

# WEBINAR DE HITTEBESTENDIGE STAD

Vrijdag 29 mei 2020

**Sprekers: Jeroen Kluck & Lisette Klok**

Urban Technology

Hogeschool van Amsterdam

[www.hva.nl/klimatebestendigestad](http://www.hva.nl/klimatebestendigestad)

CREATING TOMORROW



Een koele kijk op de  
inrichting van de buitenruimte

# De hittebestendige stad



dr. ir. Jeroen Kluck  
dr. ir. Lisette Klok  
dr. ir. Anna Solcerová  
dr. ir. Laura Kleerekoper  
dr. Liesbeth Wilschut  
dr. ir. Cor Jacobs  
ir. Ronald Loeve

Mei 2020

Creating Tomorrow

## Inhoudsopgave

1	Inleiding	12
1.1	Aanleiding	12
1.2	Doelstelling	13
1.3	Leeswijzer	14
1.4	Kader en organisatie	15
2	Hitteopgave	18
2.1	Het fenomeen hitte	18
2.2	Gevolgen van hitte	21
2.3	Risico door hitte	25
2.4	Hittekaarten	26
2.5	Slimme keuzes in het weergeven van de hitteopgave	33
2.6	Conclusies	34
3	Hittemaatregelen	38
3.1	Doelen van hittemaatregelen in de stedelijke inrichting	38
3.2	Verkoelingsprincipes	38
3.3	Resultaten modellering: maatregelen op stadsschaal	45
3.4	Resultaten modellering: maatregelen op lokale schaal	47
3.5	Maatregelenoverzicht	55
3.6	Conclusies	59
4	Hitterichtlijnen	64
4.1	Richtlijnen hitte, tussen visie en temperatuurwaarde	64
4.2	Koele plekken	68
4.3	Ons advies: drie ontwerprichtlijnen voor een hittebestendige stad	73
4.4	Conclusies	84
5	Conclusies	88
	Literatuur	92
	Bijlagen	104

Een koele kijk op de  
inrichting van de buitenruimte

## De hittebestendige stad

dr. ir. Jeroen Kluck  
dr. ir. Lisette Klok  
dr. ir. Anna Solcerová  
dr. ir. Laura Kleerekoper  
dr. Liesbeth Wilschut  
dr. ir. Cor Jacobs  
ir. Ronald Loeve

Mei 2020

Creating Tomorrow

## HITTEOPGAVE

- ▶ Wat is de hitteopgave van een stad, wijk of straat?
- ▶ Welke data en kennis geven inzicht?



# DE HITTEOPGAVE – RUIMTELIJKE ADAPTATIE

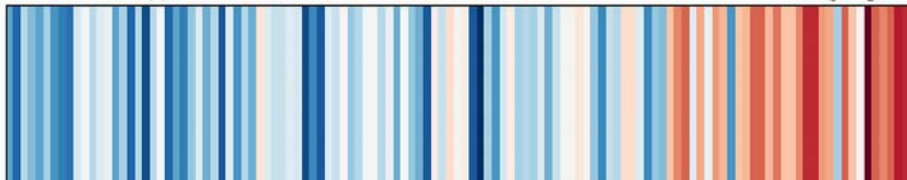
- ▶ Stad en buitenruimte bij hitte leefbaar en comfortabel houden
- ▶ Alle niet-acceptabele gevolgen van hitte tegengaan



# HITTE NU EN IN DE TOEKOMST

Klimaatstreepjescode - KNMI, De Bilt, 1901-2019

(c) Karin van der Wiel, KNMI  
twitter: @karin\_vdwiel

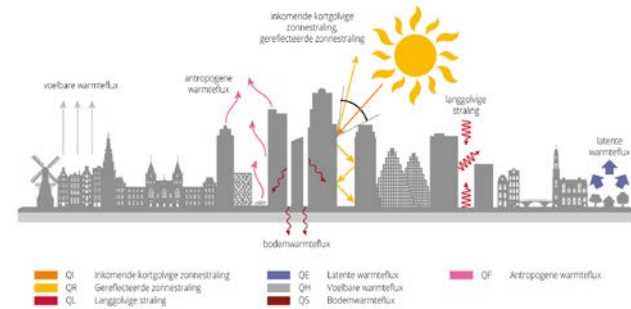


Tabel 2.1. Huidige zomerklimaat (1981-2010) en klimaatscenario's voor 2050 voor Maastricht en De Kooy bij Den Helder (Bron: KNMI, 2015).

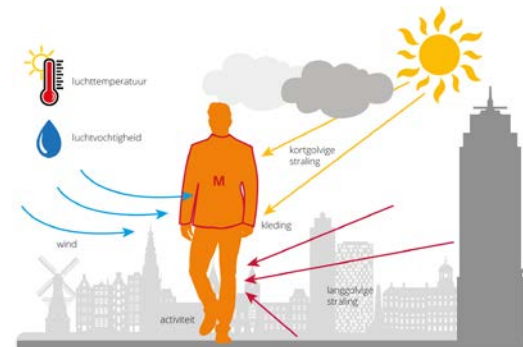
Indicator	Maastricht					De Kooy bij Den Helder				
	Huidig klimaat	G <sub>L</sub> 2050	G <sub>H</sub> 2050	W <sub>L</sub> 2050	W <sub>H</sub> 2050	Huidig klimaat	G <sub>L</sub> 2050	G <sub>H</sub> 2050	W <sub>L</sub> 2050	W <sub>H</sub> 2050
Gemiddelde temperatuur in de zomer (°C)	17,5	18,6	19,0	19,3	20,0	16,4	17,4	17,7	18,1	18,6
Aantal zomerse dagen per jaar <sup>7</sup>	32	40	44	47	55	9	12	14	15	19
Aantal tropische dagen per jaar <sup>8</sup>	6	9	12	13	18	1	1	2	2	4
Aantal tropische nachten per jaar <sup>9</sup>	0	1	2	4	5	0	2	2	4	5

# EFFECTEN STEDELIJK GEBIED OP HITTE

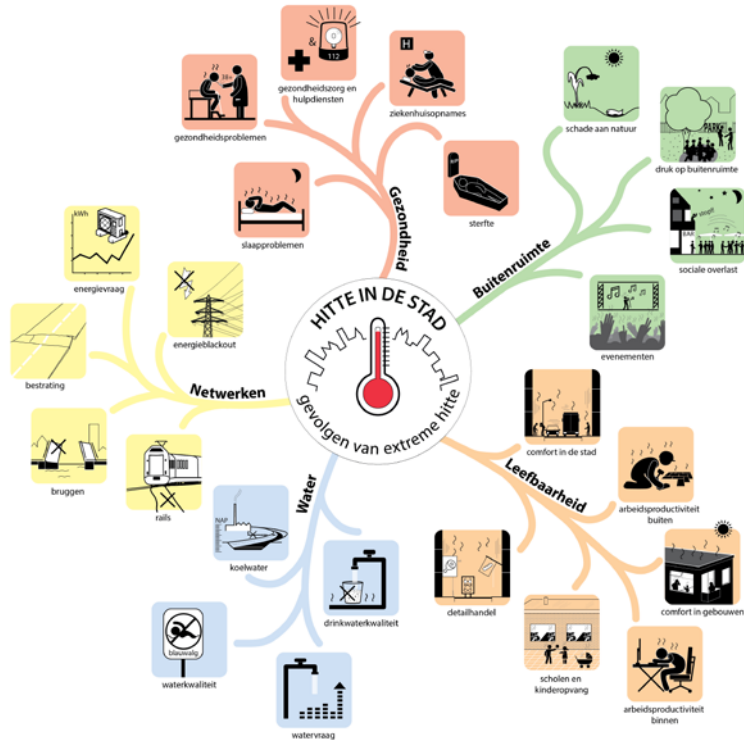
- 's Avond en 's nachts een hogere **luchttemperatuur** (het stedelijk hitte-eilandeffect)



- Overdag **de gevoelstemperatuur** onaangenaam hoog

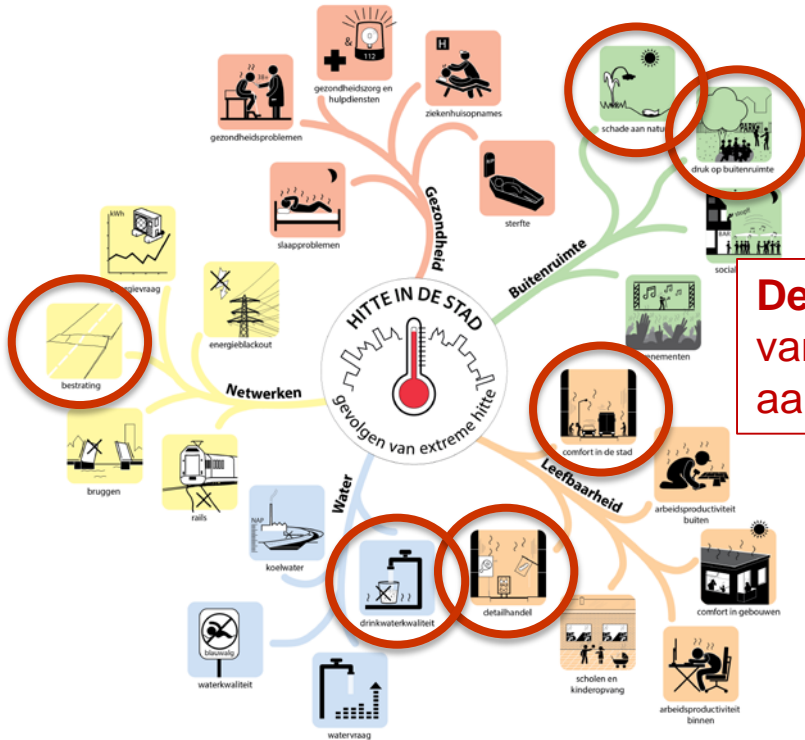


# GEVOLGEN VAN HITTE



Thema	Gevolg van extreme hitte in de stad	Temperatuurvariabelen						Domein voor meest effectieve adaptatiemaatregelen
		Type			Vorm			
		Luchttemperatuur binnen	Luchttemperatuur buiten	Gewoestemperatuur buiten	Dagwaarde	Nachtwaarde	Een enkele piekwaarde	
Gezondheid	slaapproblemen	X				X	X	gebouw
	gezondheidsproblemen	X	X	X	X	X	X	zorg en gedrag
	gezondheidszorg en hulpdiensten	X	X	X	X	X	X	zorg en gedrag
	ziekenhuisopnames	X	X	X	X	X	X	zorg en gedrag
	sterfte	X	X	X	X	X	X	zorg en gedrag
Buitenruimte	schade aan natuur		X		X		X	ruimtelijke inrichting
	druk op buitenruimte		X	X	X		X	ruimtelijke inrichting
	soziale overlast		X	X	X	X	X	zorg en gedrag
	evenementen		X	X	X		X	zorg en gedrag
Leefbaarheid	comfort in de stad		X	X	X		X	ruimtelijke inrichting
	arbeidsproductiviteit buiten		X	X	X		X	zorg en gedrag
	comfort in gebouwen	X			X	X	X	gebouw
	arbeidsproductiviteit binnen	X			X		X	gebouw
	scholen en kinderopvang	X		X	X		X	zorg en gedrag
Water	detailhandel		X	X	X		X	ruimtelijke inrichting
	koelwater		X		X	X	X	anders
	waterkwaliteit		X		X	X	X	anders
	watervraag		X				X	anders
Netwerken	drinkwaterkwaliteit		X		X		X	ruimtelijke inrichting
	energieblack-out		X		X	X	X	anders
	energievraag	X	X		X	X	X	anders
	bestrating		X		X		X	ruimtelijke inrichting
	bruggen		X		X		X	anders
Netwerken	rails		X		X		X	anders

# GEVOLGEN VAN HITTE



**De hitteopgave: alle niet-acceptabele gevolgen van hitte die moeten worden tegengegaan door aanpassingen in de buitenruimte.**

Thema	Gevolg van extreme hitte in de stad	Temperatuurvariabelen						Domein voor meest effectieve adaptatiemaatregelen
		Type			Vorm			
		Luchttemperatuur binnen	Luchttemperatuur buiten	Geweestemperatuur buiten	Dagwaarde	Nachtwaarde	Een enkele piekwaarde	
Gezondheid	slaapproblemen	X			X		X	gebouw
	gezondheidsproblemen	X	X	X	X	X	X	zorg en gedrag
	gezondheidszorg en hulpdiensten	X	X	X	X	X	X	zorg en gedrag
	ziekenhuisopnames	X	X	X	X	X	X	zorg en gedrag
	sterfte	X	X	X	X	X	X	zorg en gedrag
Buitenruimte	schade aan natuur		X		X		X	ruimtelijke inrichting
	druk op buitenruimte		X	X	X		X	ruimtelijke inrichting
	sociale overlast		X	X	X	X	X	zorg en gedrag
Water	detailhandel		X	X	X		X	ruimtelijke inrichting
	koelwater		X		X	X	X	anders
	waterkwaliteit		X		X	X	X	anders
	watervraag		X				X	anders
	drinkwaterkwaliteit		X		X		X	ruimtelijke inrichting
Netwerken	energieblack-out		X		X	X	X	anders
	energievraag		X	X	X	X	X	anders
	bestrating		X		X		X	ruimtelijke inrichting
	bruggen		X		X		X	anders
	rails		X		X		X	anders



# HITTEKAARTEN

Zeven categorieën hittekaarten

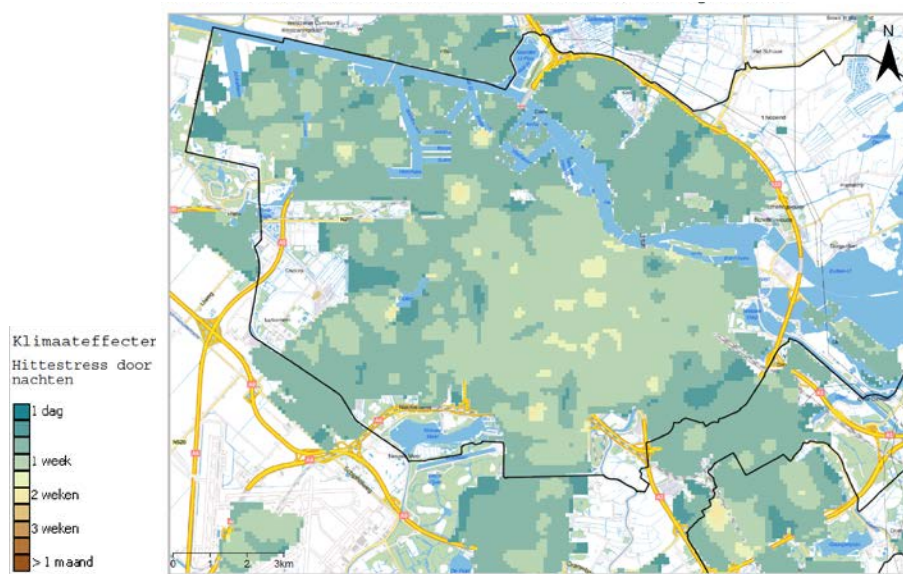


# ADVIES: GEBRUIK DRIE TYPEN HITTEKAARTEN

# ADVIES: GEBRUIK DRIE TYPEN HITTEKAARTEN

## 1. **Temperatuurkaarten** – waar is het heet?

- het aantal warme nachten



Kaart met het aantal warme nachten

# ADVIES: GEBRUIK DRIE TYPEN HITTEKAARTEN

## 1. Temperatuurkaarten – waar is het heet?

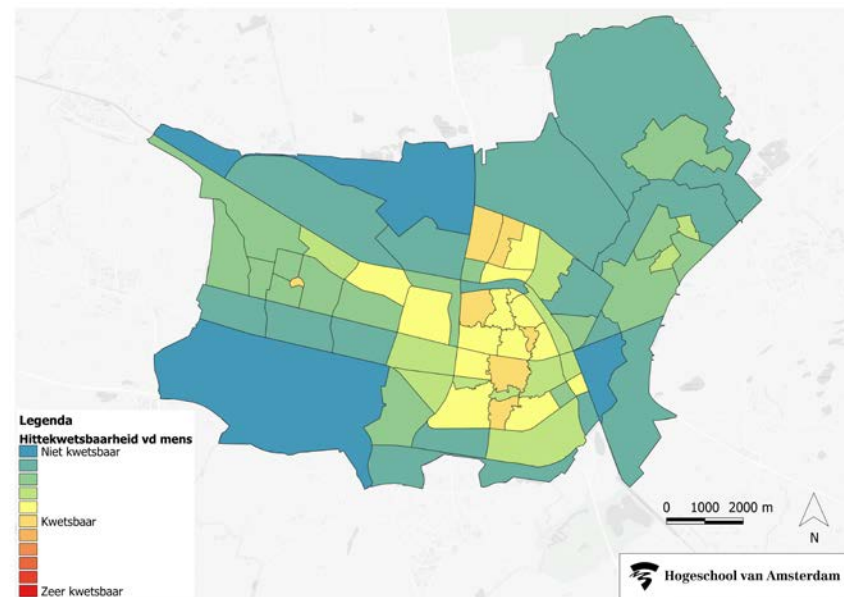
- het aantal warme nachten
- de gevoelstemperatuur (PET) overdag;



Kaart van de gevoelstemperatuur (PET)

## ADVIES: GEBRUIK DRIE TYPEN HITTEKAARTEN

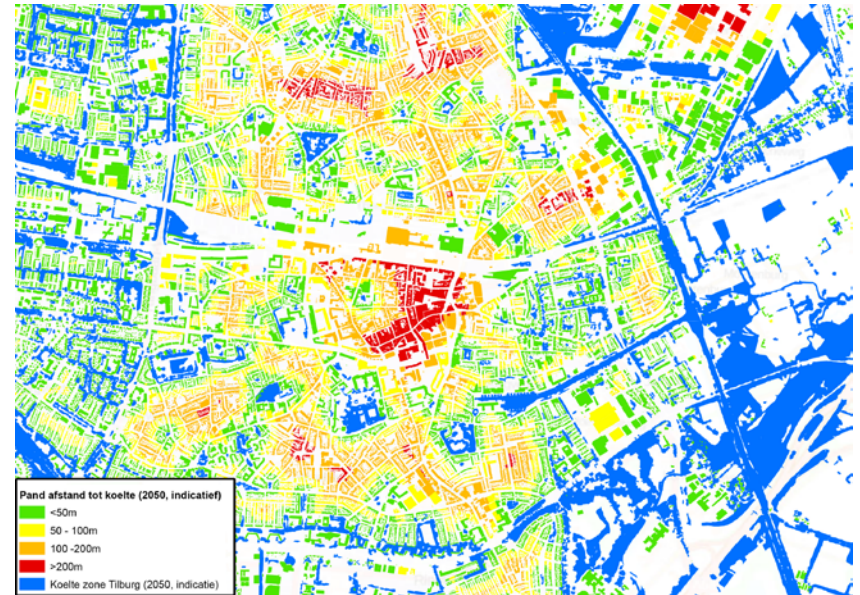
1. **Temperatuurkaarten** – waar is het heet?
  - het aantal warme nachten
  - de gevoelstemperatuur (PET) overdag;
2. **Hitterisicokaarten** – waar is hitte een probleem?



Hitterisico-voor-de-mens kaart

# ADVIES: GEBRUIK DRIE TYPEN HITTEKAARTEN

1. **Temperatuurkaarten** – waar is het heet?
  - het aantal warme nachten
  - de gevoelstemperatuur (PET) overdag;
2. **Hitterisicokaarten** – waar is hitte een probleem?
3. **Toetsings- of maatregelenkaarten** – waar zijn maatregelen of ontwerprichtlijnen nodig?



Afstand-tot-koelte kaart

# VRAGEN EN ANTWOORDEN

Een koele kijk op de  
inrichting van de buitenruimte

# De hittebestendige stad

dr. ir. Jeroen Kluck  
dr. ir. Lisette Klok  
dr. ir. Anna Solcerová  
dr. ir. Laura Kleerekoper  
dr. Liesbeth Wilschut  
dr. ir. Cor Jacobs  
ir. Ronald Loeve

Mei 2020

Creating Tomorrow

## MAATREGELEN

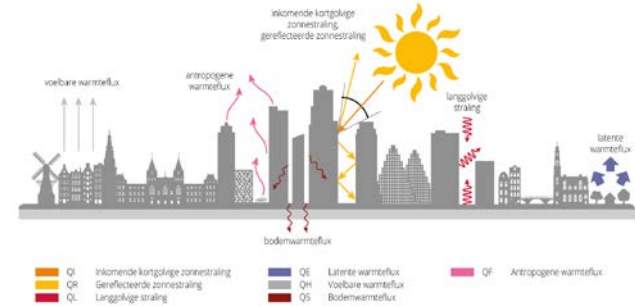
- ▶ Welke maatregelen zijn effectief?
- ▶ Welke zijn toepasbaar?



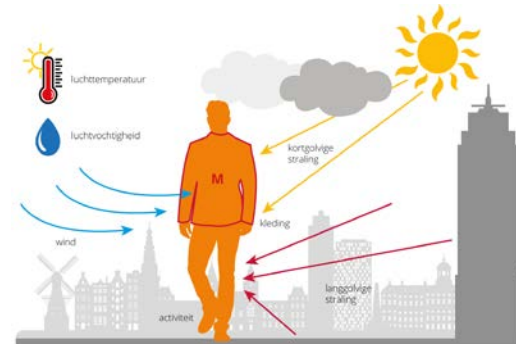


# HITTEMAATREGELLEN – TWEE DOELEN

- ▶ Stadsbreed **de luchttemperatuur** verlagen



- ▶ Lokaal voldoende koele plekken creëren met een lage **gevoelstemperatuur**



# VERKOELINGSPRINCIPES

- ▶ Verdamping
- ▶ Beschaduwing
- ▶ Ventilatie
- ▶ Reflectie



# HOE GROOT IS HET EFFECT?

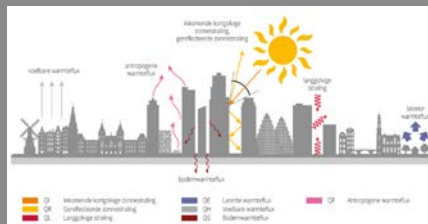
Soort	Maatregel	Verkoelings-principe	Maatregel vooraf voor		Verkoelende effecten gevonden in literatuur			Extra info	
			Dag	Nacht	Typisch schaal-niveau waarop maatregel effectief is		Lokaal		
					Stad	Lokaal			Luchttemperatuur [°C]
Grijs	<b>Parasels/ doeken/per-golven/arcades/ loggia's/luifel-/schuttingen</b>	beschaduwng	X		X	--	0-1.0	2.0-17.0	Genoemde effecten betre-df over gebouwen. Referenties zie voetnoot*
	<b>Zonnescherm-steen</b>	ventilatie	X		X	--	??	??	
	<b>Windcorridors</b>	ventilatie	X		X	X	??	??	Windcorridors verlagen s-1.5 m/s. Effect op luchten niet gekwantificeerd. Referenties zie voetnoot*
									De openheid wordt weinig SVF (sky view factor). Een zomer tot een hogere toe-het. Moederzand openen.
	<b>Groen oppervlaktes</b>	ventilatie	X	X	X		??	??	voor een toename van de 8%. Totaleffect van SVF + PET hangt ook af van alle van vegetatie en hoogte b-straten. Referenties zie voetnoot*
	<b>Hoog breed verhardingstraten</b>	ventilatie, beschaduwng	X		X	--	??	??	Studies richten zich vaak i-Microzones, niet passen context. Referenties zie voetnoot*
	<b>Oriëntatie straten</b>	ventilatie, beschaduwng	X		X	--	max 0.4	max 10.2	Referenties zie voetnoot*
	<b>Lichte muren</b>	reflectie	X		X	--	0.1-0.7	??	Referenties zie voetnoot*
	<b>Lichte bestrating</b>	reflectie	X		X	--	max 1.9	??	Het wordt aanbevolen on-trenten alleen te gebruiken breedte verhouding van 0 dan 1.5, anders wordt de- naar de gewelt. Referenties zie voetnoot*
	<b>Witte daken</b>	reflectie	X		X	--	max 0.9	--	0-1.0-3 °C per 10% albedo. Referenties zie voetnoot*

Soort	Maatregel	Verkoelings-principe	Maatregel vooraf voor		Verkoelende effecten gevonden in literatuur			Extra informatie		
			Dag	Nacht	Typisch schaal-niveau waarop maatregel effectief is		Lokaal			
					Stad	Lokaal			Luchttemperatuur [°C]	Gevoelstemperatuur [°C PET]
Blauw	<b>Vijvers</b>	verdamping	X		X		0.5-1.3	0.5-0.7	0.6-3.6	Effect afhankelijk tussen water en waterlichaam. Referenties zie v-
	<b>Meer</b>	verdamping	X		X		1.0-2.0	0.5-1.6	??	Effect afhankelijk tussen water en waterlichaam. Referenties zie v-
	<b>Singels/</b>									Effect afhankelijk tussen water en waterlichaam. Referenties zie v-
Blauw	<b>sloten</b>									Referenties zie v-
	<b>Rivier</b>	verdamping, ventilatie	X		X		??	0.5-4.0	1.0-4.0	Effect afhankelijk tussen water en waterlichaam. Referenties zie v-
	<b>Fontein</b>	verdamping	X		X	--	1.0-4.7	1.0-5.0	Referenties zie v-	
	<b>Verrevelings-installaties</b>	verdamping	X		X	--	0.7-3.0	??	Data zijn van Jap. Referenties zie v-	
Blauw	<b>Bespenkling straten</b>	verdamping	X		X	--	0.8-3.0	??	Referenties zie v-	
	<b>Polderdaken</b>	verdamping	X		X		??	--	--	Effect vergelijkba- groendak. Referenties zie v-

Soort	Maatregel	Verkoelings-principe	Maatregel vooraf voor		Verkoelende effecten gevonden in literatuur			Extra informatie		
			Dag	Nacht	Typisch schaal-niveau waarop maatregel effectief is		Lokaal			
					Stad	Lokaal			Luchttemperatuur [°C]	Gevoelstemperatuur [°C PET]
Groen	<b>Bomen/ seibomen</b>	verdamping, beschaduwng	X		X	X	0.2-2.7	0.7-2.7	3.4-19.0	Effect afhankelijk van boomtype en -groente en het lokale klimaat. Referenties zie voetnoot*
	<b>Gras/struiken</b>	verdamping, reflectie	X	X	X	X	0.1-1.1	0.9-1.2	0.4-4.9	groendak. Groen heeft ook effect op de-temperatuur (tot 20°C kouder dan-). Referenties zie voetnoot*
	<b>Grasbeton-tegels</b>	verdamping	X	X	X	--	--	--	--	
	<b>Groene gevels</b>	verdamping	X	X	X		0-1.9	0.2-1.5	??	Hoog smalere de straat, hoe groter he-effect op de luchttemperatuur. Groter effect op de-temperatuur met meer zonnescherm. Referenties zie voetnoot*
	<b>Groene daken</b>	verdamping	X	X	X		0-1.9	0.2-1.5	??	Een met zedum bedekt groen dak heeft weinig verkoelend 's nachts (vergelijken met een wit dak). Effect op de-temperatuur is de- van alle- daken in de stad groen zijn. Referenties zie voetnoot*
	<b>Groene daken (intensief)</b>	verdamping	X	X	X		0-1.7	1.0-1.6	--	Effect op stadniveau is als 100% van alle daken in de stad groen zijn. Referenties zie voetnoot*
	<b>Park/groene wijk/vijvers in de stad</b>	verdamping, beschaduwng	X	X	X		??	1.1-2.0	1.9-4.2	Effect afhankelijk van vegetatietype (boom versus gras), boomgroente, -groente van het park en het lokale klimaat. Effect op PET gemeten in schaduw is groter dan hier genoemd. Referenties zie voetnoot*

# HOE GROOT IS HET EFFECT?

## Luchttemperatuur

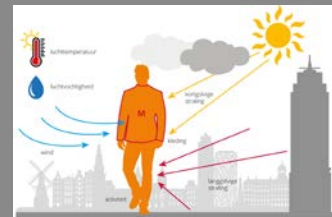


25% groendak + 30% meer bomen en plantsoenen: (Kleerekoper et al., 2018) tot 2 °C overdag en 1 °C 's nachts

Water: een groot meer (Theeuwes et al., 2013) tot 1,5 °C

Toename fractie groen met 10 procentpunt (Steenekveld et al., 2011; Heusinkveld et al., 2014) tot 0,5 °C

## Gevoelstemperatuur (PET)



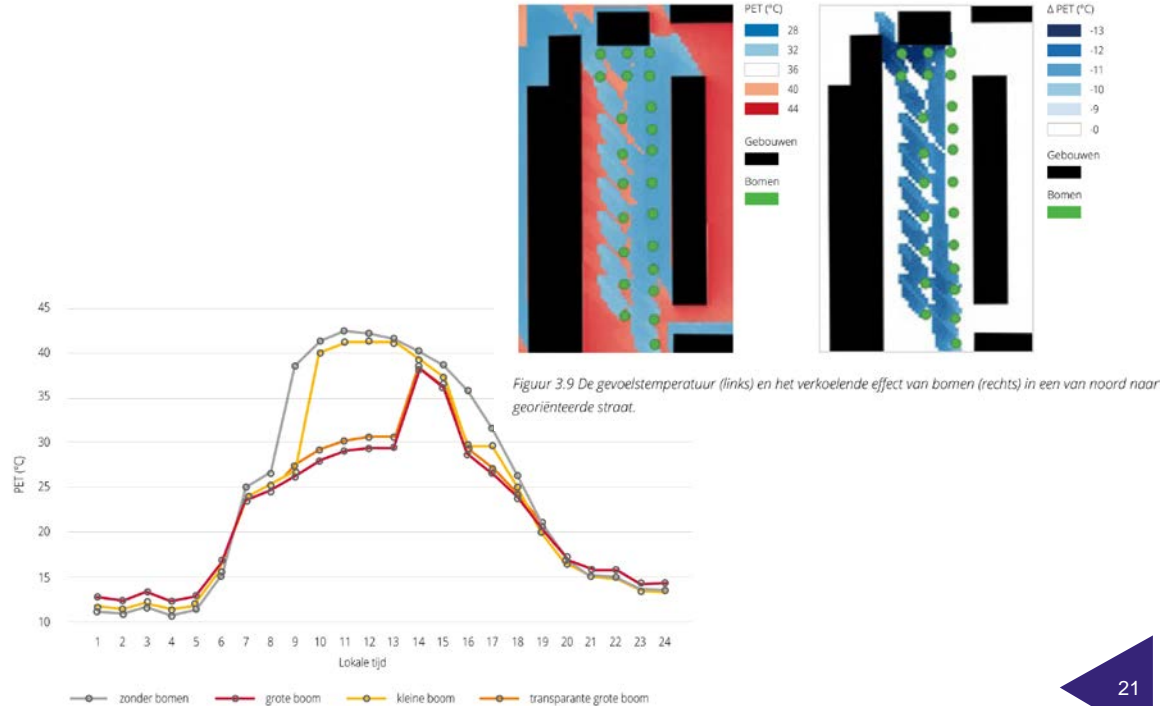
Schaduw bomen/gebouwen (Klok et al., 2019) 12 tot 22 °C

Gras (Klok et al., 2019) tot 4 °C

Kleine waterlichamen (Jacobs et al., 2020) tot 1,5 °C

Schaduw (bomen) (Heusinkveld et al., 2011; 2014) ~15 °C

# MAATREGELEN LOKAAL - MODELRESULTATEN



Figuur 3.12 Dagelijks verloop van de gevoelstemperatuur op één plek (locatie x). De lijnen stellen verschillende boomhoogtes en kroondoorlatendheden voor.

# EF-FACT CHECKER



## EFFACT CHECKER

 Delen

### 4 RESULTATEN

In de Effact checker worden antwoorden gegeven op allerlei vragen over hittemaatregelen in de buitenruimte. Een hittebestendige inrichting is belangrijk om ervoor te zorgen dat het bebouwde gebied koel en aangenaam blijft tijdens hete zomerdagen, maar welke hittemaatregelen zijn er? Hoe werken deze maatregelen en hoeveel verkoeling leveren ze? Welke maatregelen kunnen het beste worden ingezet om een straat of stad koel in te richten? Welke maatregelen zorgen daadwerkelijk voor een verlaging in de lucht- of gevoelstemperatuur die merkbaar is voor mensen op straat? De Effact checker probeert antwoord te geven op veel van deze gehoorde praktijkvragen.

De Effact checker is work-in-progress. Regelmatig komen er vragen en antwoorden bij. Mist u vragen of antwoorden, of heeft u aanvullingen, geef het ons door: [e.j.klok@hva.nl](mailto:e.j.klok@hva.nl)



### STEDELIJK OPPERVLAKTWATER

Hoe verkoelt stedelijk oppervlaktewater de omgeving? Hoe groot is het verkoelend effect op de lucht- en de gevoelstemperatuur? Wat is het effect van stedelijk oppervlaktewater 's nachts? Lees meer "facts" over ...



### GROENE GEVELS

Hoe koelen groene gevels de omgeving af? Hoe groot is het verkoelend effect van groene gevels? Wat is de beste vegetatiesoort voor groene gevels? Wat zijn andere voordelen van groene gevels? Lees meer "facts" ...



### GROENE DAKEN

Welke soorten groene daken zijn er? Verkoelt een groendak de binnenomgeving? Verkoelt een groendak de buitenomgeving? Lees meer "facts" over groene daken.

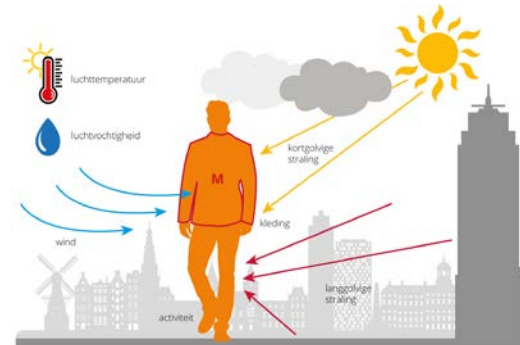
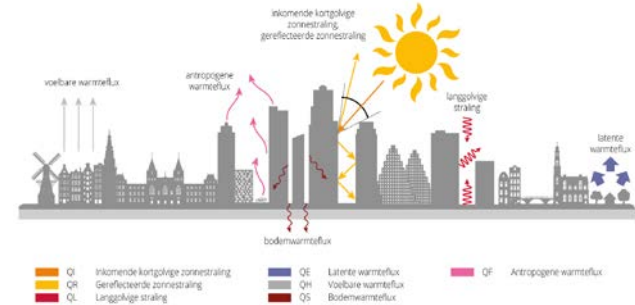
# ADVIES: TWEE DOELEN MET MAATREGELEN

- Stadsbreed **de luchttemperatuur** verlagen

**VERDAMPING!** 10 procentpunt meer groen leidt tot een verkoeling van ongeveer 0,5 °C.

- Lokaal voldoende koele plekken creëren met een lage **gevoelstemperatuur**

**SCHADUW!** In de schaduw is de gevoelstemperatuur 10-15 °C lager.



# VRAGEN EN ANTWOORDEN



Een koele kijk op de  
inrichting van de buitenruimte

# De hittebestendige stad

dr. ir. Jeroen Kluck  
dr. ir. Lisette Klok  
dr. ir. Anna Solcerová  
dr. ir. Laura Kleerekoper  
dr. Liesbeth Wilschut  
dr. ir. Cor Jacobs  
ir. Ronald Loeve

Mei 2020

Creating Tomorrow

## HITTERICHTLIJNEN

- ▶ Hoe vertaal je hitteopgave en -maatregelen naar ontwerprichtlijnen?
- ▶ Welke richtlijnen werken in de praktijk?



## HOE RICHT JE DIT HITTEBESTENDIG IN?



# ONTWERPRICHTLIJNEN

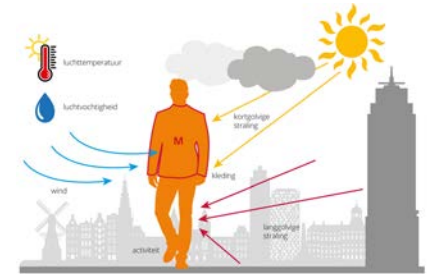
- ▶ Ontwerpers → voldoende vrijheid
- ▶ Gemeenten → toetsbare doelen



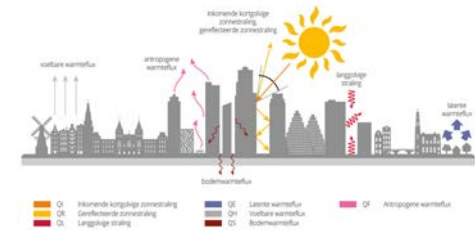
Richtlijnen, tussen visie en temperatuurwaarde

# TWEE DOELEN - DRIE ONTWERPRICHTLIJNEN

Lokaal voldoende koele plekken creëren (**gevoelstemperatuur**)



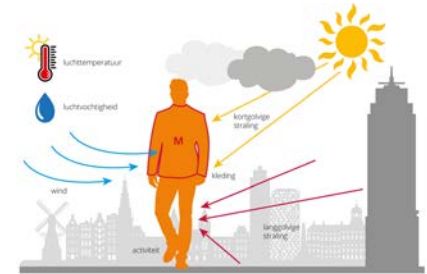
Stadsbreed **de luchttemperatuur** verlagen



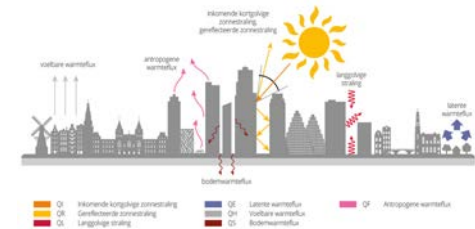
# TWEE DOELEN - DRIE ONTWERP RICHTLIJNEN

Lokaal voldoende koele plekken creëren (**gevoelstemperatuur**)

- Afstand tot koelte:** Binnen 300 m van elke woning ligt een aangename, koele verblijfsplek in de buitenruimte.

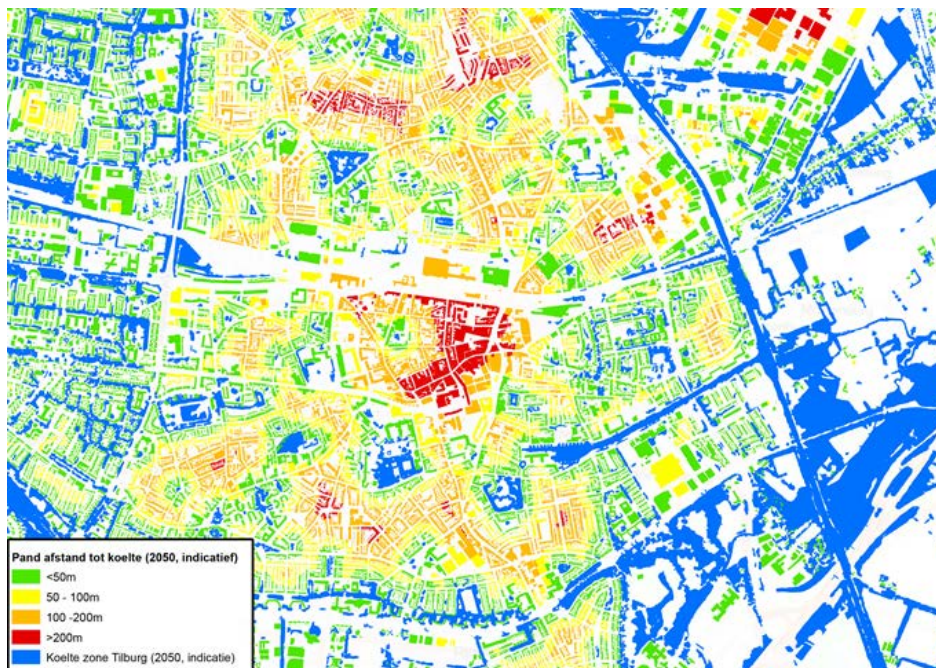


Stadsbreed **de luchttemperatuur** verlagen



## AFSTAND TOT KOELTE

- ▶ Afstand < 300 m
- ▶ Koele plek: minimaal 200 m<sup>2</sup> met PET <35 °C
- ▶ Wel: bankjes, ligweides, groen en water
- ▶ Niet: privégroen, smal groen, langs drukke wegen

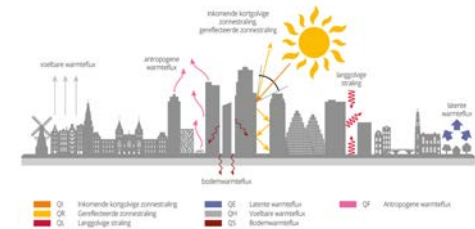
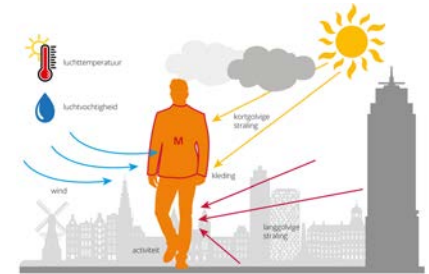


# TWEE DOELEN - DRIE ONTWERP RICHTLIJNEN

Lokaal voldoende koele plekken creëren (**gevoelstemperatuur**)

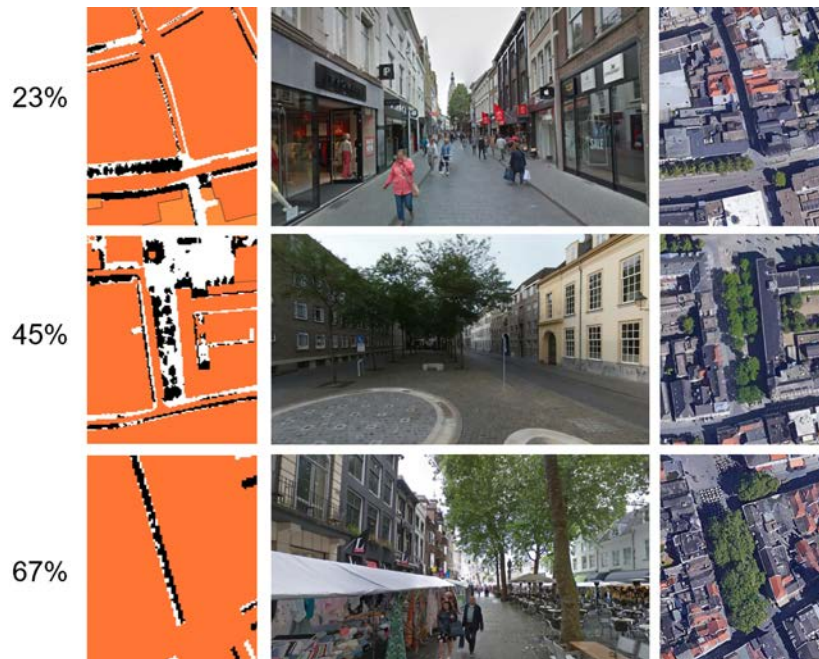
1. **Afstand tot koelte:** Binnen 300 m van elke woning ligt een aangename, koele verblijfsplek in de buitenruimte.
2. **Schaduw op loopgebieden:** Voldoende schaduw op looproutes op het heetst van de dag.

Stadsbreed **de luchttemperatuur** verlagen



# SCHADUW OP LOOPGEBIEDEN

- ▶ Looproutes in binnensteden minimaal 40% schaduw

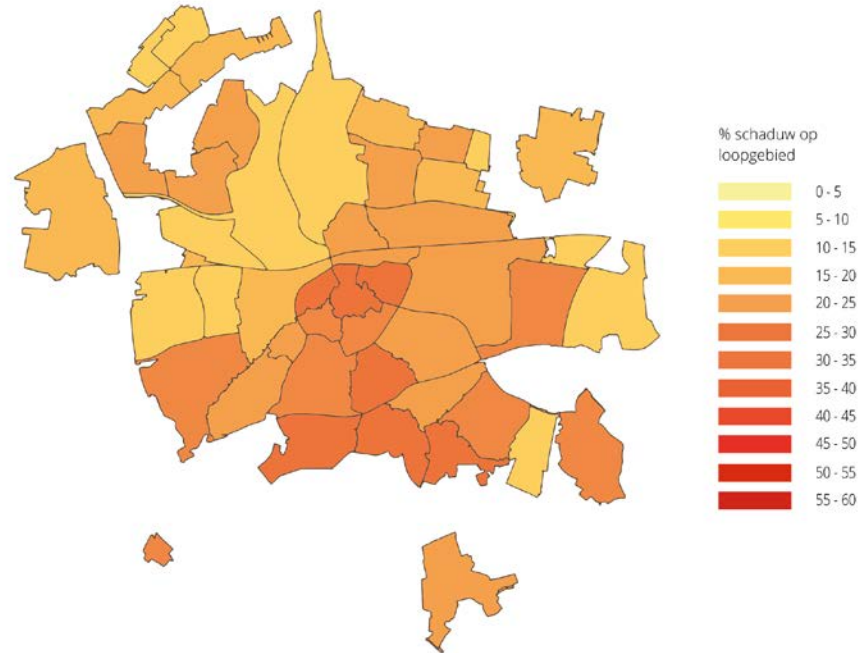


*Figuur 4.11 Percentage schaduw op loopgebieden op 21 juni om 14:00 uur, met per straat het resultaat van de schaduanalyse (links) – wit is loopgebied, zwart is schaduw, oranje is overig – en een foto op ooghoogte (midden) en vanuit de lucht (rechts).*



# SCHADUW OP LOOPGEBIEDEN

- ▶ Loopgebieden in buurten minimaal 30% schaduw

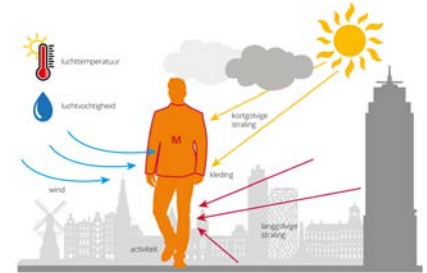


Figuur 4.12 Percentage schaduw op loopgebieden op 21 juni om 14:00 uur per buurt binnen de bebouwde kom van Breda.

# TWEE DOELEN - DRIE ONTWERPRICHTLIJNEN

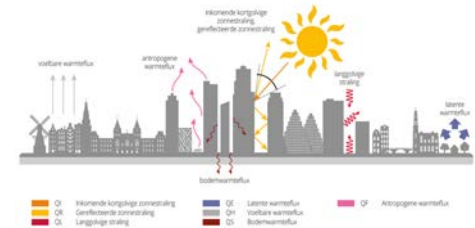
Lokaal voldoende koele plekken creëren (**gevoelstemperatuur**)

1. **Afstand tot koelte:** Binnen 300 m van elke woning ligt een aangename, koele verblijfsplek in de buitenruimte.
2. **Schaduw op loopgebieden:** Voldoende schaduw op looproutes op het heetst van de dag.



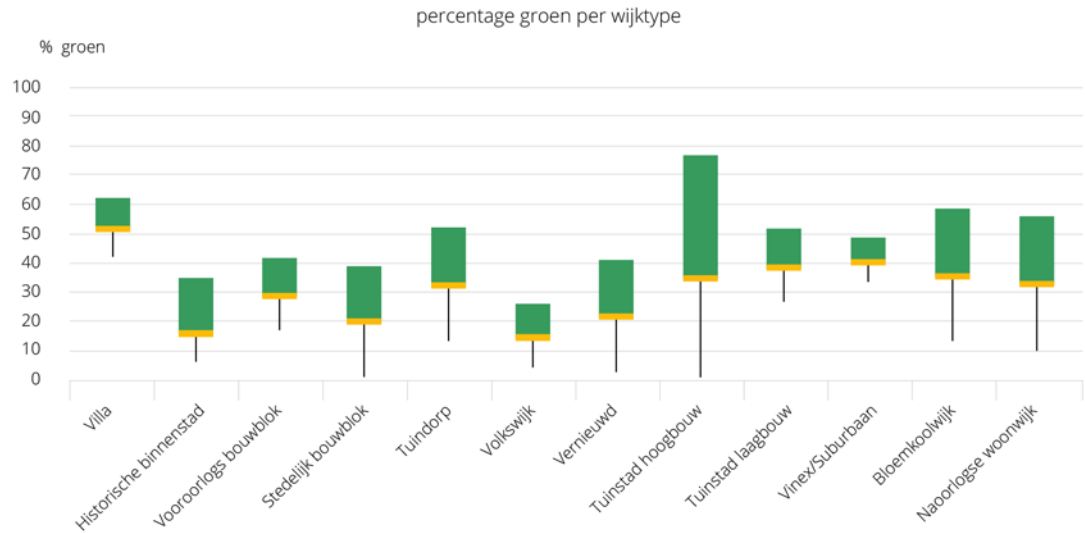
Stadsbreed **de luchttemperatuur** verlagen

3. **Percentage groen:** Het percentage groen binnen een buurt is groter dan een bepaalde ondergrens.



# PERCENTAGE GROEN

- Voorstel streefwaarde per wijktype: gemiddeld percentage groen plus de standaarddeviatie.

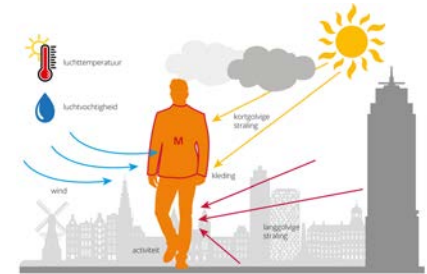


Figuur 4.15 Het percentage groen per wijktype op basis van vier steden (Amsterdam, Utrecht, Haarlem en Breda) met het gemiddelde percentage (geel) en de standaarddeviatie. De standaarddeviatie naar boven is in groen aangegeven.

# ONS ADVIES - DRIE ONTWERP RICHTLIJNEN

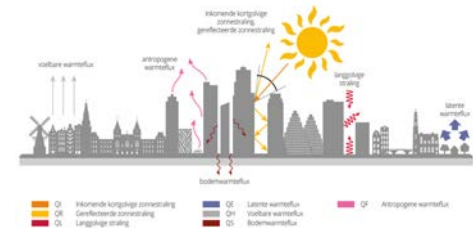
Lokaal voldoende koele plekken creëren (**gevoelstemperatuur**)

1. **Afstand tot koelte:** Binnen 300 m van elke woning ligt een aangename, koele verblijfsplek in de buitenruimte.
2. **Schaduw op loopgebieden:** Voldoende schaduw op looproutes op het heetst van de dag.



Stadsbreed **de luchttemperatuur** verlagen

3. **Percentage groen:** Het percentage groen binnen een buurt is groter dan een bepaalde ondergrens.



# ONTWERP RICHTLIJNEN IN DE PRAKTIJK





# VRAGEN EN ANTWOORDEN

[www.hva.nl/klimaatbestendigestad](http://www.hva.nl/klimaatbestendigestad)