



Gemeente Eindhoven hitte effect Emmasingelkwadrant

1 september 2022

Verantwoording

Titel	Gemeente Eindhoven hitte effect Emmasingelkwadrant
Opdrachtgever	Gemeente Eindhoven
Projectleider	[REDACTED]
Auteur(s)	[REDACTED]
Tweede lezer	[REDACTED]
Projectnummer	1286297
Aantal pagina's	16
Datum	1 september 2022
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

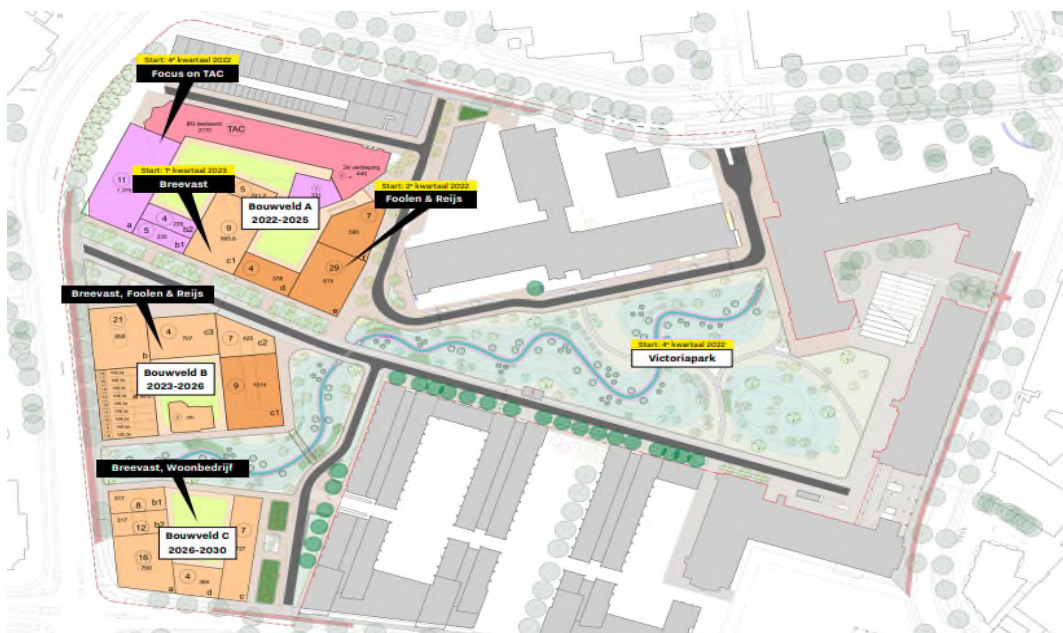
TAUW bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 82 4
E info.utrecht@tauw.com

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Analysemethode	5
2.1	Hitte in de stad	5
2.2	Hittestressmodel	5
3	Ontwerp en modeluitgangspunten	8
3.1	Modelopbouw	8
3.2	Bomen in het ontwerp	9
3.3	Gebruikte KNMI-data	10
4	Resultaten	12
4.1	Gevoelstemperatuur	12
4.2	UHI-effect	15
5	Conclusies en advies	16

1 Inleiding

Op dit moment is de ontwikkeling van het Emmasingelkwadrant een van de grotere bouwprojecten in de stad Eindhoven. Zo worden er binnen het Emmasingelkwadrant verschillende nieuwe panden gebouwd voor wonen, werken en cultuur. Maar ook een nieuw stadspark dat bij zal dragen aan een prettige woon- en werkomgeving voor bewoners van het Emmasingelkwadrant.



Figuur 1.1 Projecten in het Emmasingelkwadrant

Om te zorgen voor een gezonde leefomgeving is het belangrijk bij het Emmasingelkwadrant ook rekening te houden met de toenemende hitte. Klimaatverandering en het stedelijk hitte-eiland-effect zorgen voor meer en meer hittestress, nu en in de toekomst. Naast de gebruikelijke onderzoeken op milieuaspecten als wind en geluid wil de gemeente daarom Eindhoven het nieuwe stedenbouwkundige plan ook toetsen op hitte. Zo hoopt de gemeente Eindhoven meer grip te krijgen op de temperatuurhuishouding van de stad en het hitte-effect van grotere stedelijke ontwikkelingen op de omgeving beter te kunnen toetsen.

Dit hitteonderzoek geeft invulling aan die wens. Bij het onderzoek is gekeken naar het huidige groene- en stedelijke ontwerp en is het effect van deze inrichting op hitte in het plangebied en de directe omgeving getoetst. Daarbij is in dit onderzoek gekeken naar de gevoelstemperatuur (PET), UHI-effect¹ en het verschil in de gevoelstemperatuur en UHI-effect tussen de huidige en de toekomstige inrichting. Ook worden aanbevelingen gedaan hoe het ontwerp kan worden geoptimaliseerd op hitte.

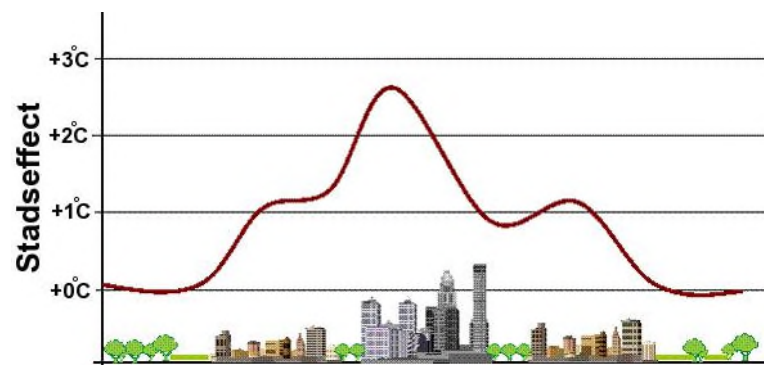
¹ Het Urban Heat Island-effect (UHI) is het verschil in de temperatuur in de stad en een meetpunt buiten de stad. Vooral in de avond en 's nachts zorgt het UHI-effect ervoor dat de luchttemperatuur in de stad een paar graden warmer is dan de omgeving. Het effect neemt toe als gevolg van stadsuitbreiding en -inbreiding.

2 Analysemethode

2.1 Hitte in de stad

Door klimaatverandering zal de temperatuur in de zomer de komende jaren verder gaan stijgen. Ook neemt de kans op langere periodes van hitte toe (KNMI, 2015). In 2050 zullen gemiddeld 7 tot 15 tropische dagen (dagen waarop de maximumtemperatuur hoger is dan 30 graden) voorkomen per jaar ten opzichte van gemiddeld 4 in het huidige klimaat. Door urbanisatie is de verharding in steden in de afgelopen decennia toegenomen. Daardoor is de temperatuur in steden ook hoger dan in landelijk gebied (figuur 2.1). Hogere temperaturen en toenemende verharding hebben een effect op de leefbaarheid in steden en dorpen.

Hogere temperaturen in de stad kunnen een negatieve invloed hebben op de gezondheid en het welbevinden van mens. Bij temperaturen hoger dan 30 °C overdag neemt het comfort voor de mens af. Het comfort is ook sterk afhankelijk van de luchtvochtigheid en hoeveelheid wind.



Figuur 2.1. Schematische weergave van het temperatuurverschil tussen de stad en het buitengebied (Bron: KNMI)

2.2 Hittestressmodel

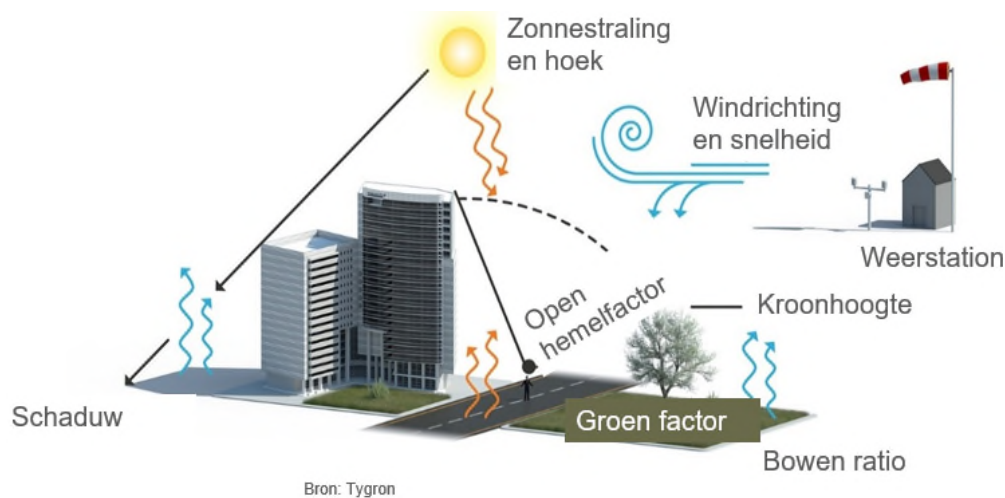
Het hitteonderzoek voor het Emmasingelkwadrant is uitgevoerd met het TAUW hittestressmodel. Dit model geeft inzicht in zowel de huidige als toekomstige (ontwerp)situatie en gaat uit van de gevoelstemperatuur volgens de Physiological Equivalent Temperatuur (PET) methode.

De hittestressmodule is door TAUW ontwikkeld in Tygron en gebruikt de gestandaardiseerde methode hittestress (RIVM, 2019). De module wordt aangevuld met de door TAUW ontwikkelde bomenspotter die, op basis van luchtfoto's en algoritmes, bestaande bomen en hun hoogte en kroonbreedte detecteert. Figuur 2.2 geeft de factoren uit het model weer. De module berekent voor elke cel (resolutie van 1 bij 1 m) het volgende:

- Bladerdak-hoogte; de hoogte van de kronen van de bomen
- Sky view factor; fractie zichtbare lucht
- Gemiddelde vegetatie fractie én gemiddelde sky view factor
- Het hitte-eilandeffect

Vervolgens wordt, voor elke tijdstap, per cel het volgende berekend:

- De luchttemperatuur en de luchtvochtigheid
- Fractie schaduw door gebouwen, bomen of andere elementen in het landschap
- De windsnelheid op 1,2 m boven de grond, gebaseerd op de gemeten 10 m windsnelheid op betreffende weerstation
- Diffuse straling, gebaseerd op de zonnestraling en de zonhoogte
- De gevoelstemperatuur (PET)



Bron: Tygron

Figuur 2.2 Factoren in het hittestressmodel

Resultaat

Het hittestressmodel, met het ontwerp van het Emmasingelkwadrant, levert de gevoelstemperatuurkaarten die de gemiddelde gevoelstemperatuur van 12:00 uur tot 18:00 uur voor de huidige en toekomstige situatie weergeven. Deze resulterende kaarten geven een goede indicatie van het effect van hitte en laten de meerwaarde van de hittebestendige inrichting van het Emmasingelkwadrant zien.

Daarnaast helpt de kaart bij het nadenken over het koel inrichten van de openbare ruimte. Immers, de kaarten geven op straatniveau weer waar knelpunten in de bestaande situatie optreden en waar het nieuwe ontwerp (on)voldoende koelte. De gevoelstemperatuur en daarmee het comfort in het stedelijk gebied is van belang voor mensen die zich door het plan begeven; mensen op weg van of naar werk, toeristen, winkelend publiek en 'buitenwerkers'. Comfort in het stedelijk gebied heeft indirect een link met de arbeidsproductiviteit buiten en met de gezondheid. Wanneer de gevoelstemperatuur bepaalde drempelwaarden overstijgt spreekt men van hittestress. Hittestress komt in verschillende gradaties voor met verschillende gevolgen voor de gezondheid (tabel 1). In welke mate de knelpunten vervolgens (on)acceptabel zijn hangt ook van de nabijheid van koelte en de aanwezigheid van schaduw af.

Tabel 1 Hittestress gradaties gekoppeld aan de gevoelstemperatuur en gevolgen voor de gezondheid

PET [°C]	Thermale perceptie	Fysiologische stress	Fysiologische respons	Eventuele gevolgen
23	Licht warm	Lichte hittestress	Lichte hittestress	
29	Warm	Matige hittestress		
35	Heet	Sterke hittestress	Zweetsnelheid >200 gram per uur	Kans op hitte uitputting/hittekramp neemt toe
41	Erg heet	Extreme hittestress	Toename lichaamstemperatuur Toename zweetsnelheid >650 gram per uur	Kans op beroerte Kans op hitte uitputting/hittekramp is groot

3 Ontwerp en modeluitgangspunten

3.1 Modelopbouw

Om de bestaande situatie en het ontwerp in te laden in het hittestressmodel, zijn verschillende gegevens en planonderdelen gecombineerd in de Tygron modelomgeving.

Bestaande situatie

De bestaande omgeving van het Emmasingelkwadrant en omstreken is in 3D opgebouwd in Tygron op basis van openbare data zoals de BAG, BGT en kadastrale informatie. Bestaande bomen rond het Emmasingelkwadrant en in de omgeving zijn overgenomen uit de bomenspotter van TAUW die in staat is verschillende details van bomen te herkennen op publiek en privaat terrein.

Toekomstig ontwerp

Het volledige ontwerp van het Emmasingelkwadrant is weergegeven in figuur 3.1. Hierin zijn de verschillende bomen en groenstructuren, infrastructuren, verschillende type woningen en de aangebrachte waterpartijen te zien. Het stedenbouwkundig ontwerp, de locaties van het nieuw aan te brengen groen, trottoirs, straten, woningen en andere elementen overgenomen uit de aangeleverde CAD-tekeningen en 3D Sketch-up model ontvangen op respectievelijk 10 en 15 juni 2022. Voor de gebouwen in het model is alleen de buitenzijde (de contouren) van belang. De overige details, zoals: kozijnen of wandbekleding, zijn niet meegenomen in het model. Extra weerkaatsing van zonnestraling kan er wel voor zorgen dat het lichaam netto meer straling zou ontvangen, waardoor de gevoelstemperatuur juist stijgt.



Figuur 3.1 Stedenbouwkundig ontwerp Emmasingelkwadrant

3.2 Bomen in het ontwerp

Bomen zijn een onmisbaar onderdeel in de hittebestendige inrichting van de openbare ruimte. Ze zorgen immers voor verkoeling via schaduw en verdamping. Bij de ontwikkeling van het Emmasingelkwadrant is het daarom essentieel om de nieuwe bomen goed mee te nemen in het model. De boomlocaties van zowel huidige als nieuw aan te planten bomen zijn overgenomen uit de aangeleverde CAD-tekening (x-bomen). Voor de bestaande binnen de plangrens is uitgegaan van de huidige hoogte en kroondiameter en bij de nieuw aan te planten bomen binnen de plangrens is uitgegaan van de verwachte hoogte en kroondiameter bij een volgroeide status. De gehanteerde kroondiameter (op basis van landschapsonwerper gemeente) en hoogte (op basis van soort) is per soort boom weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 Uitgangspunten bestaande en nieuw aan te planten bomen binnen de plangrens

Soort boom	Hoogte (volgroeid)	Kroondiameter (volgroeid)
Boom – bestaand te behouden:		
- <i>Platanus hispanica</i>	25 meter	10 meter
- <i>Pinus sylvestris</i>	15 meter	6 meter
Bomen langs Lichtas:		
- <i>Platanus hispanica</i> (klein)	15 meter	10 meter
- <i>Platanus hispanica</i> (groot)	20 meter	10 meter
Bomen Beekpark		
- <i>Taxodium distichum</i> (klein)	18 meter	6 meter
- <i>Taxodium distichum</i> (groot)	30 meter	6 meter
- <i>Quercus robur</i> (klein)	25 meter	10 meter
- <i>Quercus robur</i> (groot)	30 meter	10 meter
- <i>Ulmus laevis</i>	25 meter	10 meter
- <i>Robinia pseudoacacia</i>	20 meter	9 meter
- <i>Liquidambar styraciflua</i>	25 meter	9 meter
- <i>Pterocarya stenoptera</i>	15 meter	11 meter
- <i>Tilia heterophylla</i>	12 meter	8 meter

Voor bestaande bomen in de huidige situatie die buiten de plangrens staan is uitgegaan van de bestaande hoogte en kroondiameter gemodelleerd door onze bomenspotter. De Bomenspotter is een remote sensing model dat bomen herkent aan de hand van infrarood beelden.

De Bomenspotter herkent de meeste bomen op zowel publiek als privaat terrein. Het algoritme is niet in staat alle bomen te herkennen. Er is een vergelijking gedaan met de gemeentelijke database maar daarin kwamen geen fundamentele verschillen naar voren die grote invloed zouden hebben op de resultaten. Het invloedgebied voor hittestress is 1.500 meter rondom het projectgebied, dit invloedgebied is de modelgrens voor de hittestressbepaling.

Uiteindelijk komt het ruimtelijke ontwerp tot stand in het 3D Tygron model. Enkele impressies zijn opgenomen in figuur 3.2.



Figuur 3.2 Impressies ontwerp Emmasingelkwadrant in Tygron

3.3 Gebruikte KNMI-data

Passende lokale gegevens van het KNMI zijn onmisbaar voor een gedegen hitte-analyse. De weersgegevens zijn belangrijke invoer voor het hittemodel. Dit hittemodel voldoet aan de landelijke standaard voor het bepalen van de gevoelstemperatuur. Voor de hitte-analyse is gebruikt gemaakt van de weergegevens van een 1-op-duizend hittedag, zoals de standaard vanuit het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) voorschrijft. Voor Eindhoven is bepaald dat de dag van 1 juli 2015 voldoet als een 1-op-duizend dagen hittedag.

De hittedag kan voorkomen in het zomerseizoen tussen april en september. De herhalingsjijd van deze hittedag is een keer per 5,5 jaar in het huidige klimaat. De weergegevens van die dag (uur- en dag gemiddelden) van het dichtstbijzijnde KNMI-meetstation Eindhoven zijn gebruikt als input voor het model (Tabel 3). Hierbij gaat het om de luchtvochtigheid (U), luchttemperatuur (T), zonnestraling (Q), windsnelheid (FF) en windrichting (DD).

Tabel 3 Weergegevens KNMI-meetstation Eindhoven

Uren [UTC+2]	U [%]	T [°C]	Q [J/cm ²]	FF [m/s]	DD [°]
12:00	36	30	733,3	4	90
13:00	31	31,7	850,0	4	110
14:00	33	32,4	880,6	5	130
15:00	32	33,7	850,0	5	120
16:00	30	34,3	802,8	4	140
17:00	30	34,8	694,5	4	130
18:00	30	34,7	558,3	4	120

Keuze 1-op-duizend hittedag

De een op 1000 hittedag komt in het huidige klimaat dus ongeveer 1x per 5,5 jaar voor. De vraag is of deze dag een 'normale' hittedag is. Wanneer gekozen zou worden voor een andere, bijvoorbeeld een hittedag uit de recente zomers, dan zouden er enkele afwijkingen kunnen ontstaan (verschillen van enkele graden lucht of gevoelstemperatuur). Deze worden dan met name ingegeven door andere weersgegevens op zo'n dag. Door meerdere hittedagen door te rekenen kan wel een gevoeligheidsanalyse van het ontwerp gedaan worden.

Bijvoorbeeld, op de standaard DPRA-hittedag waren er windsnelheden van 4 à 5 m/s en wanneer een andere dag gekozen zou worden zouden deze snelheden wellicht lager kunnen uitvallen of uit een andere richting komen. Dit zou de gevoelstemperatuur doen oplopen doordat de verkoelende werking van de wind dan minder wordt en op andere plekken tot meer verkoeling kunnen leiden als de windrichting daar gunstig is. Dit speelt vooral bij open structuren dicht bij het plangebied waar de windrichting en windsnelheid behoorlijk invloed heeft. Wind is echter nog een discussiepunt binnen de wetenschap/opstellers methodiek DPRA hittestress test. Andere verschillen binnen het projectgebied tussen de verschillende inrichtingen blijven min of meer gelijk: wel in de schaduw/niet in de schaduw en wel groen/geen groen.

Een ander argument voor het gebruik van de 1-op-1000 hittedag is dat het een duidelijk referentiepunt is om verschillende situaties met elkaar te vergelijken (voor of na nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen, verschillende jaargangen).

4 Resultaten

De planprestaties voor het stedenbouwkundig plan zijn in beeld gebracht op belangrijke indicatoren voor hittestress:

- De gemiddelde gevoelstemperatuur (PET) tussen 12:00 en 18:00 in de bestaande en toekomstige situatie voor de hittedag 1 juli 2015
- Urban Heat Island (UHI)-effect

4.1 Gevoelstemperatuur

Figuren 4.1 t/m 4.3 laten de gemiddelde gevoelstemperatuur tussen 12:00 uur en 18:00 uur op een 1-op-duizend hittedag zien voor de bestaande situatie, het ontwerp van het Emmasingelkwadrant en het verschil tussen die twee. Wat opvalt is dat in de huidige situatie het centrale braakliggende- en parkeerterrein en het Lichtplein enorm heet worden maar dat door het groene karakter van het plan en de grote hoeveelheid extra schaduw door bebouwing en de nieuw aan te planten- en te behouden bomen de gevoelstemperatuur door schaduwwerking en verdamping op veel plaatsen onder de 35°C (sterke hittestress) blijft.

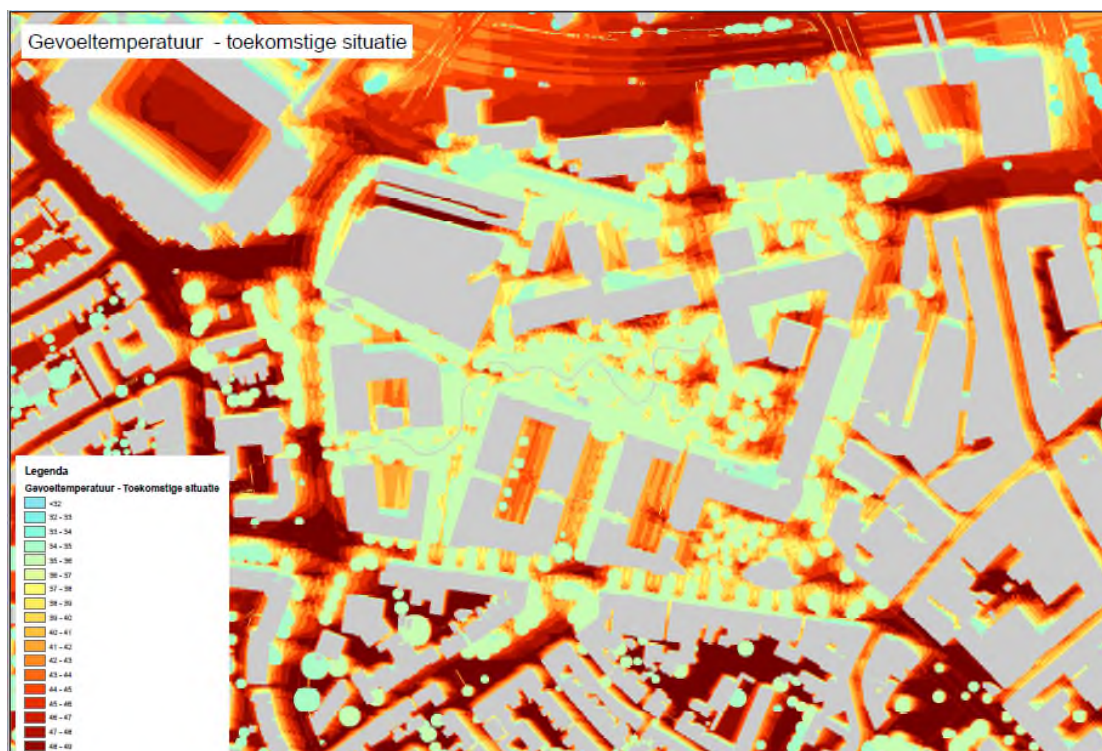
Het park in het Emmasingelkwadrant en het Lichtplein kunnen daarmee als een koele aangename verblijfsplek fungeren waarop mensen, niet alleen voor de directe omgeving maar mogelijk ook voor de buurten eromheen, op hete dagen verkoeling kunnen zoeken. Zo is op geringe loopafstand van de binnenstad een koele aangename verblijfsplek te bereiken en wordt hiermee voldaan aan een van de drie ontwerprichtlijnen voor een hittebestendige stad². Let wel, het geschetste stadium wordt pas bereikt wanneer de nieuw aan te planten bomen volgroeid zijn.

Daarnaast vallen de hetere plekken zowel in de bestaande- als in de toekomstige situatie met name buiten de plangrens. Hierbij gaat het om de kruising aan de westzijde, het Stadion en de Ventoselaan. De gemiddelde gevoelstemperatuur loopt hier op tot boven de 45°C, extreme hittestress. Deze hoge gevoelstemperaturen zijn te verklaren doordat op die locaties de wind nauwelijks een verkoelende werking biedt, er geen schaduw aanwezig is en het volledig verhard is. Bij langdurige blootstelling kan dit leiden tot gezondheidsklachten, met name bij kwetsbare groepen als ouderen en kinderen.

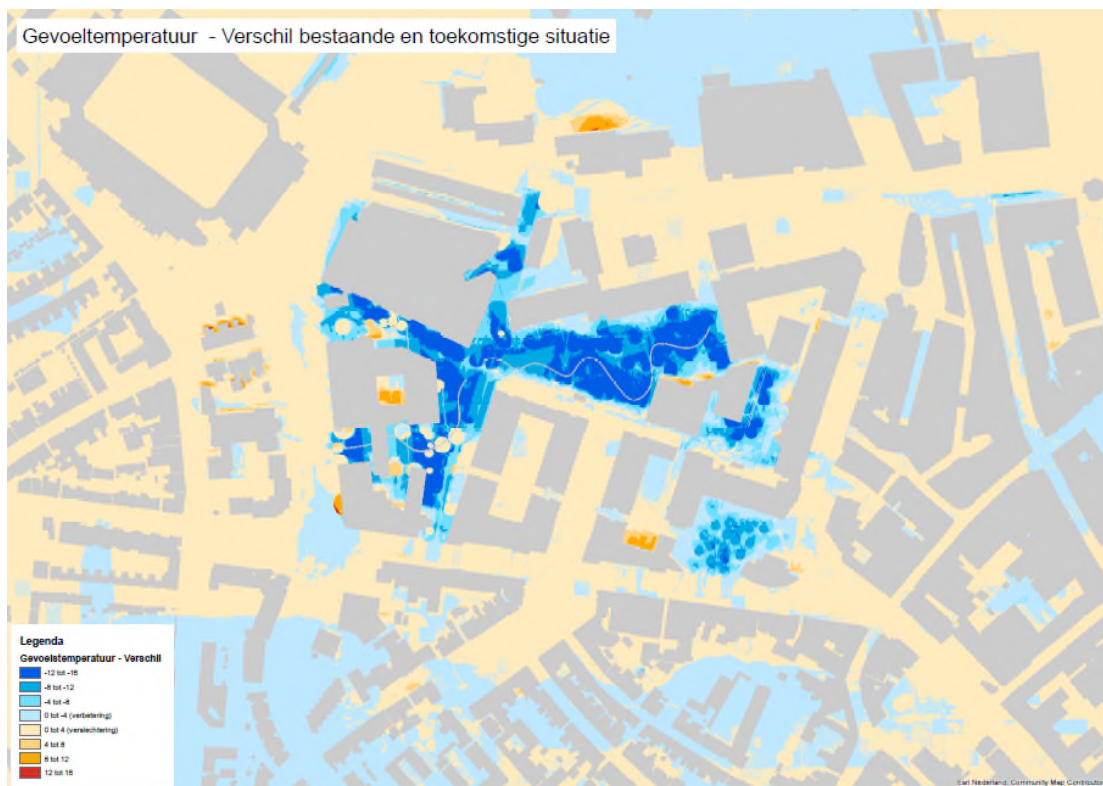
² [Groen en schaduw helpen beste tegen hitte in de stad - Klimaatadaptatie \(klimaatadaptatienederland.nl\)](https://www.klimaatadaptatienederland.nl/groen-en-schaduw-helpen-beste-tegen-hitte-in-de-stad)



Figuur 4.1 Gevoelstemperatuur bestaande situatie



Figuur 4.2 Gevoelstemperatuur toekomstige situatie



Figuur 4.3 Gevoelstemperatuur verschil bestaande en toekomstige situatie

4.2 UHI-effect

Het UHI-effect is alleen indicatief berekend. De invloedrijkste factoren voor het bepalen van het UHI-effect is de aanwezigheid van vegetatie, wind(snelheid) en de sky view factor (fractie hemel dat te zien is) en in mindere mate kleur en materiaalgebruik. Het Emmasingelkwadrant heeft op alle drie de parameters invloed. Zo neemt het vegetatiegehalte toe, de windsnelheid in en rondom het plan verandert en de sky view factor wordt door het toevoegen van (hoge) bebouwing en de aanplant van bomen lager. Daardoor is er minder sprake van verkoelende luchtverversing door de wind en blijft de hitte langer 'vast' zitten in het plan doordat de sky view factor lager is.

Echter, het UHI-effect wordt op deze schaal niet significant beïnvloed door het nieuwe ontwerp van het Emmasingelkwadrant. Het UHI-effect speelt op stadsniveau en wordt op grotere schaal pas beïnvloed door veranderende stedelijke omstandigheden zoals het op grote schaal vergroenen van de stad of het op grote schaal gebruik maken van reflecterende stedelijke materialen.

5 Conclusies en advies

Hittestress

Het plan als geheel biedt een goede afwisseling van schaduw en zon door de vele bomen in de straatprofielen, op het Clausplein en in het Beekpark die centraal in het plan ligt. De ontwikkeling voegt een koele groene plek toe aan de stad die verkoeling kan bieden aan de huidige en nieuwe inwoners van Eindhoven. Hetzelfde geldt voor het Lichtplein. Daarmee kunnen we concluderen dat de ontwikkeling van het Emmasingelkwadrant niet tot een verslechtering van de gevoelstemperatuursituatie leidt maar eerder tot een verbetering.

Belangrijk te vermelden is dat de analyse uitgaat van volgroeide bomen. Naarmate de bomen verder groeien neemt de hittebestendigheid van het gebied ook verder toe maar juist in de beginfase van het plan zal dit nog niet het geval zijn. Om de bomen goed te laten groeien en de geschetste situatie (snel) werkelijkheid te laten worden is het belangrijk voldoende ondergrondse en bovengrondse ruimte te reserveren en de groeiplaats goed in te richten (organisch stofgehalte, mineralen et cetera). Het water van de nieuwe beek zal niet tot nauwelijks invloed hebben op de gevoelstemperatuur in de directe omgeving van het plan. Het effect is afhankelijk van het temperatuurverschil tussen water en lucht en de grootte van het waterlichaam. Gezien de geringe omvang en diepte van het water zal het effect daarom niet significant zijn.

Gekeken naar het UHI-effect leidt de ontwikkeling van het Emmasingelkwadrant niet tot grote verschillen doordat het UHI-effect op deze schaal niet significant wordt beïnvloed. Om hitteproblemen 's nachts wel verder te beperken dient men zoveel mogelijk de luchttemperatuur en het UHI-effect te beperken op stadsniveau. Dit kan met vergroenende en reflecterende maatregelen. Zo leidt een toename van groen met 10 procentpunten tot een verkoeling van ongeveer 0,5°C op stadsniveau. Ook reflectie van zonnestraling terug de atmosfeer in door het gebruik van witte daken, andere reflecterende stedelijke materialen kan ervoor zorgen dat er minder energie beschikbaar is om de lucht op te warmen, waardoor de luchttemperatuur stadsbreed omlaag gaat. Echter, een verlaging van de luchttemperatuur met 0,5°C (door 10 procentpunt meer groen) is overigens niet veel als het meer dan 30°C is. Om hitteproblemen overdag te beperken dient men dan ook zoveel mogelijk de gevoelstemperatuur te beperken zoals dat in het ontwerp van het Emmasingelkwadrant ook wordt bewerkstelligd.

Hitte in woningen

In deze studie is gekeken naar de impact van het nieuwe ontwerp op de gevoelstemperatuur en het UHI-effect op de buitenruimte. Daarmee zegt het niks over de temperatuur binnenskamers. Ook daar kunnen de temperaturen op hete dagen aanzienlijk toenemen, hetgeen kan leiden tot gezondheidsklachten bij met name kwetsbare groepen als ouderen en kinderen. Door te variëren en slim om te gaan met bouwhoogten en positionering van de bebouwing en te kijken naar verkoelende technieken als groene daken kan hier ook rekening mee gehouden worden. Extra weerkaatsing van zonnestraling kan er wel voor zorgen dat het lichaam netto meer straling zou ontvangen, waardoor de gevoelstemperatuur juist stijgt.