

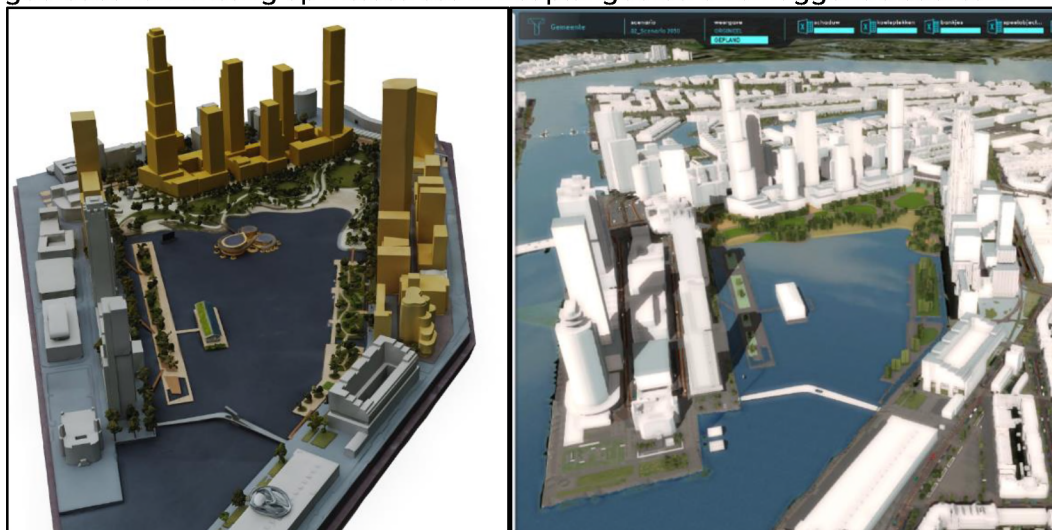


Aanleiding

De Rijnhaven wordt voor een derde deel gedempt. Op het nieuwe land worden 3.000 woningen, voorzieningen en een stadspark gemaakt. Bewoners van de omliggende buurten hebben zorgen geuit dat de gebiedsontwikkeling leidt tot een verergering van hittestress. In de huidige situatie ervaren bewoners namelijk nu al hittestress. Het idee is dat samen met het toekomstige Maashavenpark en dakterrassen op de nieuwe gebouwen in het Rijnhavenpark en de drijvende terrassen in de Rijnhaven fijne verblijfsplekken opleveren bij warme dagen voor de omgeving.

Doel

Doelstelling van dit onderzoek is inzicht verwerven in de gevolgen van de gebiedsontwikkeling op hittestress in het plangebied en omliggende buurten.



Figuur 1: Links de stedenbouwkundige maquette, rechts het hittestressmodel.

Uitgangspunten en methodiek

De uitgangspunten en methodiek staan in bijlage 1 omschreven. Kort samengevat is er een toetsing gedaan waarbij de gevoelstemperatuur (PET) overdag wordt berekend volgens de methodiek van het RIVM (<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0008.pdf>). Hierbij is de huidige situatie getoetst en deze is vergeleken met de eindsituatie in 2050 waarbij ook woonontwikkelingen in de omgeving zijn meegenomen.

Gezien de toetsdag (1 juli 2015, luchttemperatuur maximaal 34 °C) van de norm een windrichting heeft die afwijkt van de dominante windrichting voor Rotterdam, is ook gekozen voor een tweede toetsing waarbij de windrichting op de toetsdag is aangepast



naar de dominante windrichting, namelijk 225° ([Handleiding-Windhinder-en-Windgevaar-Rotterdam 13 04 2023.pdf \(woneninrotterdam.nl\)](#)).

Kwaliteitscontrole

Om een goede kwaliteit en onafhankelijke input te waarborgen, is het model in samenspraak met Arcadis opgebouwd en door hen gecontroleerd. De rapportage is eveneens op inhoud beoordeeld door Arcadis.

Resultaten PET

Onderstaand worden de resultaten van de huidige situatie, de eindsituatie en het verschil tussen deze twee besproken. Dit voor de toetsing volgens de norm en de extra toetsing met de windsituatie op de meest dominante windrichting (225°).

Huidige situatie

Onderstaand is de afbeelding voor de gevoelstemperatuur in de huidige situatie met toetsing volgens de norm.



Figuur 2: De berekende PET in de huidige situatie met toetsing volgens de norm

Wat duidelijk te zien is aan de rode vlakken, is het effect van het ontbreken van schaduw van gebouwen en/of bomen rondom de Posthumalaan. In de huidige situatie kan de gevoelstemperatuur hier hoog oplopen, tot boven de 47 graden. Omdat de wind vanuit het (zuid)oosten (90-130°) komt, kan deze niet vrij doorwaaien over het water richting de Rijnhaven, maar waait de wind juist van de Rijnhaven af over het water. Dit verhoogt de gevoelstemperatuur (windluwte) maar dempt de gevoelstemperatuur juist bij de Wilhelminakade omdat de wind hiernaartoe waait.

Wat ook duidelijk waarneembaar is, is het effect van schaduw van gebouwen of bomen. Daar waar gebouwen schaduw werpen of bomen(rijen) staan, is de gevoelstemperatuur



rond de 33 °C, tot wel 14 graden lager dan in de open zon. Schaduw van groen wordt vanwege biodiversiteit, verkoeling in de nacht en beleving als hoogwaardiger beoordeeld.

Onderstaand is de afbeelding voor de gevoelstemperatuur in de huidige situatie met toetsing met de meest dominante windrichting van 225 °.



Figuur 3: Gevoelstemperatuur in de huidige situatie met toetsing met meest dominante windrichting.

In bovenstaande figuur is goed het effect van de gedraaide wind op de gevoelstemperatuur te zien, met name bij de gedeelten langs het water. De wind komt nu uit het zuidoosten, waardoor het bij de Posthumalaan significant koeler is. Er wordt nu rond de 40 °C PET berekend op plekken vol in de zon, wat nog steeds erg warm is, gezien het ontbreken van schaduw. Bij de Wilhelminakade neemt de gevoelstemperatuur nu toe, doordat dit stuk wat meer in de windluwte ligt.

Eindsituatie 2050

Onderstaand is de afbeelding van de gevoelstemperatuur in de eindsituatie 2050 met de toetsing volgens de norm.



Figuur 4: De berekende PET in de eindsituatie met toetsing volgens de norm

In de afbeelding van de eindsituatie is goed te zien dat de bomenrijen bij het Rijnhavenpark voor een aanzienlijk lagere gevoelstemperatuur zorgen. Onder en in de schaduw van een boom wordt gemiddeld een gevoelstemperatuur van 33 °C PET berekend, terwijl op de gedeelten van het park die vol in de zon staan een gevoelstemperatuur van 47 °C PET wordt berekend. Overigens kan deze hoge gevoelstemperatuur in de huidige situatie ook op het water worden verwacht, gezien hier evenmin schaduw is.

Hoge gevoelstemperaturen op grote stukken zonder schaduw in de buitenruimte worden alleen als een probleem gezien bij de volgende plekken:

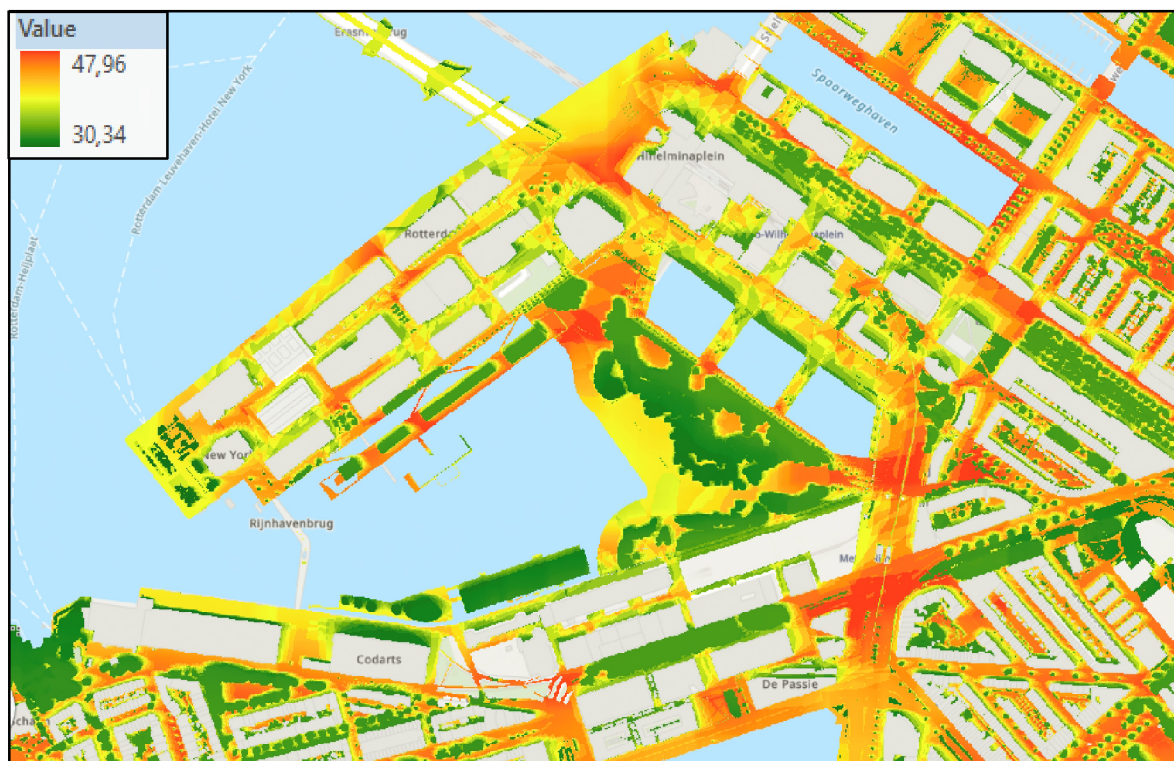
- Langzame verkeersroutes (fiets- en wandelroutes)
- Verblijfsplekken
- Speelplekken

Op andere locaties zoals autowegen is het in de volle zon erg warm maar dit is in een bewegende auto met airco en/of ramen open veel minder een probleem dan voor een wandelaar in de volle zon of iemand die stilzit op een verblijfsplek. Gezien bij het Rijnhavenpark de bomenrijen zich aan weerszijden van de looppaden bevinden, is dit gunstig voor een koele looproute. Ook kan er in het park op deze manier naar behoefte worden afgewisseld tussen koelere plekken onder bomen en de warmere stukken strand/ligweide.

Ter hoogte van de Posthumalaan is het koeler dan in de huidige situatie, zowel bij de toetsing volgens de norm als de toetsing met de dominante windrichting. Dit is te verklaren door de schaduwwerking van de hoge torens. Straling heeft een sterkere invloed in het model dan de vrij lage windsnelheid op een zomerdag.



Onderstaand is de afbeelding voor de gevoelstemperatuur in de huidige situatie met toetsing met de meest dominante windrichting van 225 °.



Figuur 5: Gevoelstemperatuur in de eindsituatie met toetsing met meest dominante windrichting.

In deze situatie is wederom het effect van de gedraaide wind (komende uit het zuidoosten) te zien en is te zien dat de stukken in de open zon op het Rijnhavenpark (ligweides/strand) iets koeler zijn geworden, rond de 40 °C PET. Toch zijn de stukken onder de bomen nog steeds significant koeler met 31 °C PET. Dit maakt het aangenaam om onder de bomen te vertoeven als het in de open zon te warm wordt.

Het park levert hiermee een aanzienlijke bijdrage aan een koelere situatie overdag.

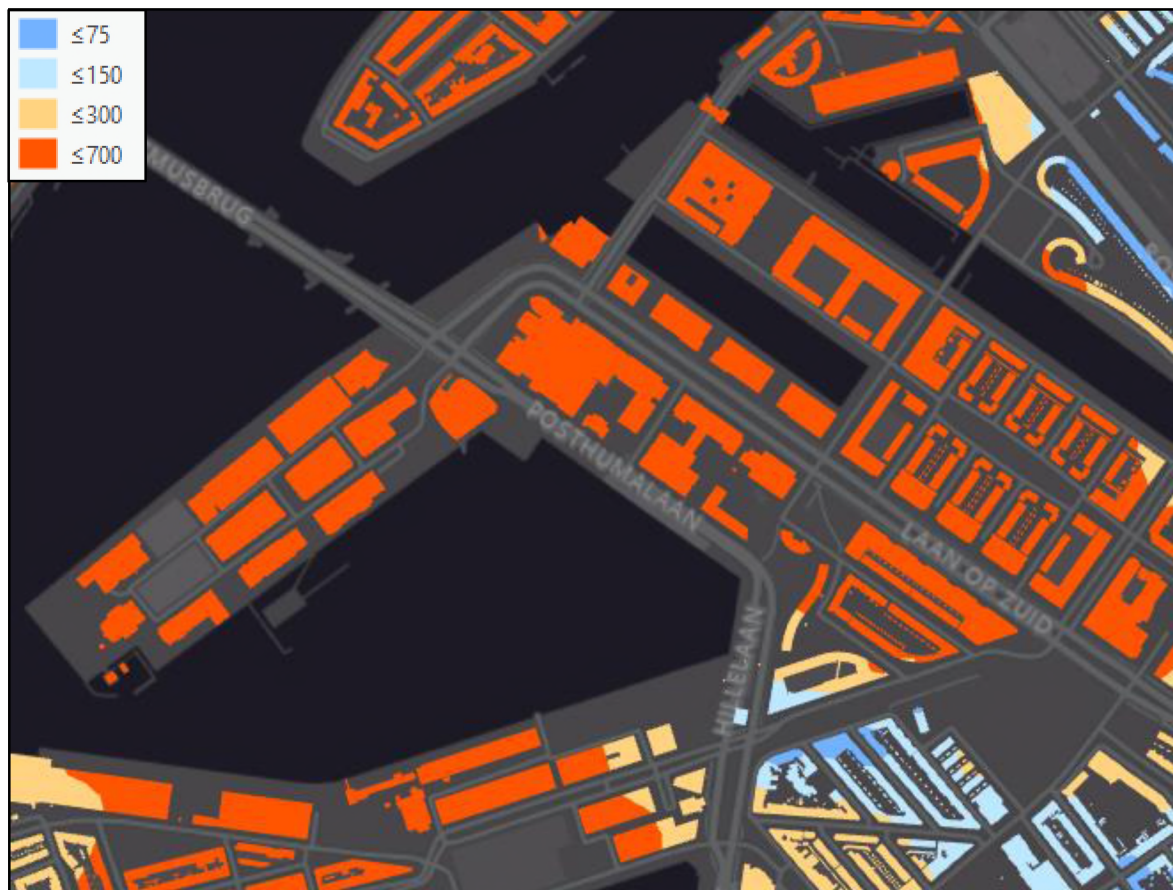
Optimalisatiekansen

In het Convenant Klimaatadaptief Bouwen Zuid-Holland wordt onder andere als doelstelling meegegeven om in projecten binnen 300m loopafstand een koele verblijfsplek (200m aanéengesloten schaduw, gevoelstemperatuur < 35 °C PET) met goede verblijfskwaliteit) te realiseren. In dichtbebouwde, bestaande gebieden is dit soms lastig. Het Rijnhavenpark biedt echter uitstekend de mogelijkheid om aan deze doelstelling te voldoen.

Er zijn diverse plekken waar er 200 m² aanéengesloten schaduw is en waar een verblijfskwaliteit kan worden gerealiseerd. Hiermee kan met het Rijnhavenpark, tezamen met het toekomstige Maashavenpark een flinke verbetering voor de buurt worden gerealiseerd. In onderstaande afbeelding is te zien dat er rondom het park de meeste panden zich niet op 300 m loopafstand van een koele verblijfsplek (op te zoeken op [De Koele Kaart - Rotterdams Weerwoord](#)) bevinden.



Door realisatie van koele verblijfsplekken in het Rijnhavenpark komt hier aanzienlijke verbetering in. Zodra de locatie van de koele verblijfsplekken bekend is, kan onderstaande figuur worden aangepast.



Figuur 6: Panden met loopafstand tot een koele verblijfsplek

Discussie

Over deze studie en de methode is discussie te voeren. Deze wordt hieronder besproken. Allereerst ten aanzien van de methode:

- De methodiek neemt het effect van absorptie/reflectie door albedowaarden van materialen niet mee. Hierdoor vindt er geen opwarming of afkoeling van oppervlakken plaats anders dan door het samenspel tussen zonnestraling en schaduw. Naar verwachting is het effect van straling en schaduw echter ook meer dominant bepalend voor de gevoelstemperatuur dan enige schommelingen hierin door albedo
- In de huidige situatie bevindt zich oppervlaktewater ter hoogte van het Rijnhavenpark. Boven water wordt geen gevoelstemperatuur berekend, aangezien zich hier doorgaans niemand bevindt. Naar verwachting is door het volledig ontbreken van schaduw op het water de gevoelstemperatuur in de huidige situatie echter hoog
- De wind zit versimpeld in het model en wordt beschreven in B.1.2.3 van [Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte \(met erratum\) \(rivm.nl\)](#). Windberekeningen zijn echter zeer complex en CFD-berekeningen (Computational Fluid Dynamics) vragen om veel rekenkracht, wat ten tijde van het opstellen van de methode niet haalbaar was. Doorgaans treden bij warme dagen echter geen hoge windsnelheden op, waardoor het effect van de wind op de gevoelstemperatuur minder significant is dan

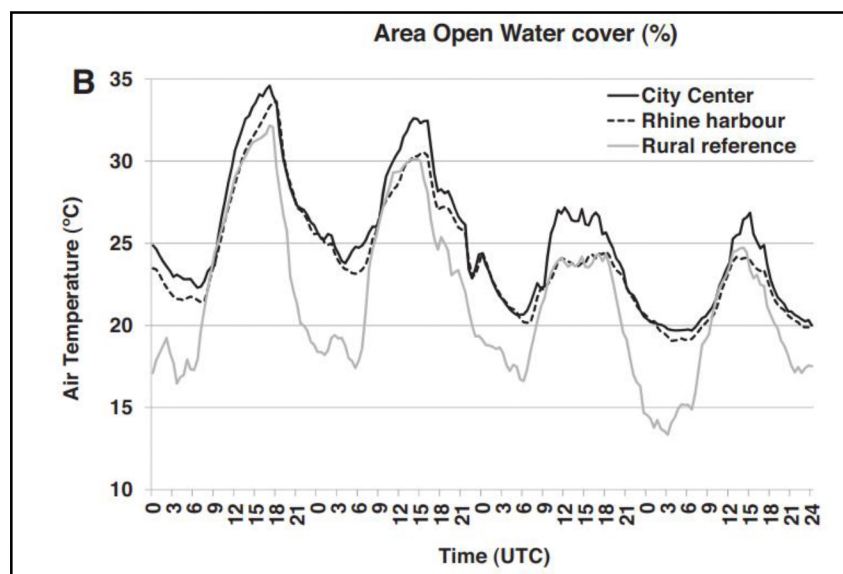


luchttemperatuur, zonnestraling en schaduw. Hierdoor blijven warmere plekken warm en koelere plekken koel. Kanttekening is dat de berekende gevoelstemperaturen dan eerder mogelijk kwalitatief dan exact kwantitatief gezien kunnen worden.

- Gezien de wind wel enige invloed heeft is er wel voor gekozen om de dominante windrichting voor Rotterdam te toetsen. De standaard toetsdag van de methodiek heeft namelijk een 90-130 graden windrichting (oost tot zuidoostelijk) terwijl de dominante windrichting 225 graden is (zuidwestelijk)
- Bomen worden in het model met een volledig dicht bladerdek erin gezet. In de praktijk is dit wel realistisch voor een volgroeide boom (of in ieder geval 80-90% dekking) echter is van tevoren niet exact te voorspellen welke hoogte en breedte de bomen krijgen. Dit is dus een inschatting op basis van expert judgement.

Dan de rol van de hoogbouw, water en het park. Uit de resultaten blijkt dat de hoogbouw overdag een positief heeft op de PET. Dit komt omdat zij door hun hoogte dusdanig veel schaduw werpen dat waar zij schaduw werpen de PET significant vermindert. Deze gebouwen warmen echter ook op en 's nachts geven zij warmte af. Dit heet het stedelijk hitte-eiland effect. Omdat het stedelijk hitte-eiland effect zich op stadsschaal afspeelt (warmteafgifte van gebouwen komt in de stedelijke luchtlaag terecht die zich over de hele stad verspreidt) kan het effect van enkele gebouwen op de omgeving niet gekwantificeerd worden.

Een mitigerend (positief) effect is het aanplanten van de ruim 1.000 bomen. Hierdoor warmt het oppervlak van het park overdag veel minder op en neemt de opwarming van de stad juist af. Extra mitigerend is het aanplanten van de bomen op gedempt oppervlaktewater. Uit wetenschappelijk onderzoek van de Universiteit Wageningen is gebleken dat oppervlaktewater 's nachts significant bijdraagt aan het stedelijk hitte-eiland effect. De luchttemperatuur rond het oppervlaktewater bij de Rijnhaven, waar een periode van 4 warme dagen is geanalyseerd (18-21 augustus 2012), is 's nachts significant hoger dan in landelijk gebied, waar het groen voor verkoeling zorgt.



Figuur 7: Opwarming bij de Rijnhaven gemeten bij een studie van de universiteit Wageningen



Het is op dit moment niet kwantificeerbaar te maken hoe al deze factoren zich tot elkaar verhouden.



Bijlage 1 Methode en uitgangspunten hittestress model

Methode

Om de hittestress te beoordelen is een methode door de Universiteit Wageningen in opdracht van het RIVM ontwikkeld om gevoelstemperatuur te berekenen, gevalideerd voor het Nederlandse klimaat. Deze methodiek kan zowel de gevoelstemperatuur in de huidige situatie als in de ontwerpsituatie doorrekenen. De gevoelstemperatuur PET (Physiological Equivalent Temperature) in (°C) is in de jaren '90 ontwikkeld door Duitse meteorologen. Ten grondslag aan de methodiek ligt de warmte-uitwisseling van een menselijk lichaam met de omgeving. Het is een omzetting van hoe een menselijk lichaam de meteorologische omstandigheden in de buitenruimte ervaart gelijk aan een luchttemperatuur (°C) in een gecontroleerde binnenruimte met gestandaardiseerde proefpersonen (The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, Peter Höppe 1999). Aan deze luchttemperaturen in de gecontroleerde binnenruimte hangen comfortklassen vast, waarbij de klassen met PET (zie afbeelding 1) de mate van het ervaren (dis)comfort van de proefpersonen uitdrukken (man, 35 jaar, 1,80m, 70 kg, lichte activiteit, gestandaardiseerde thermische doorlatendheid kleding). Medische indicaties zijn hier niet aan gekoppeld (mate van risico). De ervaren PET kan afwijken afhankelijk van:

- Gewicht
- Geslacht
- Leeftijd
- Cardiovasculaire gezondheid
- Mate van activiteit
- Kleding

Volgens de methodiek wordt volgens de meteorologische uurdata van het KNMI (Zestienhoven) de gemiddelde gevoelstemperatuur tussen 12:00 en 18:00 op 1 juli 2015 berekend. Dit omdat een hoge gevoelstemperatuur gedurende de gehele middag moet optreden om een negatief effect te kunnen beoordelen. De gekozen toetsdag van de methodiek is een zomerdag die in het huidige klimaat 1 keer in de 5 jaar voorkomt, met luchttemperaturen tussen de 29 en 34 graden tussen 12:00 en 18:00. Een link naar de methodiek is hier te vinden:

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0008.pdf>

De methodiek rekent op basis van de volgende gegevens:

- Luchttemperatuur (°C)
- Globale straling (W/m²)
- Windsnelheid (m/s) en windrichting (°) zoals gemeten op 10m hoogte;
- Relatieve luchtvochtigheid (%)

Tussen 12:00 en 18:00 worden de volgende uurdata van station Zestienhoven ingevoerd:

	Luchttemp	Glob. straling	Windsnelheid	Windrichting	Luchtvocht
12:00	29,0	811	4	100	34
13:00	30,3	868	5	90	39
14:00	31,8	868	5	110	32
15:00	32,5	824	5	110	29
16:00	33,0	747	5	120	30
17:00	33,8	636	5	120	31
18:00	34,0	503	6	130	29



De uiteindelijk berekende comfortklassen zijn de volgende (bron: RIVM):

PET (°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

Figuur 8: De classificatie van PET met daaraan gekoppelde comfortklassen op basis van onderzoek. Bron: RIVM methodiek: [Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte \(met erratum\) \(rivm.nl\)](https://www.rivm.nl/onderzoek-en-toetsen/onderzoeksmethoden/onderzoeksmethoden/ontwikkeling-standaard-stresstest-hitte)

Uitgangspunten

De beschreven methodiek is geïmplementeerd in de software Tygron, welke een 3D-omgeving van de stad maakt op basis van openbare data en welke verrijkt kan worden met eigen data. Stedenbouwkundige plannen kunnen worden ingeladen om het effect van de nieuwe situatie te toetsen. Getoetst zijn de huidige situatie en de eindsituatie 2050. De volgende uitgangspunten zijn gebruikt:

Huidig

- Alle bestaande gebouwen zijn de dataset I3S 3DBAG dataset
 - Het gebouw Boston bevatte een fout en is van 3DRotterdam.nl
- BGT voor vlakken en inrichting openbare ruimte
- AHN 4 voor het hoogtemodel
- Cobra dataset (2020) voor groen
 - Er is gekozen voor de dataset 2020 aangezien dit voor de projectlocatie betere data gaf dan 2022. Dit had met de inwinningsdatum te maken van de satelliet (medio mei 2022 vs eind mei 2020) en dus de hoeveelheid groen in bloei.

Toekomstig 2050

Gebouwen en drijvende parken

- De gebouwen en drijvende parken in Rijnhaven, Kop van Zuid en Katendrecht zijn gemodelleerd naar aangeleverd SketchUp model (Katendrecht moederbestand.skp)
- Baltimore, de rechtbanklocatie, onderwijsgebouw CPZ en Chicago waren niet geleverd en daarom handmatig toegevoegd in afstemming met de ontwerpers.

Terrein en park

- Voetpaden, verharding en hoogte zijn versimpeld meegenomen uit Rijnhavenpark_Preliminary Design.DWG (2023.06.14)

Bomen

- Locatie en hoogte - Rijnhavenpark_Preliminary Design.DWG (2023.06.14). Hieruit zijn 1.141 bomen ingeladen. Buiten de projectcontour zijn in overleg met de ontwerpers nog enkele bomen handmatig ingetekend.



- Bomen zijn in overleg met de stedenbouwkundige ingedeeld in 4 categorieën t.a.v. de hoogte als ze volgroeid zijn in 2050:
 - Meerstammige bomen 10 m
 - Bomen net buiten de projectcontour 12 m;
 - Enkelstammige bomen 15 m
 - Pionierbomen 20 m;
- De crown factor is aangenomen op 0,75. Dit betekent dat de breedte van de kroon 0,75 keer de hoogte van de boom bedraagt.

Projectcontour

- De projectcontour is meegenomen uit het bestand Rijnhavenpark_Preliminary Design.DWG (2023.06.14).

Na aanleg

- Bomen hebben een geringere aanplanthoogte van ca. 5 a 6 m, dit heeft invloed op de PET. In deze studie zijn scenario's tot volgroeïing buiten beschouwing gelaten en is alleen gekeken naar de huidige situatie en de eindsituatie.