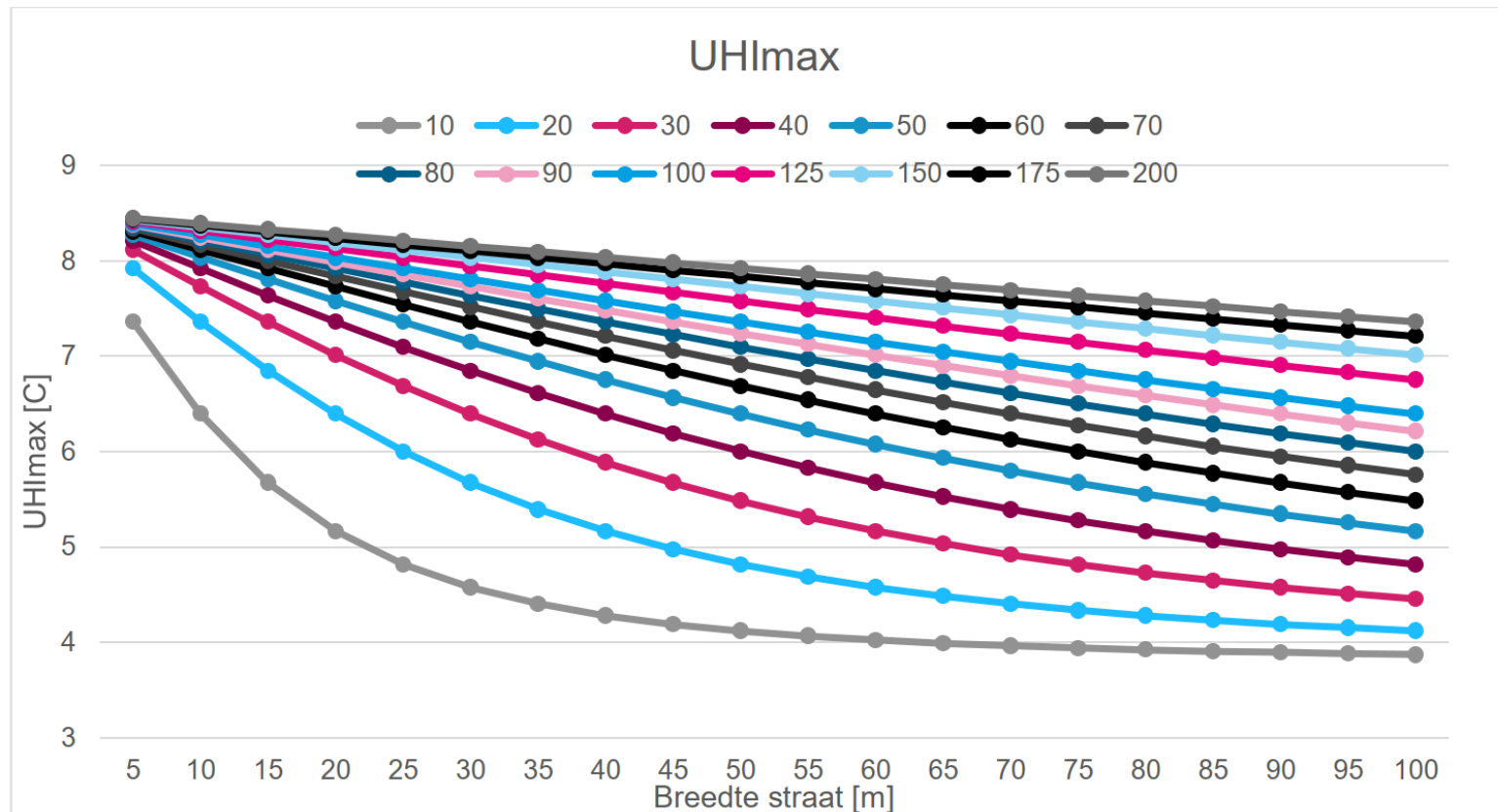
Waarin:

H = de hoogte van het obstakel

W = de afstand tussen de obstakels

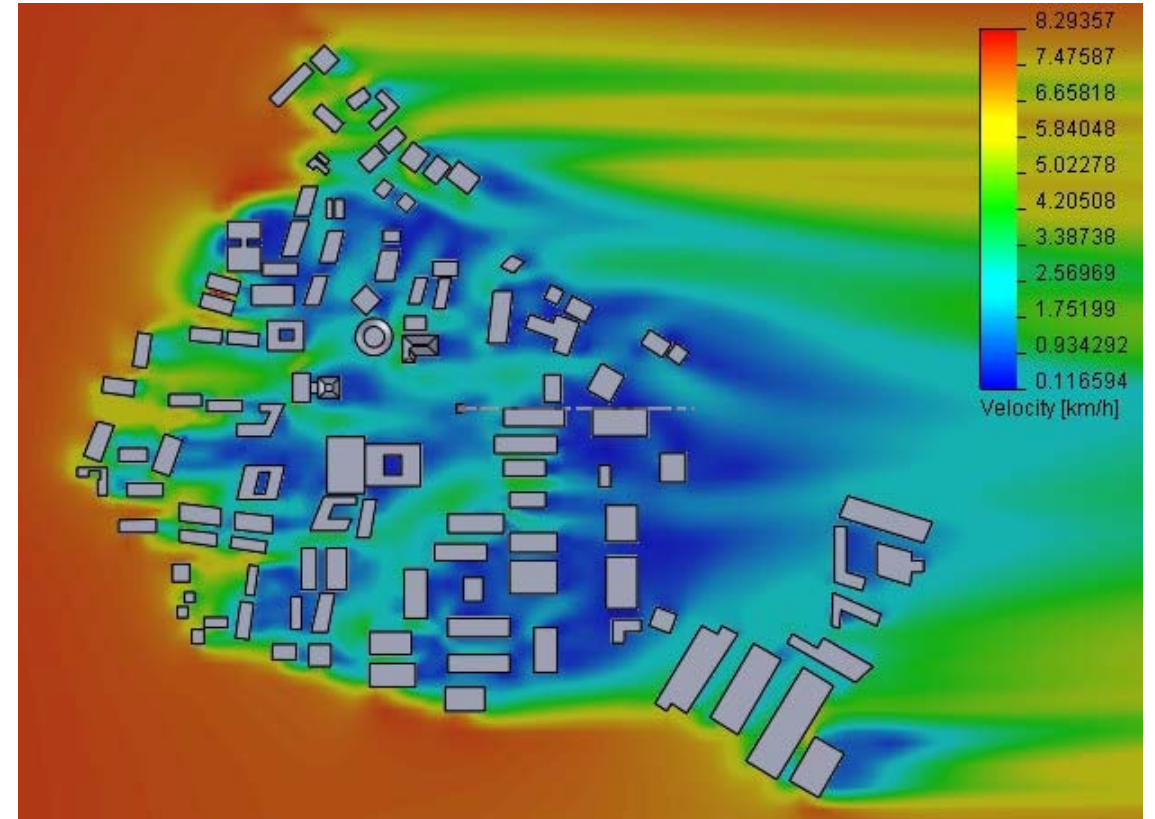


Relatie hoogte obstakel, breedte straat en UHI



Windstroming

Bouwblokken in steden kunnen de windstroming beïnvloeden waardoor warmte minder snel wordt afgevoerd.



Model windstroming Malang, Indonesië (Sugiono, 2014)

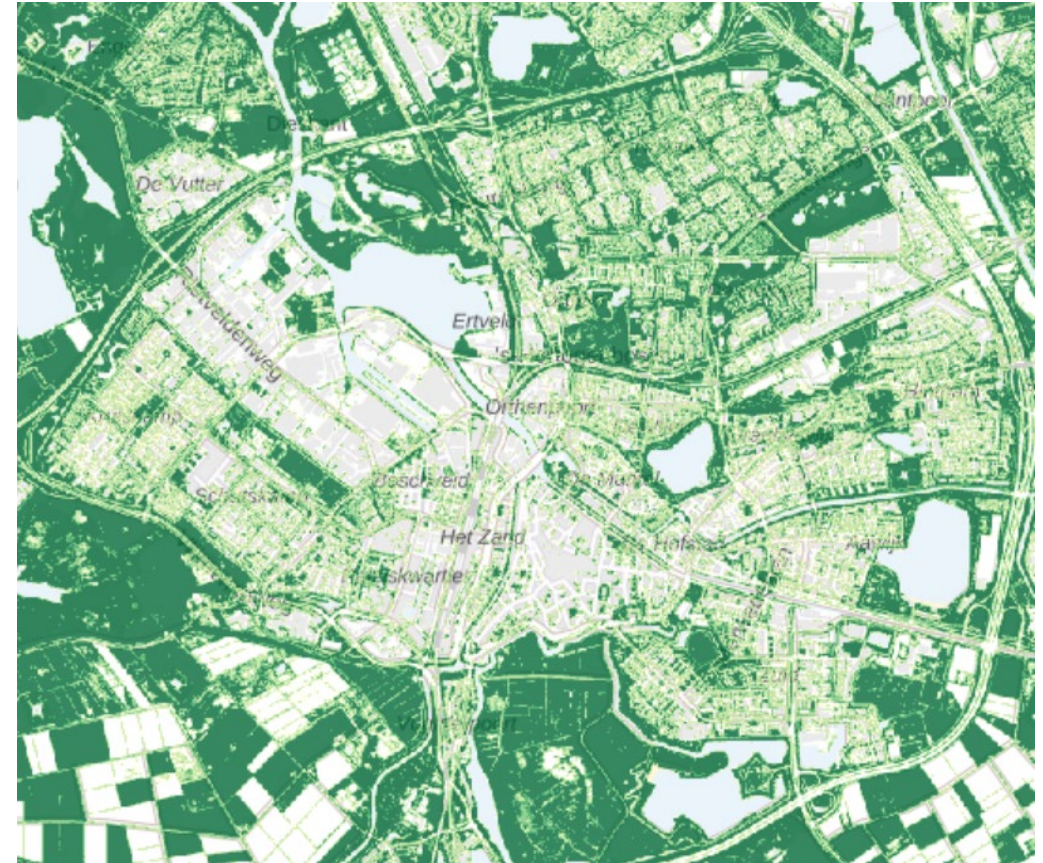
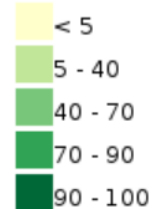
Vegetatiefactor

De vegetatiefactor in een gebied is het aandeel groen oppervlak ten opzichte van het totale oppervlak. Een hogere vegetatiefactor leidt tot een lagere UHI. Door vegetatie wordt de latente warmteflux vergroot en de voelbare warmteflux kleiner. Tevens beschaduwden bomen het ondergelegen oppervlak, waardoor deze minder opwarmt.

Legenda:

Groenkaart (%)

inclusief agrarisch gebied

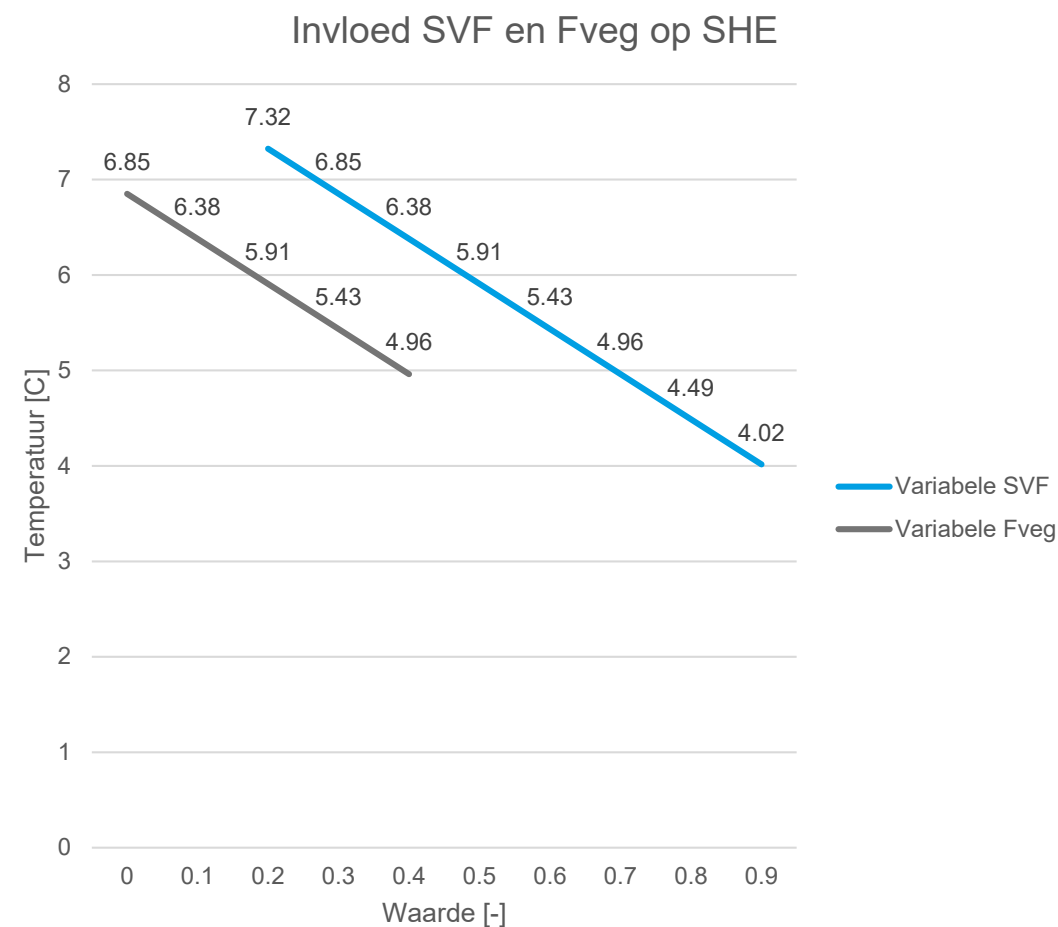


Vegetatiefactor Den Bosch

Invloed vegetatiefactor en sky view factor op UHI

Factor	Waarde	Eenheid
S	461	[W/m ₂]
T_{max}	33,90	[°C]
T_{min}	21,60	[°C]
U	2,45	[m/s]
SVF	0,55	[-]
F_{veg}	0,2	[-]

Factor	Bereik	Eenheid	Bereik uitkomst	Eenheid
SVF	0,2 ≤ 0.9	[-]	4,02 ≤ 7,32	[°C]
F_{veg}	0,0 ≤ 0.4	[-]	4,96 ≤ 6,85	[°C]



Koelprincipes



Reflectie



Schaduw



Ventilatie



Verdamping

Ontwerpmaatregelen

Categori
e



**Koelen met
blauw**



Koelen met grijs

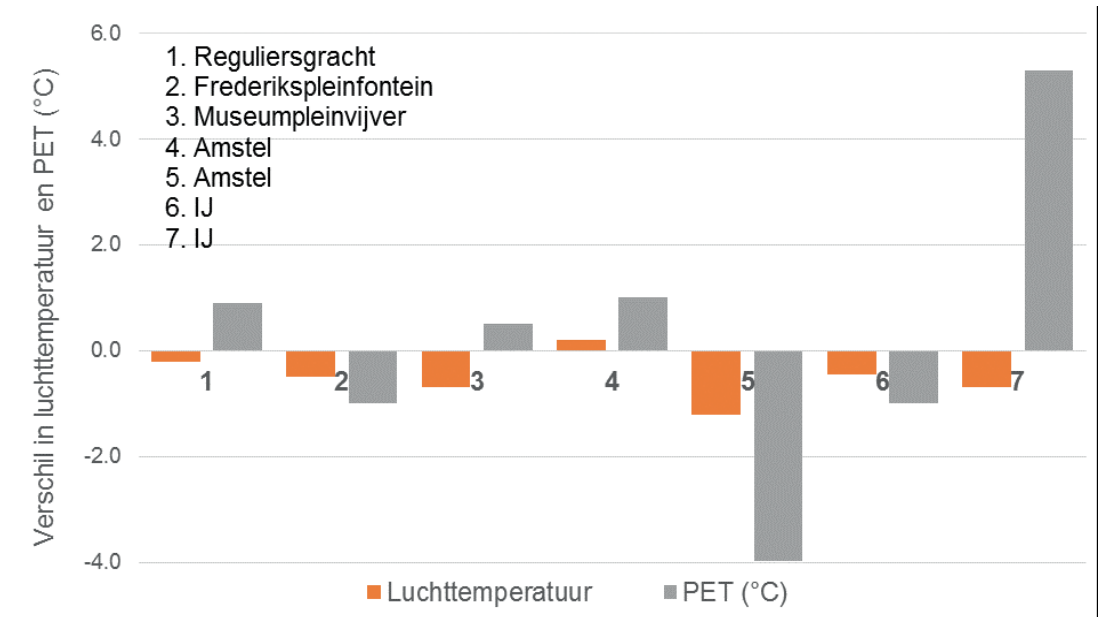


**Koelen met
groen**

Koelen met blauw

Water als verkoelende ontwerpmaatregel

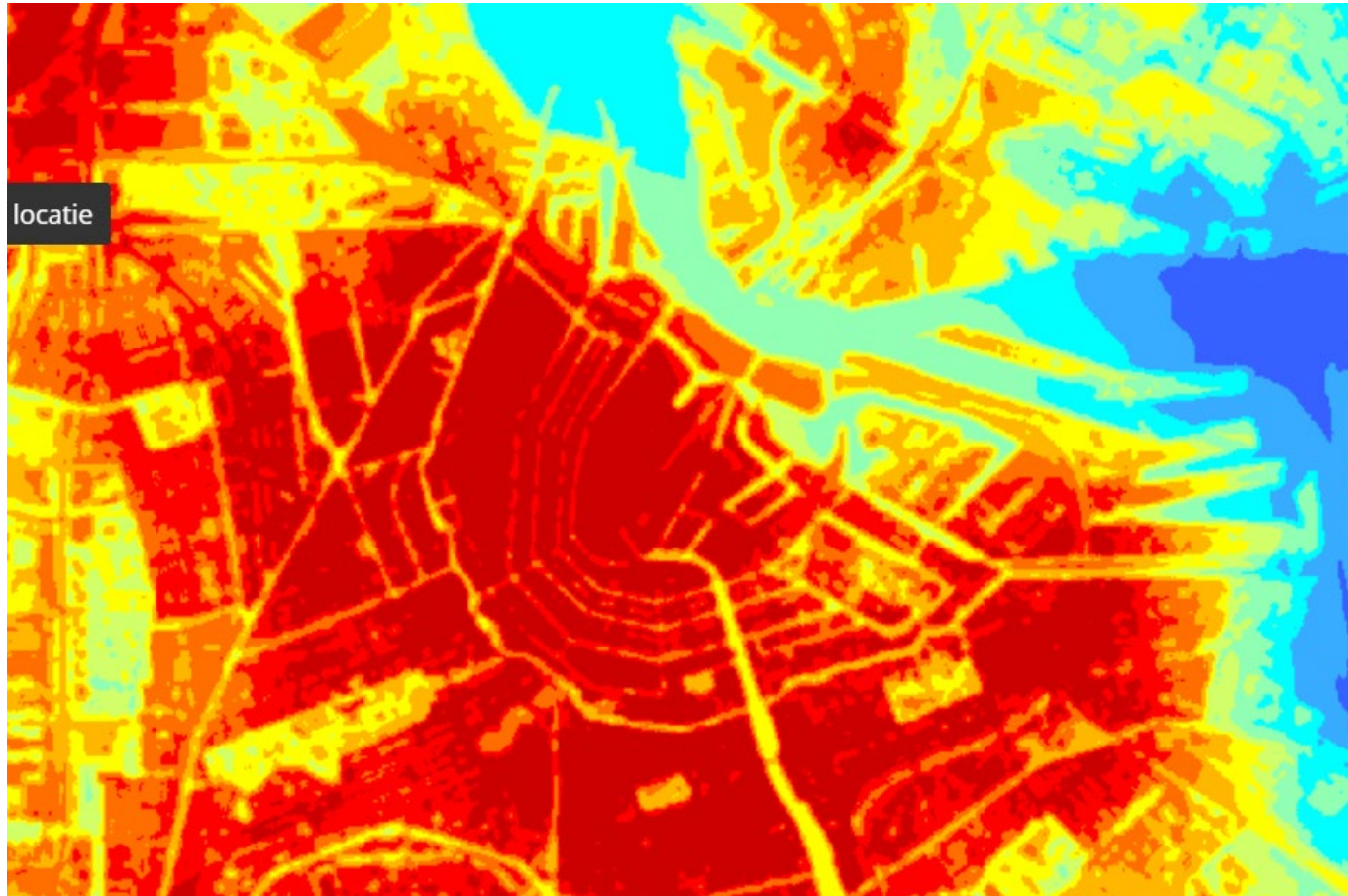
- Heeft effect op hittestress direct op of aan het water.
- Het effect van water op de gevoelstemperatuur reikt niet ver.
- Het effect verschilt per type en grootte van het oppervlaktewater.
- Werkt als warmtebuffer wat zowel een positief als negatief op hittestress kan hebben.



PET (physiological equivalent temperature) gemeten boven het water

Effect oppervlaktewater

Amsterdam



Effect open water

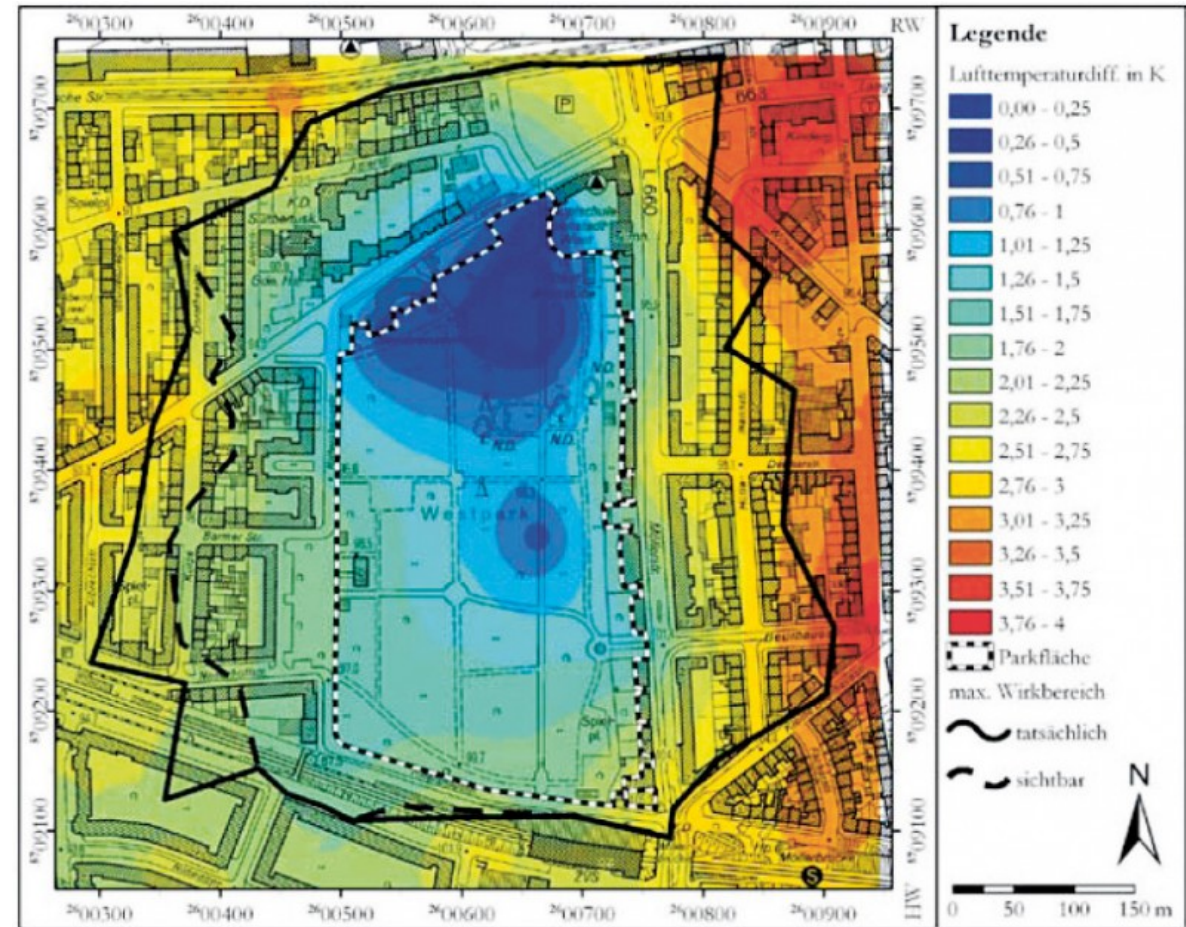
Scheveningen



Koelen met groen

Bomen, struiken en gras

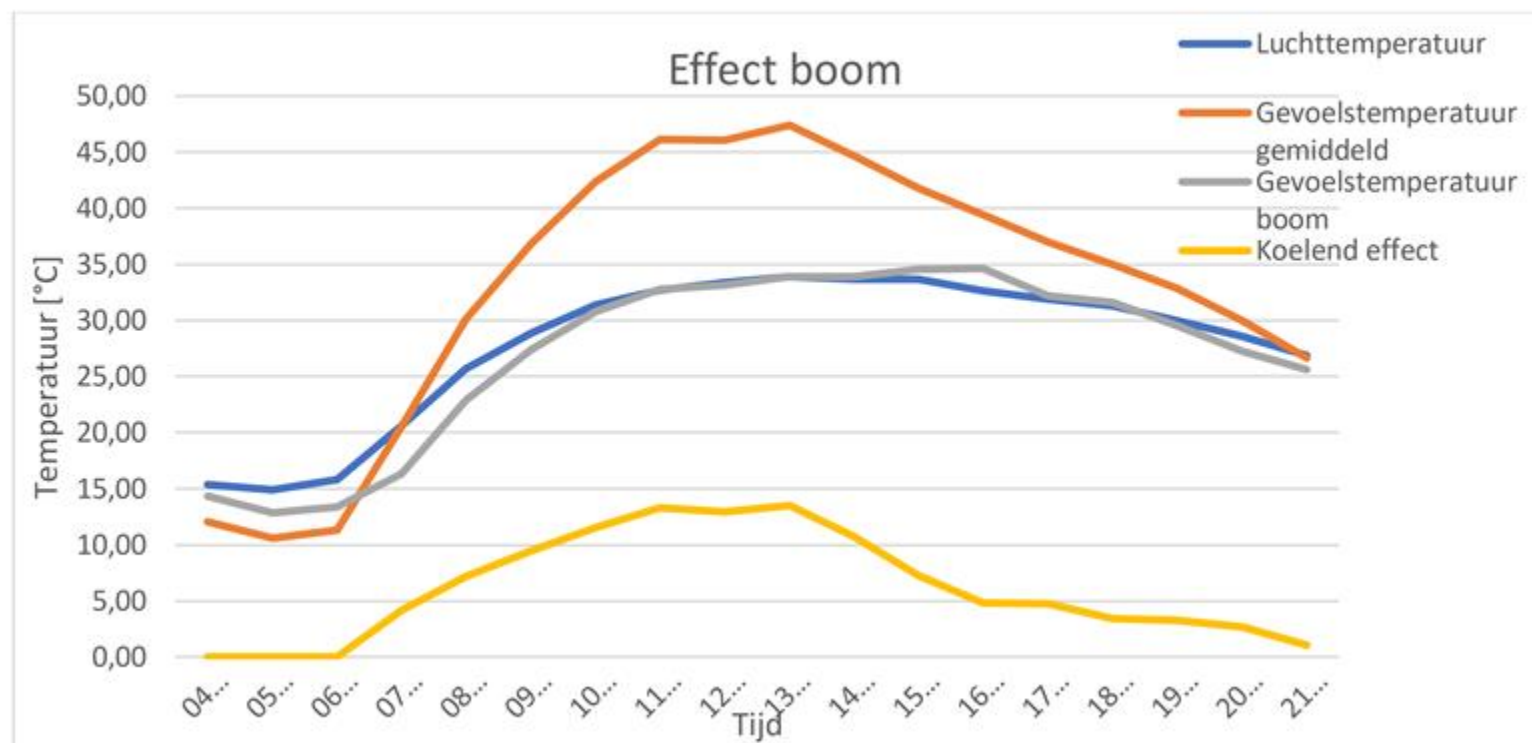
- Bomen verlagen de gevoelstemperatuur overdag door schaduw en voorkomt dat de oppervlakten eronder opwarmen.
- Het uitstralende effect van een groot park is ongeveer gelijk aan de halve diameter van het park
- 's nachts stralen de groene oppervlakten minder warmte uit en onttrekt het groen door verdamping warmte aan de directe omgeving.
- Bij langdurige hitte en droogte is het verkoelend effect van groene daken beperkt door indroging van het substraat.



Reikwijdte park op luchttemperatuur 's nachts in Westpark Dortmund
(Klimawandel, 2011, via: urbanbluegrids.com)

Koelen met groen

Koelend effect boom



Koelen met grijs

- Materialen met een hoge albedo en een lage emissiviteit hebben een positieve bijdrage aan het verminderen van het stedelijk hitte-eiland effect.
- Het effect is voornamelijk op de luchttemperatuur en niet op de gevoelstemperatuur.
- Op stadsniveau is er maximaal 0,9 °C winst te behalen.
- Temperatuurverlaging ligt tussen de 0,1 – 0,3 °C per 10 % albedo verhoging (Santamouris, 2014).
- Op lokaal niveau blijft een wit dak circa 30 °C koeler in vergelijking met een traditioneel dak (EPA, 2008).



Koelen met grijs

Schaduw creëren

- Schaduwdoeken en andere afscherming hebben een beperkt effect op de luchttemperatuur.
- Het effect op de gevoelstemperatuur is wel groot, tot wel 17 °C (HvA, 2020).



Case study Berlijnplein, Utrecht



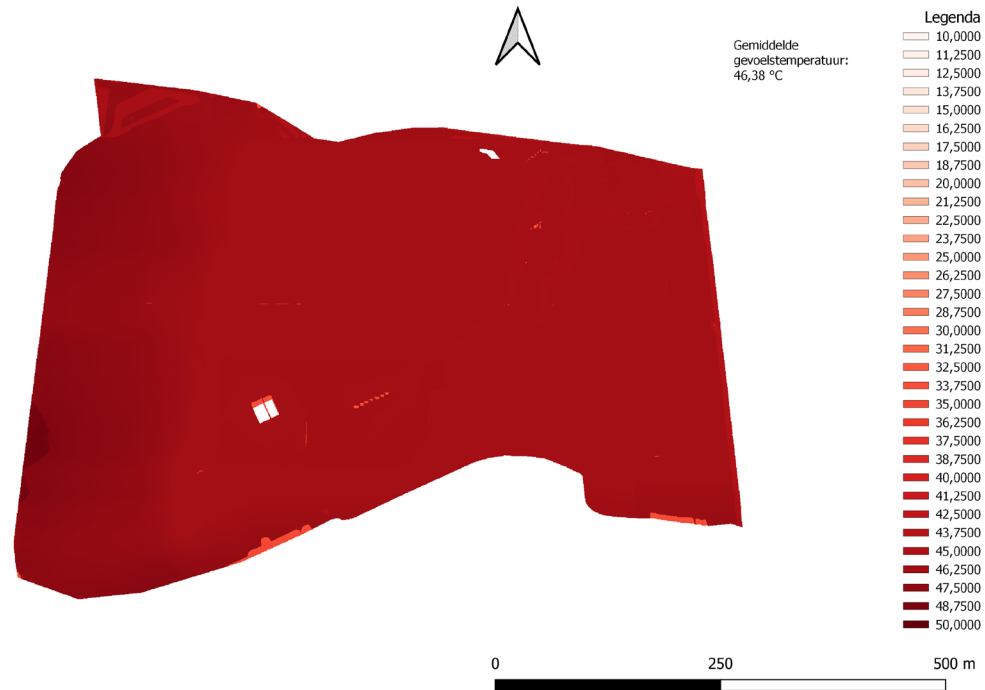
Case study Berlijnplein

Weersomstandigheden vergelijkbaar met 08-08-2020

Datum	Uur	Windrichting [graden]	Gem. Windsnelheid [m/s]	Temperatuur [°C]	Uurlijkse straling [W/m ²]	Relatieve luchtvochtigheid [%]
08/08/2020	04:00	0	1	15,4	0	96
08/08/2020	05:00	90	1	14,9	8	97
08/08/2020	06:00	90	0	15,8	63	97
08/08/2020	07:00	0	1	20,6	176	75
08/08/2020	08:00	130	1	25,7	329	55
08/08/2020	09:00	150	1	28,9	482	45
08/08/2020	10:00	160	1	31,4	606	31
08/08/2020	11:00	115	2	32,7	700	33
08/08/2020	12:00	70	2	33,4	760	26
08/08/2020	13:00	310	3	33,9	760	29
08/08/2020	14:00	310	4	33,7	713	30
08/08/2020	15:00	50	4	33,7	589	26
08/08/2020	16:00	30	4	32,6	381	31
08/08/2020	17:00	20	4	31,9	242	32
08/08/2020	18:00	30	3	31,3	153	32
08/08/2020	19:00	20	3	30	60	37
08/08/2020	20:00	10	3	28,6	14	43
08/08/2020	21:00	20	3	26,9	0	57

Case study Berlijnplein

Hittestress onbebouwde situatie (variant 0)

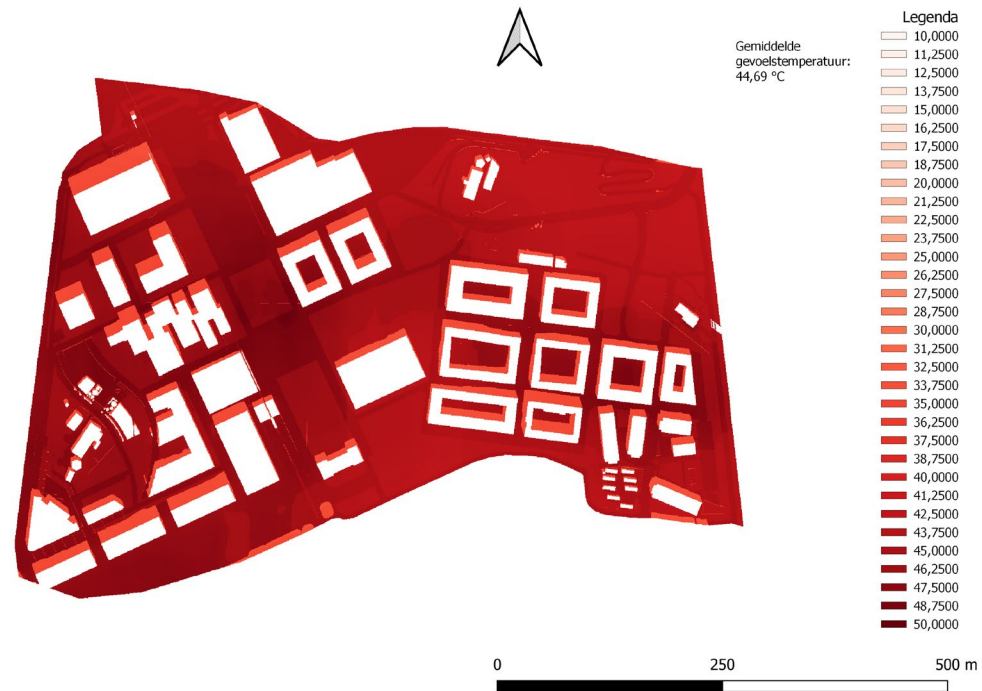


Gesimuleerd met Tygron

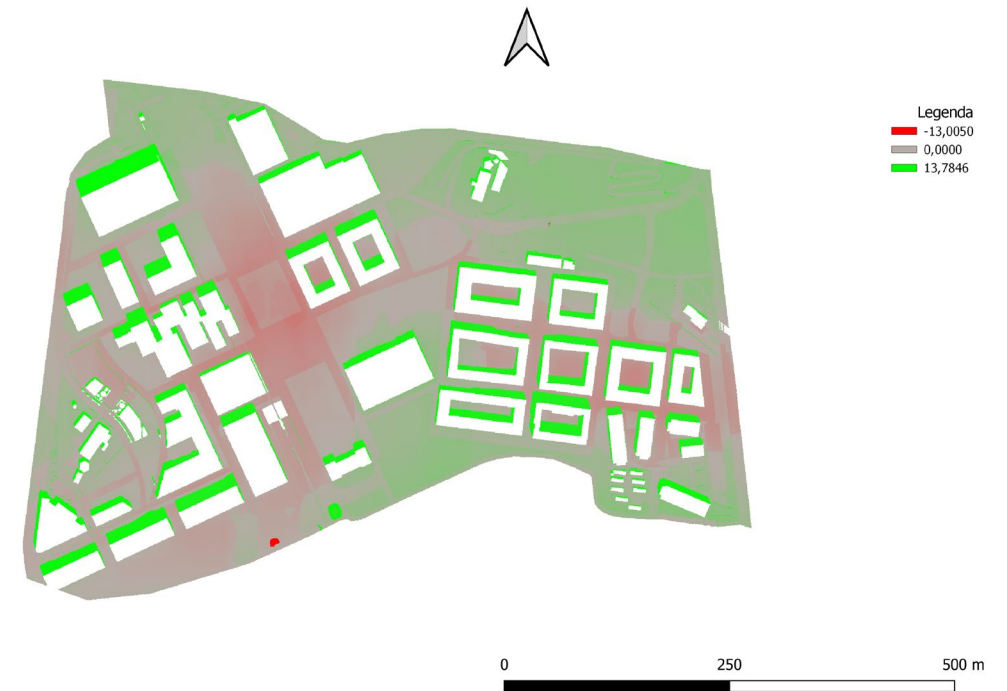
Case study Berlijnplein

Hittestress bebouwde situatie en verschil (variant 1)

Hittestress bebouwde situatie



Verskil tussen bebouwd en onbebouwd

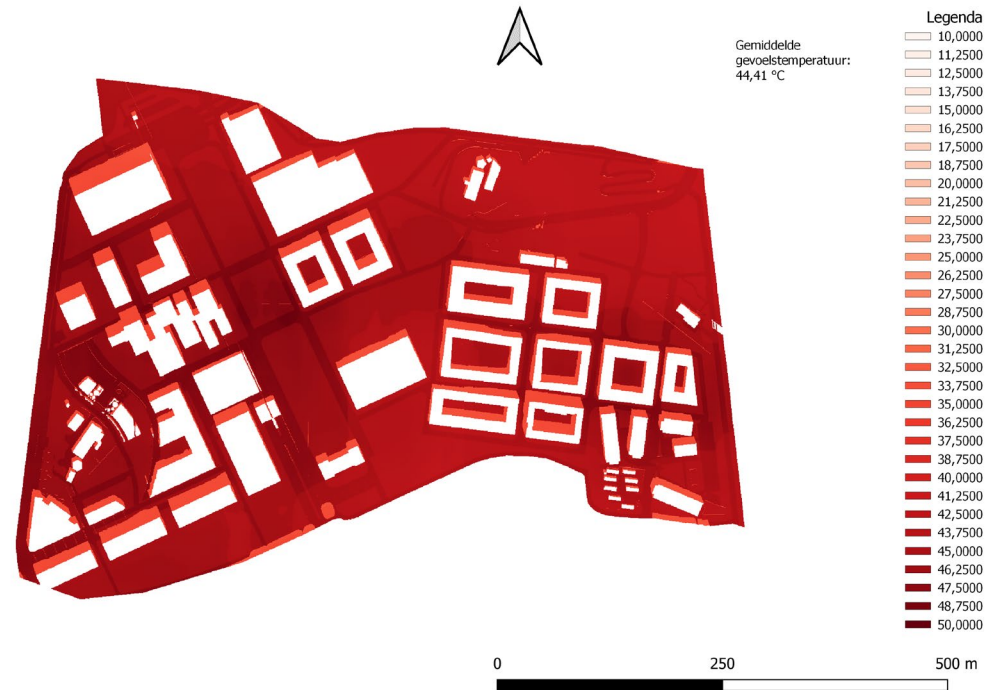


Gevoelstemperatuur verlaging: 1,69 °C

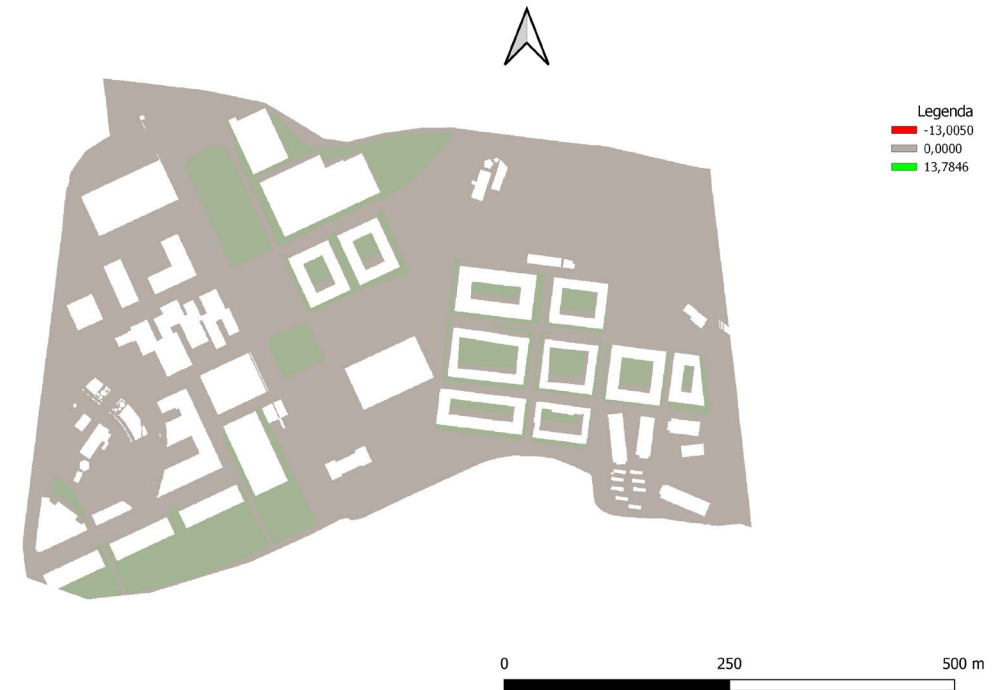
Case study Berlijnplein

Effect minder oppervlakteverharding (variant 2)

Hittestress bij minder verharding



Verskil met volledig verhard

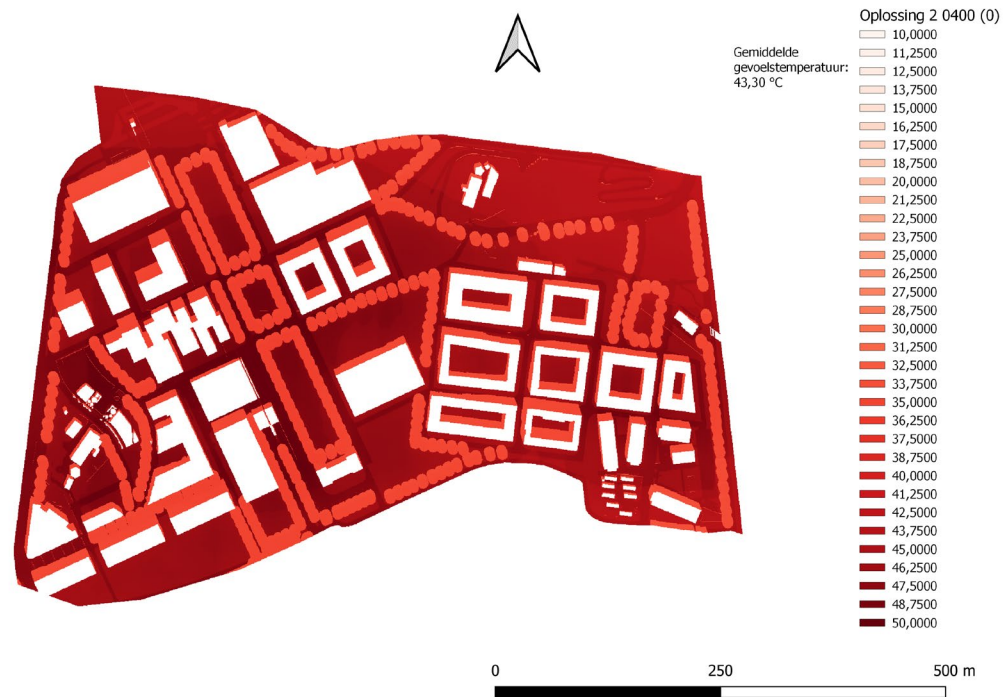


Gevoelstemperatuur verlaging: 0,28 °C

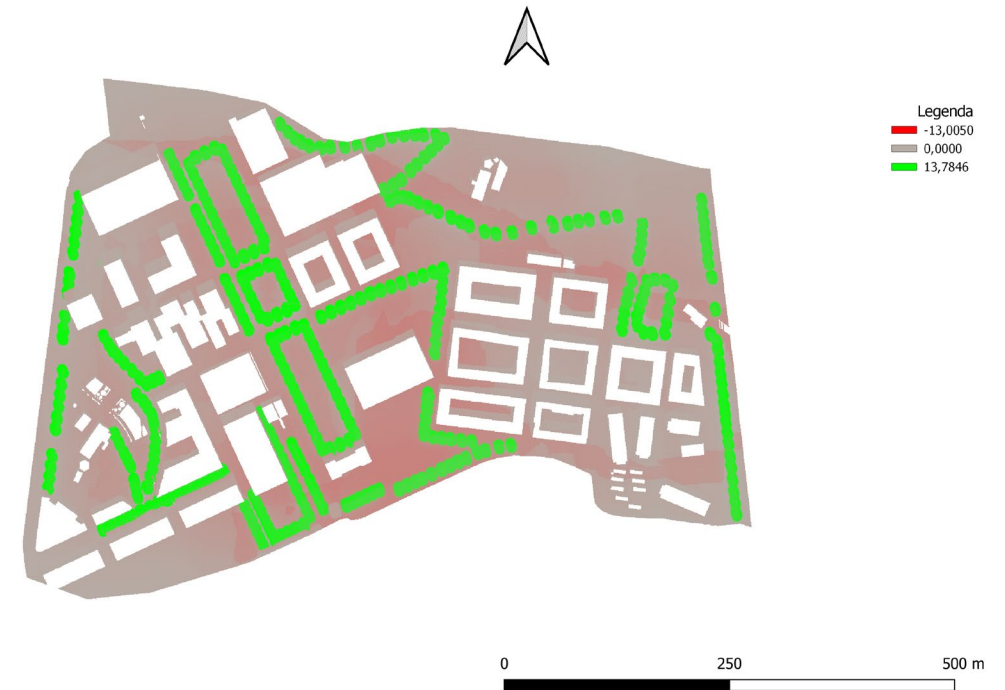
Case study Berlijnplein

Toevoegen bomen (variant 3)

Hittestress met toevoeging bomen



Verskil tussen varianten

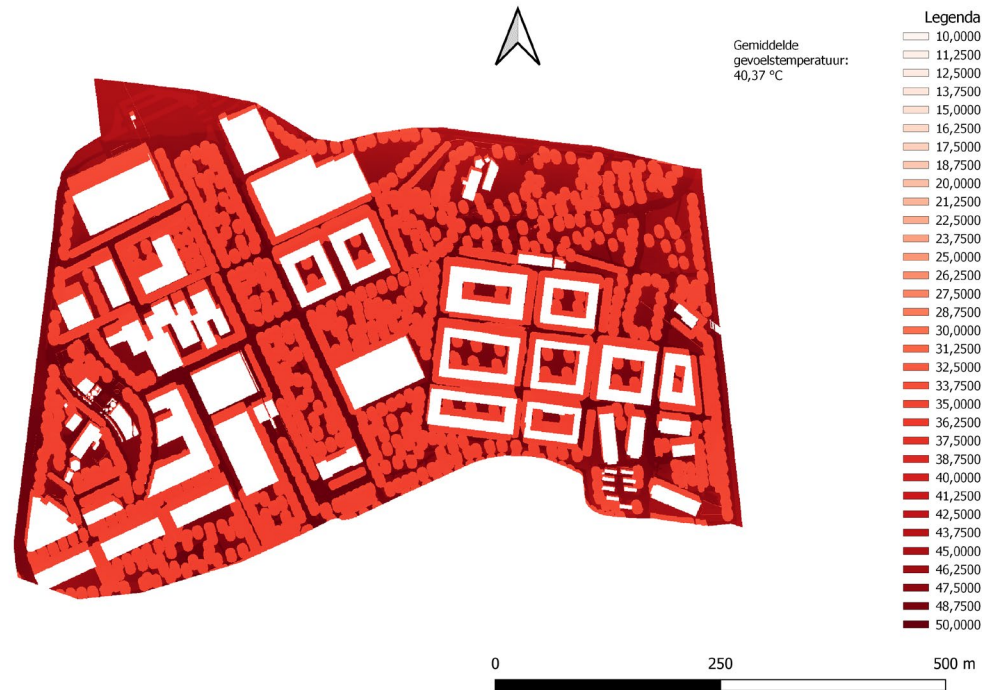


Gevoelstemperatuur verlaging: 1,11 °C

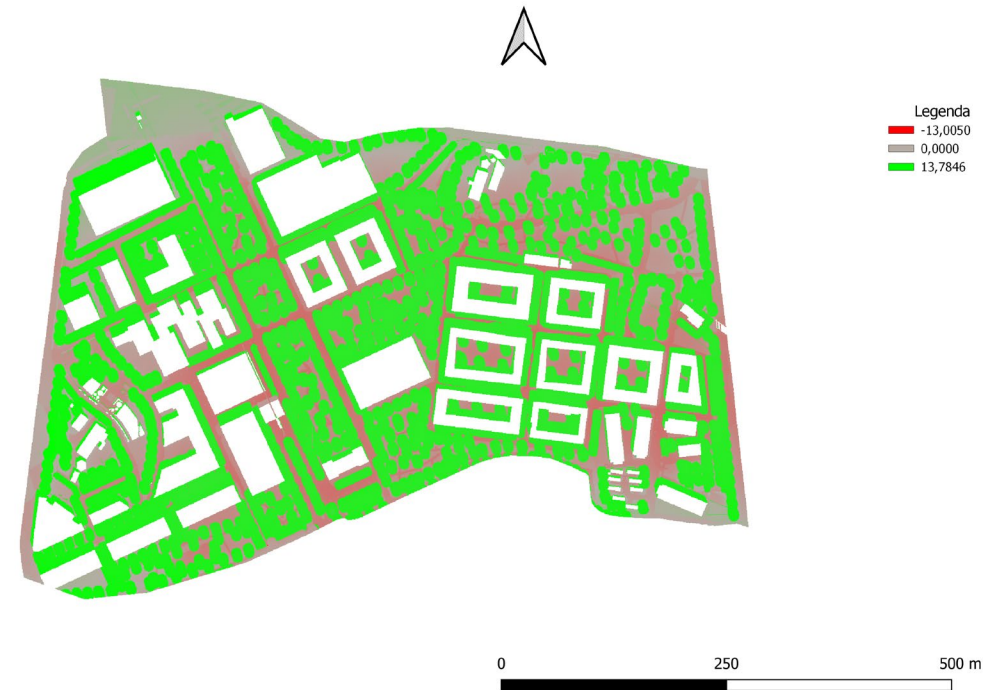
Case study Berlijnplein

Maximaal toevoegen groen (variant 4)

Hittestress bij maximaal groen



Vershil met variant 1



Gevoelstemperatuur verlaging: 6,01 °C

Klimaatscenario's

Uitgangspunten

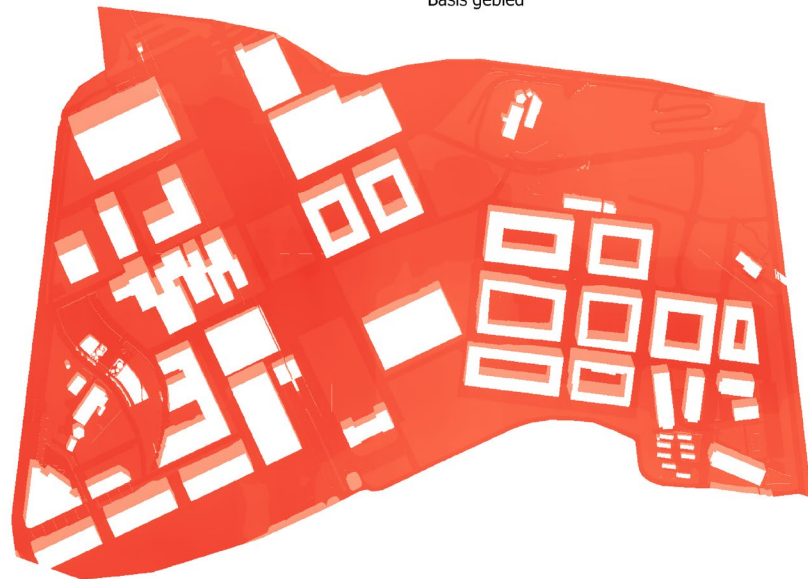
- Weersomstandigheden gelijk aan 08-08-2020
- Temperatuur aangepast naar max. 47,4 (warmste dag in Zuid-Spanje)
- Windsnelheid aangepast naar 1 m/s

Datum	Uur	Windrichting [graden]	Gem. Windsnelheid [m/s]	Temperatuur [°C]	Uurlijkse straling [W/m²]	Relatieve luchtvochtigheid [%]
08/08/2020	04:00	0	1	20	0	96
08/08/2020	05:00	90	1	20	8	97
08/08/2020	06:00	90	1	20	63	97
08/08/2020	07:00	0	1	23,9	176	75
08/08/2020	08:00	130	1	27,8	329	55
08/08/2020	09:00	150	1	31,7	482	45
08/08/2020	10:00	160	1	35,7	606	31
08/08/2020	11:00	115	1	39,6	700	33
08/08/2020	12:00	70	1	43,5	760	26
08/08/2020	13:00	310	1	47,4	760	29
08/08/2020	14:00	310	1	43,5	713	30
08/08/2020	15:00	50	1	39,6	589	26
08/08/2020	16:00	30	1	35,7	381	31
08/08/2020	17:00	20	1	31,7	242	32
08/08/2020	18:00	30	1	27,8	153	32
08/08/2020	19:00	20	1	23,9	60	37
08/08/2020	20:00	10	1	20	14	43
08/08/2020	21:00	20	1	20	0	57

Klimaatscenario's

Vergelijking klimaatscenario's

Gevoelstemperatuur huidige klimaat
Basis gebied



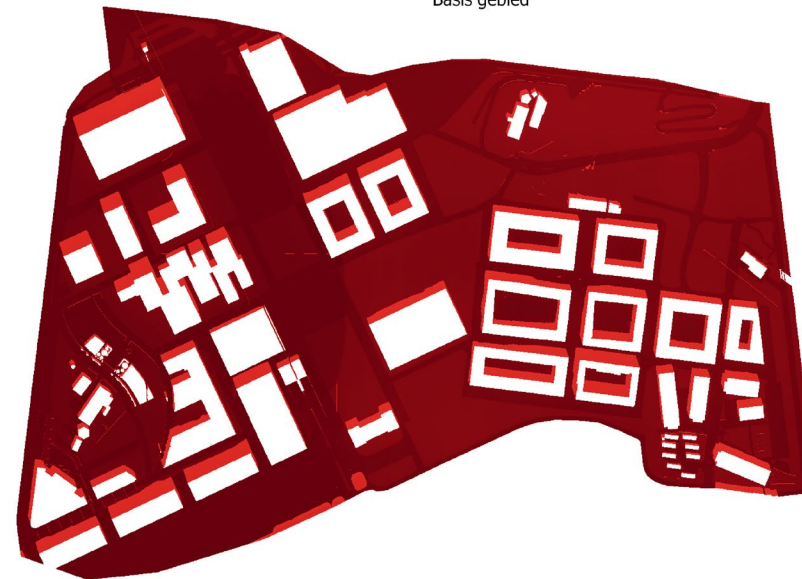
Legenda

1b Basis huidig
Band 1 (Gray)



Max.	49,78
Gem.	44,69
Min.	33,15

Gevoelstemperatuur toekomstig klimaat
Basis gebied



Legenda

1a Basis toekomst 1300
Band 1 (Gray)



Max.	68,83
Gem.	65,41
Min.	51,92

Klimaatscenario's

Effect maatregelen

Zonder ontwerpmaatregelen



Met ontwerpmaatregelen



Conclusie

Hoe ontwerpen we een koele stad?

- Het creëren van schaduw is het effectiefst voor het verlagen van de gevoelstemperatuur. Het effect op de luchttemperatuur is beperkter.
- Bomen verlagen de gevoelstemperatuur met maximaal 13,51 °C.
- De albedo verhogen geeft niet altijd het gewenste effect. De luchttemperatuur daalt maar de gevoelstemperatuur niet.
- Het verkoelend effect van water op de gevoelstemperatuur reikt niet ver.
- De reikwijdte van een park is circa 0,5 keer de diameter van dat park.
- De meeste ontwerpmaatregelen hebben meerdere meekoppelkansen, zoals biodiversiteit en waterretentie.

A man in a checkered shirt is lifting a young child into the air. They are in a grassy field with a line of trees in the background under a sunset sky. The entire image has a blue color overlay.

Wij maken
duurzaamheid
werkend!

dwa

Postbus 2073
2800 BE Gouda

T 088 - 163 53 00
E dwa@dwa.nl
I www.dwa.nl

Vestigingen

Gouda | Veenendaal | Rijssen | Amstelveen