KLIMAATTOETS GETOETST

LABELSYSTEEM

GEMEENTE EINDHOVEN

Bo Floren, Landscape Design

&

Kevin Wesselink, Geo Media & Design

EINDHOVEN

has hogeschool

KennisCentrum Natuur en Leefomgeving

HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen
Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: (088) 8903637

Documenttitel: Klimaattoets getoetst - Labelsysteem
Projectcode: 4711GEH4

Opdrachtgever: Gemeente Eindhoven
Contactpersoon: Rosalie Franssen

Projectleider: Mark Terlien

Projectteam: Bo Floren
Kevin Wesselink

Plaats: 's-Hertogenbosch
Datum: 22 januari 2018

Bij gebruik van geodata is de opdrachtgever gehouden aan het bij de gebruikte geodata geldende copyright.

INHOUD

Voorwoord 9
Samenvatting 10
01 Inleiding 13
02 Materialen en methoden 19
03 Randvoorwaarden van de openbare ruimte 23
3.1 Klimaatadaptatie 24
3.1.1 Wateroverlast 24
3.1.2 Hittestress 25
3.1.3 Droogte 26
3.2 Belang van de openbare ruimte 26
3.3 Structuur van de openbare ruimte 28
3.3.1 Groen 28
3.3.2 Water 29
3.3.3 Verkeer 30
3.4 Onderdelen van de openbare ruimte 31
3.4.1 Pleinen 31
3.4.2 Straten 31
3.4.3 Lanen 32
3.4.4 Parken 32
04 Klimaatbestendigheid in kaart 35
4.1 Hittestress 37
4.1.1 Methode 37
4.1.2 Input 38
4.1.3 Werkwijze 40
4.1.4 Resultaat 42
4.2 Wateroverlast 44
4.2.1 Methode 44
4.2.2 Input 44
4.2.3 Werkwijze 46
4.2.4 Resultaat 49

4.3 Droogte 50
4.3.1 Methode 50
4.3.2 Input 51
4.3.4 Resultaat 53
05 Labelsysteem 55
5.4.1 Hittestress 60
5.4.2 Wateroverlast 61
5.4.3 Droogte 61
5.4.4 Samengevoegd 63
06 Klimaatadaptatie in beeld 67
6.1 Analyse 68
6.2 Uitwerking drie buurten 77
6.2.1 De Binnenstad 77
6.2.2 Bedrijventerrein De Hurk 90
6.2.3 Woonwijk Geestenberg 101
6.3 Vergelijking 113
07 Conclusies en aanbevelingen 115
08 Resultaten en discussie 121
Appendices 125
Bibliografie 125
Bijlage I 129
Bijlage II 131

VOORWOORD

Gedurende twintig weken zijn wij bezig geweest om dit verslag en bijbehorende producten op te leveren voor onze opdrachtgevers. We hebben met veel plezier gewerkt aan de opdracht door de veelzijdigheid van de inhoud en de verschillen tussen onze opleidingen. De samenwerking is erg goed verlopen waarbij we altijd op één lijn hebben gezeten.

De opdracht is een onderdeel van een veel groter project dat al meerdere jaren loopt. Er is ook een voorgaande BO geweest dat zich op andere aspecten binnen het onderwerp klimaatadaptatie richtte. Het is dan ook leuk geweest om te zien wat voor stappen de eerdere BO heeft doorgemaakt en hoe uiteindelijk alle verschillende projecten samen zullen komen. De beroepsopdracht bestaat uit twee onderdelen. Dit is voorgekomen uit de schoolcarrière van de twee studenten. Bo Floren is student Landscape Design en is voornamelijk verantwoordelijke voor de ruimtelijke analyse. Kevin Wesselink is student Geo Media & Design en is voornamelijk verantwoordelijk voor de data analyse. De twee analyses komen samen in de vorm en inhoud van het labelsysteem.

Vele mensen hebben input geleverd voor ideeën en onderbouwingen. Hiervoor willen wij speciaal Mark Terlien bedanken voor zijn begeleiding vanuit de HAS Hogeschool en Rosalie Franssen voor haar begeleiding vanuit de gemeente Eindhoven. We willen alle andere personen die ons tijdens dit traject geholpen hebben met input of op een andere wijze ook hartelijk bedanken.

Veel leesplezier gewenst.

Bo Floren & Kevin Wesselink

8 januari 2017 ’s-Hertogenbosch

SAMENVATTING

Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar klimaatadaptatie in het stedelijk gebied. Klimaatadaptatie is de mate waarin de samenleving is aangepast aan de effecten van de verwachte klimaatveranderingen. Onder de verwachte klimaatveranderingen vallen de toenemende hittestress, wateroverlast en droogte. De problemen die ontstaan door de drie onderwerpen zullen op veel steden invloed hebben. In welke mate er risico op wateroverlast, droogte en hittestress op buurt, wijk of straatniveau is daarbij relevant, omdat dit niveau klimaatadaptieve maatregelen getroffen kunnen worden. In deze studie wordt onderzocht of en hoe een labelsysteem kan bijdragen om inzicht te krijgen in deze risico's. Door een labelsysteem te ontwikkelen is het mogelijk om in één oogopslag te zien hoe klimaatbestendig de huidige situatie is. Om de hoofdvraag te beantwoorden is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden die zich voordoen om de openbare ruimte te optimaliseren ten behoeve van klimaatadaptatie op de thema's: hittestress, wateroverlast en droogte. De hoofdvraag luidt als volgt: *"Hoe wordt inhoudelijk en visueel invulling gegeven aan het labelsysteem zodat op straatniveau inzichtelijk gemaakt kan worden hoe klimaat adaptief de stad in de huidige situatie is?"*

Het doel van dit onderzoek is om erachter te komen of en hoe een labelsysteem kan worden gemaakt om de risico's op wateroverlast, droogte en hittestress in kaart te bregen. Met een prototype labelsysteem kan inzichtelijk worden gemaakt waar zich de buurten bevinden met het hoogste risico en welke maatregelen getroffen kunnen worden in de openbare ruimte om de problematiek rondom de drie eerder genoemde thema's aan te pakken. De onderzoeksvraag die daarvoor is opgesteld luidt als volgt: Hoe kan inhoudelijk en visueel invulling gegeven worden aan het labelsysteem zodat op buurtniveau inzichtelijk gemaakt kan worden hoe klimaat adaptief de stad in de huidige situatie is?

Uit onderzoek blijkt dat de problemen rondom de drie thema's zullen toenemen, voornamelijk hittestress en wateroverlast zullen schade opleveren voor bewoners. De risicogebieden hebben invloed op de leefomgeving van de bewoners en bezoekers in Eindhoven. Er is inzichtelijk gemaakt waar de problemen zich bevinden en wie er hinder van zal ondervinden. Door maatregelen te nemen in de openbare ruimte zal een bijdrage geleverd worden aan het klimaatbestendiger maken van de buurten, wat ten goede komt van de leefbaarheid.

Aan de hand van de 'Klimaatbestendigheid in kaart', de data analyse, is de bestaande situatie van de stad in kaart gebracht op basis van actuele data. Op basis van die resultaten zal het labelsysteem ingevuld worden. Daar zijn een aantal verschillende kaarten voor ontwikkeld die samen de uiteindelijke kaart vormen, dit zijn hittestresskaart, wateroverlastkaart en droogtekaart deze zullen tezamen de uiteindelijke kaart vormen. De buurten zijn onderverdeeld in vijf klassen die de labels A tot en met E voor het labelsysteem zullen vormen.

Naast de data analyse bestaat de rapportage ook uit 'Klimaatadaptatie in beeld', de ruimtelijke analyse. Daarin wordt de groei van de stad Eindhoven beschreven met de ontwikkeling van de buurten. De buurten hebben eigen kenmerken die invloed hebben op de problemen die zich voordoen. Vervolgens zijn drie buurten, de Hurk, de binnenstad en Geestenberg, nader toegelicht waarin de meest kansrijke mogelijkheden om een hittestress, wateroverlast of droogte aan te pakken in de openbare ruimte zijn uitgewerkt. Op basis van het labelsysteem is te zien hoe buurten uit een specifiek label er ruimtelijk gezien uitzien. De maatregelen zijn universeel en kunnen op meerdere plekken worden toegepast. Op basis daarvan kan geconcludeerd worden dat de openbare ruimte de nodige veranderingen zal moeten ondergaan ten behoeve van klimaatadaptatie.

Uit de analyses uit klimaatbestendigheid in kaart en klimaatadaptatie in beeld blijkt dat het maken van een labelsysteem mogelijk is waardoor in één oogopslag te zien waar zich de buurten met het grootste risico zich bevinden.

01 / Inleiding

De afgelopen jaren is steeds meer aandacht gegeven aan het onderwerp klimaatadaptatie vanwege de gevolgen die het zal hebben voor iedereen. De problemen zullen financiële gevolgen hebben waardoor het mensen aanspreekt om in actie te komen. Er zijn verschillende onderzoeken gedaan naar de invloed van de klimaatveranderingen in het stedelijk gebied. De vertaalslag die gemaakt zal worden is om uit te zoeken waar de problemen zich bevinden in een buurt en welke maatregelen er getroffen moeten worden in de openbare ruimte om klimaatbestendiger te worden. Gezien de relevantie van het onderwerp, de deskundigen op het gebied van klimaatadaptatie en het aantal onderzoek is er voldoende informatie beschikbaar om het onderzoek af te kunnen ronden. Klimaatbestendigheid laat zien hoe de huidige situatie om kan gaan met de klimaatverandering. Klimaatadaptatie geeft het proces weer hoe de samenleving omgaat met de verwachte klimaatverandering.

Het kenniscentrum Natuur en Leefomgeving is gestart met een project ten behoeve van klimaatadaptatie in de stad gezien de noodzaak van het onderwerp. Over enkele tientallen jaren woont het merendeel van de bevolking in het stedelijk gebied. Die groei in het stedelijk gebied zal zijn invloed hebben op het milieu. De ontwikkelingen zorgen ervoor dat steden duurzamer moeten omgaan met de problemen die er spelen rondom de thema's: hittestress, wateroverlast en droogte.

Voor de stadsbestuurders is het van belang om in een oogopslag te kunnen zien waar grootste problemen zich voordoen op het gebied van klimaatbestendigheid. Om aan die wens te voldoen zal een labelsysteem worden ontwikkeld. Voor dit onderzoek is onderzocht waar de risicogebieden op buurtniveau zich bevinden in Eindhoven rondom de drie eerder genoemde thema's. Er is gekozen om het onderzoek op buurtniveau uit te voeren omdat een lager schaalniveau onoverzichtelijk zou zijn voor besluitvormers en wethouders. Buurten met het grootste risico zijn buurten die het minst klimaatbestendig zijn. Tevens zorgt het buurtniveau ervoor dat het labelsysteem gebruikt kan worden voor de dagelijkse werkzaamheden. Daaruit zal blijken welke gebieden beter om moeten gaan met klimaatadaptatie en de problemen die er spelen. Voorafgaand aan de beroepsopdracht is een klimaattoets ontwikkeld die doorontwikkeld zal worden door het consortium. Deze wordt gebruikt om enkele voorbeelden van maatregelen toe te passen.

De resultaten van het onderzoek naar de klimaatbestendigheid van Eindhoven zijn van belang voor onder andere de Gemeente Eindhoven maar ook andere betrokken partijen van het consortium met verschillende kennisinstellingen, commerciële bedrijven en diverse Brabantse gemeenten. De doelgroep van dit rapport bestaat dan ook uit deze betrokken partijen. Het rapport dient ter ondersteuning van medewerkers die het onderwerp onder de aandacht willen brengen bij wethouders en bestuurders.

Het onderzoek zal aantonen waar de risicogebieden rondom de hittestress, wateroverlast en droogte zich bevinden in de stad op basis van data analyse en ruimtelijke analyse. Daarnaast wordt gekeken welke maatregelen genomen kunnen worden voor een klimaatbestendigere inrichting. Op die wijze kan het labelsysteem ontwikkeld worden zodat op buurtniveau inzichtelijk gemaakt kan worden hoe klimaat adaptief een stad is op basis van de huidige situatie.

Gedurende het onderzoek zal op verschillende manieren informatie worden vergaard. Tijdens bijeenkomsten van het consortium zullen inhoudelijke presentaties gegeven worden. Daarnaast bieden de bijeenkomsten ook de gelegenheid om met gebiedsontwikkelaars in gesprek te gaan, zowel van commerciële partijen als overheidsinstellingen. Daarnaast is er begeleiding van verschillende personen van de Gemeente Eindhoven en staat er een projectteam van de HAS Hogeschool ter beschikking. Naar mate het onderzoek is gevorderd zullen de studenten presentaties geven waar reactie van het consortium zal zijn.

In dit onderzoek zal eerst ingegaan worden op het thema klimaatadaptatie. In het eerste hoofdstuk zal informatie verschaft worden over het onderwerp. Ook zal de openbare ruimte aan het licht komen, zo zal beschreven worden hoe de openbare ruimte is opgebouwd, welke systemen er zijn voor het functioneren van de openbare ruimte en waar maatregelen getroffen kunnen worden in de openbare ruimte. Het bovenstaande dient antwoord te geven op de eerste deelvraag 'Welke criteria zijn van belang voor de gemeente Eindhoven en het Consortium om een labelsysteem voor klimaatadaptatie te creëren? Door deze criteria in beeld te krijgen kan invulling gegeven worden aan het labelsysteem.' Dit alles om te kunnen bepalen hoe de openbare ruimte kan bijdragen aan het klimaatbestendiger maken van het stedelijk gebied.

In het tweede hoofdstuk zal de data analyse beschreven worden. Welk model en welke data is gebruik om de kaarten te kunnen produceren. Vervolgens zal ingegaan worden op de drie thema's: hittestress, wateroverlast en droogte. Dit hoofdstuk geeft antwoord op de tweede deelvraag; 'Welke eisen zijn er voor het labelsysteem zodat deze niet alleen toepasbaar is voor de gemeente Eindhoven maar ook voor andere gemeentes? Door aan te geven welke data en methodes er gebruikt zijn kan iedere gemeente dezelfde methodiek gebruiken mits de juiste data beschikbaar is.'.

In het derde hoofdstuk wordt het ontwerp en positionering van het labelsysteem besproken. Er wordt uitgelegd waarvoor het labelsysteem ingezet kan worden en door wie. Het ontwerp is gemaakt aan de hand van bekende voorbeelden zoals het energielabel. Dit hoofdstuk geeft antwoord op de derde deelvraag; 'Hoe ziet het labelsysteem er inhoudelijk en visueel uit?'.

In het daaropvolgende hoofdstuk zal een ruimtelijke analyse worden beschreven. Het labelsysteem zal op buurtniveau ontwikkelt worden, om die reden zijn alle buurten in Eindhoven benoemd met kenmerken en wijktypologie. Hoe zijn de buurten ontstaan en welke kenmerken hebben de buurten. Vervolgens zullen drie buurten worden uitgewerkt met klimaat adaptieve maatregelen in de openbare ruimte. Dit hoofdstuk geeft ook antwoord op de derde deelvraag die hierboven genoemd is. Vervolgens worden de buurten vergeleken op hoe ze van elkaar verschillen. In het laatste inhoudelijke hoofdstuk zullen de conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan voor de toekomst. Dit hoofdstuk zal antwoord geven op de hoofdvraag; 'Hoe wordt inhoudelijk en visueel invulling gegeven aan het labelsysteem zodat op straatniveau inzichtelijk gemaakt kan worden hoe klimaat adaptief de stad in de huidige situatie is?'.

02 / Materialen en methoden

Om het onderzoek af te kunnen ronden en beschikbaar te stellen voor de andere gemeenten van het consortium zal beschreven worden welke materialen en methoden er gebruikt zijn. Wanneer de materialen en methoden beschikbaar zijn moet het voor de overige partijen mogelijk zijn om een zelfde onderzoek uit te voeren.

Gedurende de start van het onderzoek zijn verschillende methoden toegepast voor het verzamelen van data. Om het onderwerp 'klimaatadaptatie' in de vingers te krijgen is gestart met de deskresearch vanuit een breed perspectief en is gezocht naar relevante artikelen en eerder verrichte onderzoeken. De literatuurstudie heeft de maatschappelijke relevantie van het onderwerp laten blijken en heeft inzicht gegeven hoe het labelsysteem eruit zou gaan zien. Uit de deskresearch is naar voren gekomen naar welke punten gekeken moet worden, welke data nodig is en hoe de openbare ruimte kan bijdragen aan klimaatadaptatie in de stad.

Na de deskresearch is de opgedane kennis verwerkt en vertaald naar de producten. De data laat in ArcMap GIS zien wat de huidige situatie is en hoe de data gecombineerd kan worden om tot nieuwe inzichten te komen. Ook is het de aanzet geweest voor het filteren van de buurten die zijn uitgewerkt. Tijdens veldonderzoek zijn de buurten bekeken. Door middel van observatie en monitoring is onderzocht welke kansen en knelpunten liggen in de openbare ruimte. Maar ook hoe de buurten zijn opgebouwd, welke kenmerken zij hebben en wat de invloed is op hittestress, wateroverlast en droogte.

Vervolgens hebben verschillende bijeenkomsten met het consortium de mogelijkheid geboden om de resultaten voor te leggen en in discussie te gaan met deskundigen. Tijdens die fase is kritisch gekeken naar de resultaten. Aan de hand van de kritische feedback zijn verbeteringen toegepast en andere inzichten vergaard. De uitkomsten van de deskresearch, veldonderzoek, discussies met deskundigen zijn vertaald naar het eindproduct.

03 / Randvoorwaarden van de openbare ruimte

3.1 KLIMAATADAPTATIE

Door de weersomstandigheden in de wereld en zeker ook in Nederland wordt klimaatadaptatie op dit moment voor iedereen als noodzakelijk gezien. Waar het voorheen 'een ver van het bed show' was heeft het nu een hogere prioriteit. Mensen ervaren nu de extreme buien en de schade en overlast die dat met zich mee brengt. Ook de tempraturen die oplopen hebben negatieve gevolgen voor de mens. Op die manier wordt iedereen met het probleem geconfronteerd. (Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie, 2017)

Om niet nog meer hinder te ondervinden van de veranderingen en ze niet te verergeren is het met het oog op de toekomst nodig om onder andere de openbare ruimte klimaatbestendig in te richten of her in te richten. Het probleem is echter niet per stad of gemeente op te lossen, er zal grootschalig samengewerkt moeten worden om klimaatverandering aan te pakken. De laatste jaren zijn steden en gemeenten bezig met het verzamelen van data betreft het klimaat en de verandering daarvan. Data vanuit het verleden, heden en de toekomst brengt in kaart welke verandering plaats heeft gevonden. Daaruit is op te maken welke invloed het klimaat heeft gehad op de huidige situatie, waar de kwetsbare gebieden zich bevinden. Dit wordt allemaal mee genomen bij het maken van beleid en wanneer de leefgebieden ingericht of heringericht dienen te worden. Daarbij zal ook ingespeeld moeten worden op de toekomst en de extremere gevolgen. Om een voorbeeld te geven; er zal ingericht moeten worden op een bui die in 2050 kan vallen in plaats van een bui die in 2017 of 2018 zal vallen. Op die manier kan er klimaatadaptiever worden ingericht waardoor de leefomgeving duurzamer zal worden. (Burgers, 2017) (VROM, 2010) (Synergos Communicatie, 2014)

De thema's waar in deze rapportage naar worden gekeken zijn: wateroverlast, hittestress en droogte. De thema's zijn voorgesteld door de gemeente Eindhoven omdat zij inschatten dat deze de meeste problemen zullen veroorzaken in de toekomst. Deze zullen hieronder worden beschreven en zullen verweven zijn door de rest van het verslag.

3.1.1 Wateroverlast

Door de klimaatverandering veranderd onder andere het neerslagpatroon, de pieken worden heviger. Dat kan ervoor zorgen dat Nederland te maken krijgt met overstromingen door de extremere buien. De wateroverlast zorgt ervoor dat in de stad straten langer onder water staan.

Het gegeven is dat er meer neerslag zal vallen daar zal mee omgegaan moeten worden. Door meer oppervlakte groen aan te leggen zal het water sneller infiltreren in de bodem en zal niet direct afgevoerd moeten worden waardoor problemen bij 'het verzamelpunt' ontstaan. In de huidige situatie is het merendeel van de stad verhard waardoor al het regenwater wel direct wordt afgevoerd.

Alle maatregelen kosten geld, echter wanneer er geen maatregelen genomen zouden worden zullen de financiële gevolgen nog groter zijn. Ook de kwaliteit en oppervlakte van de omgeving zullen daar onder lijden. (Spitz, 2014) (Welvaart en Leefomgeving, 2015)

3.1.2 Hittestress

Eén van de meest besproken gevolgen van klimaatadaptatie is hittestress. Als temperaturen boven een bepaalde waarde komen dan leidt dit tot hittestress, deze waarde is afhankelijk van omgevings- en persoonlijke factoren. Hittestress kan leiden slaapgebrek, gedragsverandering, en een verminderde arbeidsproductiviteit. Daarnaast zijn er serieuze gezondheidsproblemen te herleiden naar hittestress zoals; huiduitslag, krampen, oververmoeidheid, beroertes, nierfalen en ademhalingsproblemen. Tijdens hittegolven nemen bezoeken aan het ziekenhuis en sterfte beduidend toe. In Nederland stijgt het sterfteaantal met 12% tijdens een hittegolf. De doelgroep die hierdoor het zwaarst getroffen wordt betreft ouderen en chronisch zieken. (Rovers, sd)

Het KNMI in Nederland voorspelt dat hittegolven een vaker voorkomend probleem gaan worden. In steden ligt de temperatuur gemiddeld 5 graden Celsius hoger dan in de omgeving. (KNMI.nl, sd) Als algemene maatregel wordt meer groen en water in de stad genoemd. 10% meer groen in een wijk zal ter plaatse al leiden tot een daling van 0,6 graden Celsius. (DeOpenbareRuimte, 2016)

Dat de hitte in steden meer toeneemt dan in de omgeving komt door het zogenaamde Urban Heat Island effect (UHI). Doordat mensen zo dicht op elkaar wonen komt er meer hitte vrij die door de bebouwing langer blijft hangen. (Memon, 2008) Het UHI-effect wordt versterkt door de wereldwijde verstedelijking, mensen van het platteland trekken steeds meer naar steden toe om te gaan wonen en werken.

3.1.3 Droogte

Periodes van langdurige droogte komen in Nederland weinig voor en leiden ook zelden tot ernstige droogte. Droogte ontstaat door de verdamping van vocht. Klimaatverandering heeft hier effect op doordat het warmer wordt en er sneller vocht verdampt. De verdamping vindt plaats via bomen en planten die water uit de grond opnemen. (Kennis en data , sd)

Ook bij droogte is groen in steden van essentieel belang. Groen zorgt voor een betere doorlaatbaarheid van water naar de ondergrond dan asfalt of andere verharding. Daarbij helpt niet dat de insteek van veel steden altijd is geweest om water zo snel mogelijk af te voeren, voornamelijk via het riool. Droogte in de ondergrond kan schade aan gebouwen als gevolg hebben door bijvoorbeeld verzakking of rot aan houten funderingspalen. Oplossingen voor steden is dus om meer waterdoorlatend oppervlak in te richten, lekkende riolen te vervangen of herstellen en om overtollig regenwater te hergebruiken (NB, sd).

3.2 BELANG VAN DE OPENBARE RUIMTE

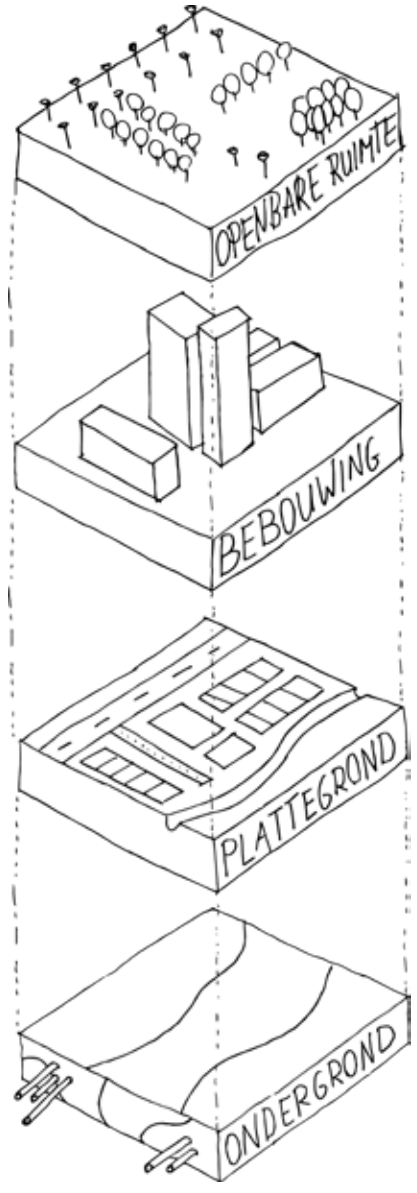
Als men zich aan wil passen aan de klimaatverandering dienen er klimaatadaptieve maatregelen genomen te worden. De maatregelen zullen genomen moeten worden in de openbare ruimte daarom is het van belang om de opbouw van de openbare ruimte te begrijpen. Wanneer men het over het stedelijke gebied heeft, spreekt men vaak over de hoeveelheid en de massa van bebouwing. Naast de bebouwing is er een hoop openbare 'onbebouwde' ruimte. De openbare ruimte biedt plaats aan wegen en straten, pleinen en parken, plantsoenen en waterlopen. Het neemt dus een groot deel van het stedelijk gebied in beslag. Als een stad klimaatadaptiever wil worden is het van belang om te weten waar zich de problemen op dat gebied bevinden in de openbare ruimte, waar ruimte is in de openbare ruimte en hoe de openbare ruimte is opgebouwd om de inrichting aan te kunnen passen, in **figuur 1** is daar een schematische weergave van gemaakt.

De openbare ruimte neemt niet voor niets zoveel grondgebruik in. Zonder de openbare ruimte is het voor steden niet mogelijk om te functioneren. De openbare ruimte zorgt er onder andere voor dat gebouwen toegankelijk zijn en dat er plaats is voor verkeer. Maar de openbare ruimte biedt ook plaats voor de water- en groenvoorziening, kabels en leidingen. Op het gebied van klimaatadaptatie zal ingespeeld en rekening mee gehouden moeten worden. Afhankelijk van de oppervlakte, materiaalgebruik, hoogteverschillen en reliëf kunnen toekomstgerichte maatregelen of aanpassingen getroffen worden. De maat

van aanwezigheid van die factoren speelt in op de beleving en het gebruik van mensen van een stad of straat. Iedere tijdsperiode is verschillend als het gaat om de aanwezigheid van de eerder genoemde factoren. De structurering, maatvoering, vormgeving, inrichting en materialisering zijn daarbij van belang. Door de verschillende factoren te combineren ontstaat er een functionele esthetische verantwoorde openbare ruimte.

Bij het ontwerp van de openbare ruimte gaat het vooral om het functioneel combineren van wensen en eisen van de gebruikers. De openbare ruimte moet voorzien in de behoefte die gebruikers hebben. De bedoeling is om de openbare ruimte zolang mogelijk te laten functioneren terwijl er veranderingen gebeuren, niet door het steeds opnieuw aan te passen maar door vooraf in te spelen waardoor de veranderingen geabsorbeerd worden. Dit kan een insteek zijn voor nieuwe wijken, echter zijn de kaders vaak al bepaald in een stad waardoor gekeken dient te worden waar de mogelijkheden tot verbetering liggen.

De openbare ruimte in het stedelijk gebied heeft kent verschillende functies. Maar iedere plek heeft een specifiek doel maar kan bijdragen aan een ander doel. Straten en wegen zorgen voornamelijk voor de voortgang van het verkeer maar bieden ook uitkomst aan de afvoer van regenwater en bij piekbuien voor kortstondige waterberging. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (Koning, Goossen, & Drost, 2004) (HvA, 2016)



Figuur 1: Schematische weergave hoe de openbare ruimte is opgebouwd

3.3 STRUCTUUR VAN DE OPENBARE RUIMTE

Als de openbare ruimte aangepast zal worden ten behoeve van klimaat adaptatie is het van belang om te weten hoe de openbare ruimte gebruikt wordt. De openbare ruimte wordt gevormd door drie belangrijke structuren: de groenstructuur, de waterstructuur en de verkeersstructuur dat geldt voor vrijwel alle steden, in de volgende paragrafen wordt Eindhoven als voorbeeld gebruikt. De openbare ruimte biedt plaats aan algemene behoeftes waarin de gebruikers voorzien willen worden. Voornamelijk hele praktische functies als de ruimte voor verkeer, ondergrondse netwerken zoals kabels en leidingen, water afvoer en andere voorzieningen. In de loop der jaren zijn inzichten veranderd en verder ontwikkelt waardoor de openbare ruimte ook voor recreatie, natuurbeheer, ecologie en klimaatadaptatie wordt ingezet. Door de samenvoegingen van de aanwezige factoren zijn niet alleen landschapsarchitecten de inrichters van de openbare ruimte. Ook de stedenbouwkundigen vertolken hierbij een belangrijke rol. Ecologen, milieudeskundigen, riool- en waterbeheerders, verkeerskundigen en bewoners bepalen tevens mee hoe de openbare ruimte er uit komt te zien en hoe deze gebruikt zal worden. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (HvA, 2016) (Kluck, Jeroen, 2017)

3.3.1 Groen

Het stedelijk gebied kent verschillende soorten groen in de openbare ruimte. Het groen in de stad bestaat uit verschillende typen openbare ruimte. In de stad bevinden zich: lanen, beplante straten, plantsoenen, parken, bermen, tuinen, groene pleinen, natuur- en bosgebieden maar ook natuurlijke oevers die een overlap hebben met het water. In **figuur 2** is daarvan een schematische weergave te zien van de situatie van Eindhoven. Daarnaast zijn er in een stad ook semiopenbare plekken te vinden waar niet direct invloed op uitgeoefend kan worden maar die wel bijdragen aan het klimaatadaptatie. Voetbalvelden en dergelijk dragen bij aan klimaatadaptatie in het stedelijk gebied maar bevinden zich in de semiopenbare ruimte. Ook begraafplaatsen zijn semi-openbaar echter biedt het geen mogelijkheid voor waterberging maar draagt het wel bij om de hitte-stress aan te pakken. Eindhoven ligt ingebed in natuurgebieden die bijdragen aan het hele systeem, enkele groene delen van de natuurgebieden worden tot in de stad doorgetrokken. De onderbreking van bebouwing heeft een positieve uitwerking op het gebied van klimaatbestendigheid. Een belangrijke kanttekening om te maken is dat er onderscheid in groen te maken is tussen: gemeentelijk eigendom en niet-gemeentelijk eigendom. Betreft de functionaliteit verschillen ze echter niet veel van elkaar maar het grote verschil is dat de gemeente Eindhoven in de niet-gemeentelijke eigendommen niet op eigen initiatief kan ingrijpen. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (Synergos Communicatie, 2014) (HvA, 2016)

Figuur 2 Schematische weergave van groen in de stad Eindhoven

3.3.2 Water

Gezien de ligging van Eindhoven speelt water een belangrijke rol. In Nederland is verhouding land en water enorm veranderd met name de wijze waarop het stedelijk gebied te maken heeft met water is veranderd. De Dommel speelt een belangrijke rol in de omgeving van Eindhoven, de Dommel is in het buiten gebied te vinden maar stroomt ook door de stad heen. **Figuur 3** is daarvan een schematische weergave te zien. Het gaat daarbij om het beeld en problematiek die het oplost of veroorzaakt wordt zoals schade door wateroverlast. De toenemende hoeveelheid neerslag door de klimaatverandering heeft invloed op het ondervinden van wateroverlast gehad. Gedurende de inrichting van de openbare ruimte zal als eerst de aanwezigheid van water invloed hebben zoals grachten en singels. Er zal ook rekening gehouden moeten worden tijdens de inrichting met waterafvoer en waterberging. Vanwege de variabele neerslag zullen bepaalde gebieden ingericht moeten worden als tijdelijke voorziening, bijvoorbeeld waterberging gedurende piekbuien in de vorm van wadi's. Doordat de openbare ruimte steeds meer verhard is in de loop der jaren is er meer regenwater af te voeren dat voorheen kon infiltreren. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (Synergos Communicatie, 2014)

Figuur 3 Schematische weergave van water in de stad Eindhoven

3.3.3 Verkeer

Naast dat het openbare domein ruimte biedt aan natuur en water en zo de functie heeft om water te bergen en af te voeren, heeft het ook een ecologische functie en creëert het een prettige leefomgeving. Echter heeft de openbare ruimte nog een belangrijke functie en dat is het bereikbaar maken van de leefomgeving en het verbinden van plekken, gebieden en gebouwen. Door de aanwezigheid van snelwegen, straten, fiets- en wandelpaden maar ook spoorlijnen maakt de openbare ruimte het mogelijk dat mensen zich kunnen verplaatsen over grote en kleine afstanden. In **figuur 4** is een schematische weergave van de belangrijkste wegen in Eindhoven te zien. In de loop der tijd zijn er steeds meer voertuigen gekomen waardoor de verkeersdruk al maar toeneemt met de daarbij behorende klimaatvervuilende bijwerkingen. De toenemende mate van aanwezigheid van de auto zorgt ervoor dat er innovatieve oplossingen gevonden moeten worden om dat probleem op te lossen. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (Kluck, Jeroen, 2017)

Figuur 4 Schematische weergave van belangrijke verkeersaders in en rondom Eindhoven

3.4 ONDERDELEN VAN DE OPENBARE RUIMTE

De openbare ruimte is opgebouwd uit verschillende onderdelen die functioneren om te voorzien in de behoefte van de gebruikers. Door maatregelen te nemen en die onderdelen aan te passen kan een stad klimaatadaptiever worden ingericht.

3.4.1 Pleinen

Pleinen vormen de belangrijkste ontmoetingsplaatsen in de stad. De eerste pleinen hebben hun vorm te danken aan de functie uit het verleden met de daarbij horende gebouwen zoals stadhuizen en kerken. Een plein is simpelweg een open of lege vlakte tussen de bebouwing waar in het verleden vooral markten plaats hebben gevonden en waar dat in de huidige tijd nog steeds gebeurd. In de loop der jaren zijn er verschillende type pleinen ontstaan. Door de opkomst van trein- en autoverkeer ontstonden verkeerspleinen in de stad op het punt waar belangrijke wegen en winkelstraten samen komen. Een ander type is het aankomstplein als entree naar de stad. Vooral bij nieuwe stadswijken of brug aanlandingen en dergelijke werden aankomstpleinen gerealiseerd. Een variatie op het aankomstplein is het stationsplein dat als entree voor het stationsgebouw fungeert. Later is men pleinen gaan ontwerpen en in gaan passen in de stad waar de bewoners de rust van de stad konden ervaren, pleinen die autovrij waren en waar geen wegen bij elkaar komen. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (HvA, 2016)

3.4.2 Straten

Een straat fungeert als meestal doorgaande verbinding in de stad waaraan winkels, woningen en bedrijven gelegen liggen. Het profiel per straat kan verschillen. Vrijwel iedere straat is van gevel tot gevel verhard en heeft minstens één rijbaan, afhankelijk van de opzet kunnen dat er ook twee zijn. Daarnaast kunnen er zich parkeerstroken aan één kant bevinden, aan twee kanten of juist helemaal ontbreken. Het verschil van profielen hangt nauw samen met de periode waarin de straat is ontworpen en aangelegd. Het gebruik is in de loop der jaren veranderd, ook de opkomst van de auto speelt bij de ontwikkeling van straten een belangrijke rol. Vaak kan gezegd worden, hoe jonger de stadsuitbreiding hoe meer rekening gehouden is met gemotoriseerd verkeer. Ook is de materialisering mee veranderd met de behoefte verschuiving. Verharding zorgden ervoor dat de straten bruikbaarder werden voor verkeer in tegenstelling tot onverharde wegen. Als bijkomend voordeel kon er bijvoorbeeld sneller water worden afgevoerd in plaats van dat dit in de straat stil bleef staan. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (HvA, 2016)

Net zoals de verschillende type pleinen zijn ook de straten te onderscheiden. Er zijn straten ingericht op het gebruik van de auto maar steeds vaker worden auto's vooral gemeden. Terug naar het begin van de straten, echter met een andere bedoeling. Iedere verkeersdeelnemer kreeg zijn eigen zone in de straat: een voetgangerszone, een zone voor fietsers en het gemotoriseerde verkeer een eigen prominente zone. De functie van straten in het centrum is in de loop der jaren herzien. Daarbij is de binnenstad autovrij gemaakt en vormt het autovrije gebied het belangrijkste winkelgebied in de stad. In een woonwijk is het bijna onmogelijk de auto geheel te weren omdat bijna iedere bewoner de beschikking heeft over een auto, door auto anders te parkeren dan in een straat ontstaan er wel straten met minimaal autogebruik. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (Kluck, Jeroen, 2017)

3.4.3 Lanen

Een laan wordt vrijwel altijd gekenmerkt door de aanwezigheid van groenstroken en rijen bomen in tegenstelling tot de straat. Een laan kan een stedelijk karakter hebben maar kan zich ook in het buitengebied bevinden. Gedurende de tuinstadbeweging werd de laan opgenomen in het stedenbouwkundig ontwerp. De invulling werd daarbij nauwkeurig bepaald, de afmetingen van voetpaden en rijwegen maar ook groenstroken, bomen en voortuinen. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (Kluck, Jeroen, 2017)

3.4.4 Parken

Stadsparken hebben verschillende functies. Naast dat mensen van groen kunnen genieten, draagt het bij aan de ecologie in de stad en hebben parken een sociaal component. Er worden evenementen georganiseerd en mensen kunnen elkaar ontmoeten. Het park heeft dus veel verschillende waarde en een belangrijk onderdeel van de openbare ruimte. Ook voor de parken geldt dat er verschillende type parken zijn met verschillende functies en vormgeving. Zo zijn er wandelparken die ideaal is voor groenbeleving met slingerende paden om gedachten te verzetten met verschillende zichten. Vaak zijn de karakteristieken al ouder en hebben de bomen een beschermende status. Door de succesvolle 'formule' worden nog steeds parken met dezelfde gedacht aangelegd. Naast de wandelparken bestaan er ook volksparken waar de nadruk meer ligt op de activiteiten voor de bezoekers. De volksparken hebben een andere inrichting dan de wandelparken en zijn dan ook niet ontworpen in Engelse landschapsstijl. Ook zijn er 'groene pleinen' in plaats van een verhard plein is er gazon aangelegd waardoor bezoekers eerder geneigd zijn om voor langere tijd op die plek te verblijven en bijvoorbeeld te liggen dan op een plein van steen. (Meyer, Jong, & Hoekstra, 2006) (Synergos Communicatie, 2014)
De onderdelen van de openbare ruimte vormen de wijken. Iedere wijk heeft zijn eigen kenmerken en elk onderdeel heeft zijn eigen variaties, types en materialisering.

04/ Klimaat-bestendigheid in kaart

De technische analyse tracht om met behulp van data dat afkomstig is uit openbare bronnen of van de opdrachtgever om een risicokaart op het gebied van klimaatbestendigheid te maken. Hiervoor zijn de drie verschillende onderwerpen, hittestress, wateroverlast en droogte, in aparte modellen verwerkt die uiteindelijk een gezamenlijk beeld moeten vormen. Voor de technische analyse is software van ESRI gebruikt, met name ArcMap. Er is een model gemaakt dat opgeleverd wordt aan de opdrachtgever. Dit model kan aangepast, verspreid en hergebruikt worden. Ook is er gebruikt gemaakt van de extensie 'Spatial Analyst'.

De technische analyse geeft antwoord op de tweede deelvraag van het project die als volgt luidt:

'Welke eisen zijn er voor het labelsysteem zodat deze niet alleen toepasbaar is voor de gemeente Eindhoven maar ook voor andere gemeentes? Door aan te geven welke data en methode gebruikt is kan iedere gemeente dezelfde methodiek gebruiken mits de juiste data beschikbaar is.

De drie onderwerpen worden apart behandeld. Voor elk onderwerp wordt de gebruikte data beschreven tezamen met de gebruikte methodiek. Het technische model zal digitaal opgeleverd worden en GIS-experts van de gemeente zullen hier verder mee kunnen werken.

	Naam	Formaat	Eigenaar	Actualiteit
Water	Wateroppervlaktes	Shapefile	Gemeente Eindhoven	2017
	Bui10	Shapefile	Gemeente Eindhoven	2017
	Bui100	Shapefile	Gemeente Eindhoven	2017
	Vegetatie	Shapefile	Gemeente Eindhoven	2017
	Landgebruik	Shapefile	Gemeente Eindhoven	2017
Droogte	Neerslag	Shapefile	Gemeente Eindhoven	2017
	Algemeen laagste grondwaterstand t.o.v. maaiveld	AAIGrid	Gemeente Eindhoven	2014
	Bebouwing	Geodatabase	ZBO Kadaster	2017
	Verharding	Geodatabase	ZBO Kadaster	2015
Hittestress	Luchttemperatuur 2014	Geodatabase	Tauw	2017
	Luchttemperatuur 2050	Geodatabase	Tauw	2017
	Gevoelstemperatuur 2014	Geodatabase	Tauw	2017
	Gevoelstemperatuur 2050	Geodatabase	Tauw	2017
	Gemeente, wijk- en buurtkaart	Shapefile	CBS	2016

Figuur 5: Tabel met gebruikte data

In de **figuur 5** zijn de verzamelde databronnen weergegeven. De tabel is gesorteerd op de drie onderwerpen waarnaar het klimaatlabel gemeten wordt; wateroverlast, droogte en hittestress.. Enkele bronnen zijn gebruikt als verduidelijkingsmiddelen om een goed beeld van het plangebied te krijgen. Per onderwerp worden de databronnen die daadwerkelijk in de analyse gebruikt zijn toegelicht.

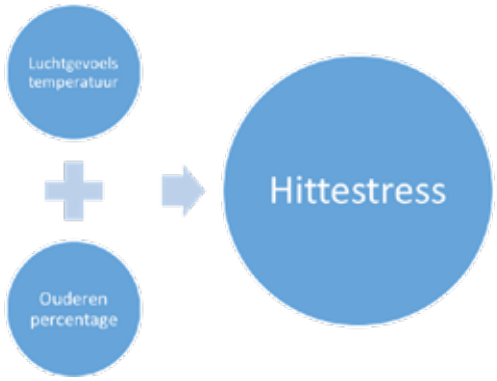
4.1 HITTESTRESS

Hittestress is een lastig te definiëren begrip. Er zijn veel verschillende opvattingen en onderzoeken gedaan maar er is niet één duidelijke conclusie getrokken over de definitie. Binnen dit onderzoek is hittestress gelinkt aan de gezondheid van mensen. Dit omdat in veel verschillende onderzoeken naar voren komt dat gezondheid er op achteruit gaat bij een toename van hittestress. Het doel is dus om de hittestress voor de doelgroep van vijfenzestigplussers in kaart te brengen. vijfenzestigplussers, ofwel ouderen, zijn door het TNO gedefinieerd als de belangrijkste doelgroep die het meest last hebben van hittestress.

4.1.1 Methode

Om een labelsysteem op het gebied van hittestress in te richten is er rekening gehouden met een tweetal factoren. De invloed van de omgeving op de temperatuur, deze is uitgedrukt in een aantal kaarten gemaakt door Tauw. Daarnaast is er rekening gehouden met de aanwezigheid van de zorggroep, oftewel 65 plussers.

Het doel van de kaart is om niet alleen op basis van temperaturen een risico inschatting te maken maar de temperaturen te combineren met data over degene die het meeste last hebben van de gevolgen van hittestress. Deze combinatie geeft een kaart waarin niet alleen de hoogste temperaturen plaatsvinden maar ook de grootste concentratie van de doelgroep aanwezig is en dus het meest risico lopen.



Figuur 6: Hittestress schematisch

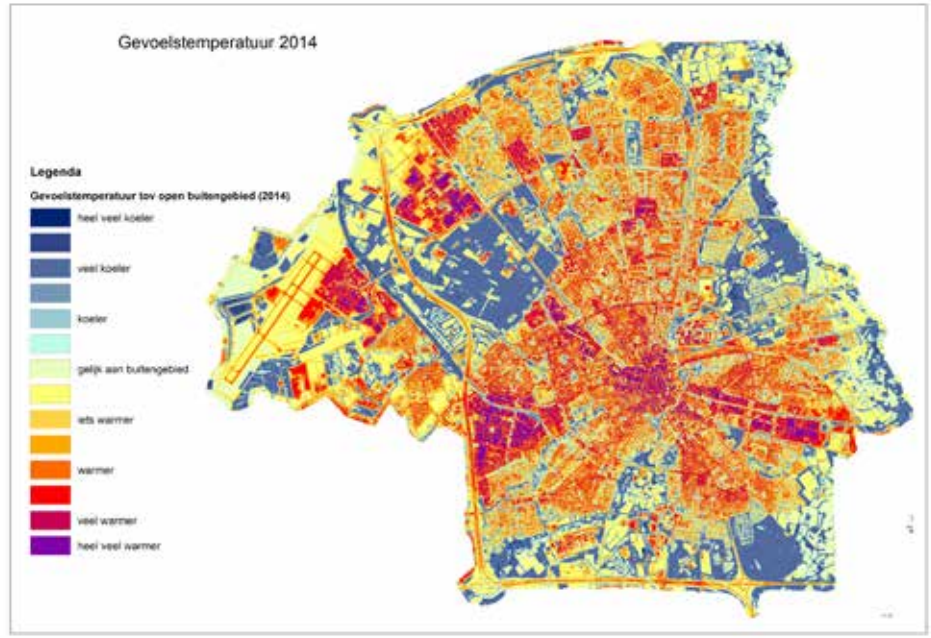
In **figuur 6** is schematisch weergegeven hoe de hittestress kaart opgebouwd wordt. Er zullen een aantal bewerkingen plaats vinden die onder het kopje werkwijze uitgelegd staan.

4.1.2 Input

Voor de stad Eindhoven zijn een aantal verschillende hittestresskaarten gemaakt door ingenieursbureau Tauw. Er zijn in totaal vier kaarten opgeleverd die een huidig scenario en een toekomstig scenario verbeelden op het gebied van gevoelstemperatuur en luchttemperatuur. Het huidige scenario betreft meetgegevens van 2014 waar vervolgens verschillende modellen op zijn losgelaten zodat de hittestress in de stad Eindhoven zichtbaar wordt. Deze factoren zijn bijvoorbeeld groen, verharding en hoogte van gebouwen.

Er is een groot verschil tussen lucht- en gevoelstemperatuur. Luchttemperatuur is de daadwerkelijk gemeten temperatuur. Gevoelstemperatuur speelt in op wat de mens daadwerkelijk voelt. Deze temperaturen kunnen verschillen door factoren als schaduw en wind. Gevoelstemperatuur is dus alleen van toepassing op levende organismen en niet op huizen, machines enz. (KNMI, sd) Het verschil is belangrijk om te maken omdat hittestress opgedeeld kan worden in verschillende soorten. Eén van de belangrijkste gevolgen die in verband met hittestress wordt gelegd is een toename van sterfte onder ouderen. (TNO, sd)

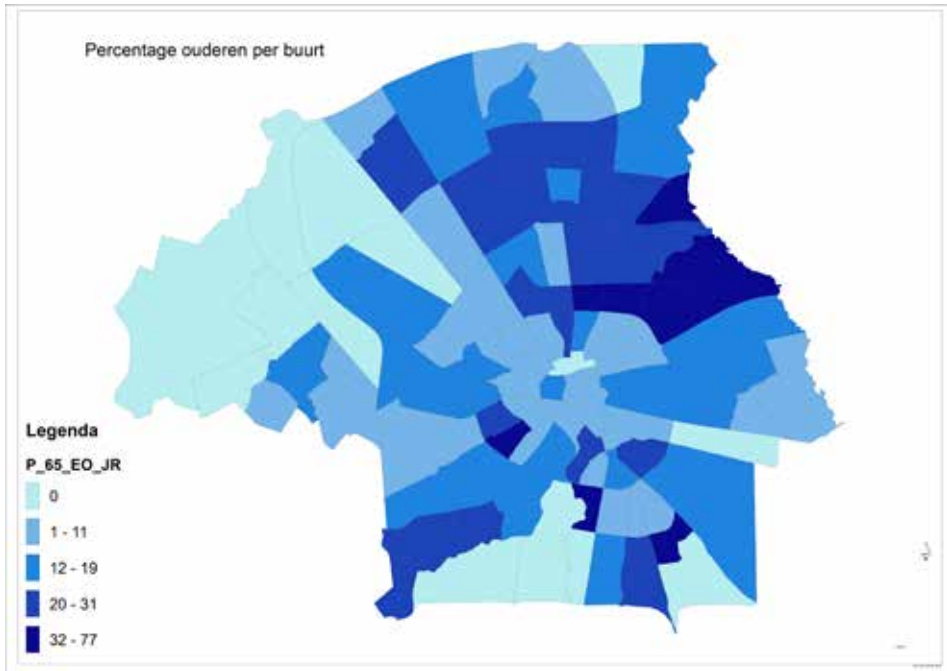
Het verschil in de lucht- en gevoelstemperatuur kaarten is gemaakt door factoren als wind en schaduw toe te voegen aan de modellen.



Figuur 7: Gevoelstemperatuur Eindhoven 2014 (Tauw)

Als input voor de analyse is de gevoelstemperatuur uit 2014 gebruikt. Deze temperatuur verschilt meer in de stad. Dit heeft ermee te maken dat belangrijk factoren als straling en wind hierin verwerkt zitten. Deze factoren zijn erg van invloed op de gezondheid van de doelgroep en geven dus het beste beeld. (Kleerekoper, 2017) Deze kaarten is opgebouwd door het bedrijf Tauw. Om deze kaart te maken zijn verschillende databronnen in een model verwerkt. Dit model wilt het bedrijf niet delen maar wel is gezegd dat er onder andere gebruik is gemaakt van het AHN, TOP10NL, BAG en (near infrared) luchtfoto's. De modellen zijn binnen ArcGIS opgebouwd en achter elkaar gerund. Er zijn verschillende modellen voor bijvoorbeeld het bepalen van schaduw en wind (Wal, 2017).

Naast de gevoelstemperatuur van Tauw, die in **figuur 7** te zien is, is besloten om richting de voornaamste doelgroep te werken die getroffen wordt door hittestress. Dit zijn ouderen, zij worden ziek en hittestress kan zelfs leiden sterfte. Het Centraal Bureau voor Statistiek heeft goede en actuele cijfers over demografie. Er is besloten met het percentage ouderen per wijk te werken in plaats van met absolute aantallen doordat dit een beter weergeeft hoe groot de problematiek is. Dit omdat de grootte van de buurt dan niet meer meetelt. Met absolute aantallen zou een grotere buurt bijna altijd een hoger aantal ouderen krijgen en zou de vergelijking dus over de grootte van de buurt gaan en niet over het aantal ouderen in die buurt. Dit is te zien in **figuur 8**.



Figuur 8: Percentage ouderen per buurt

4.1.3 Werkwijze

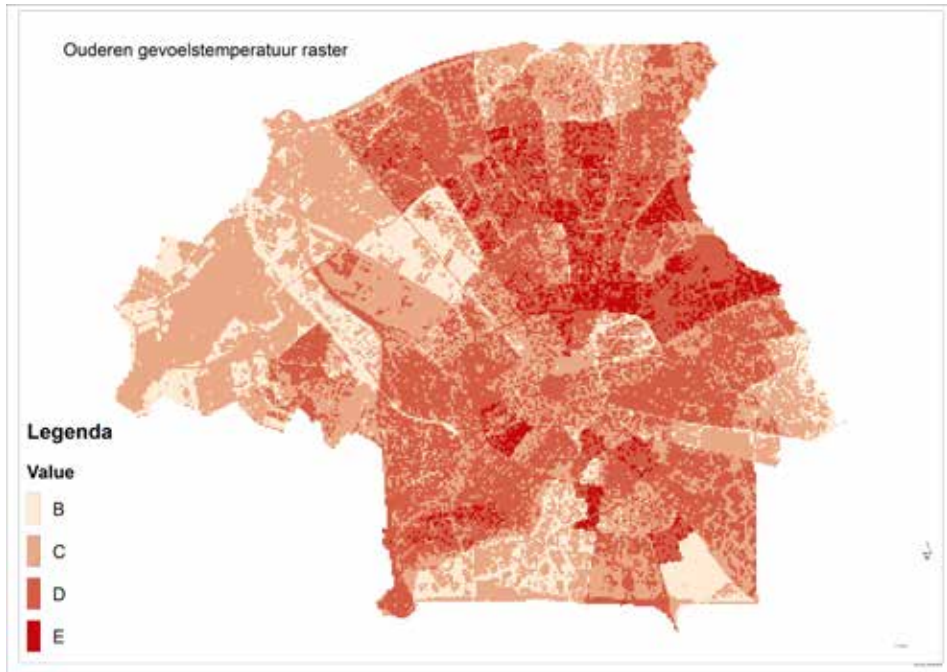
Hittestress heeft een grote invloed op de mensen die verblijven in de stad. Hierbij kan er onderscheid gemaakt worden tussen twee verschillende doelgroepen. Nacht- en dagmensen. De nachtmensen zijn voornamelijk de inwoners van de stad, mensen die in de stad slapen en vaak ook werken. Dagmensen zijn de mensen die tijdelijk naar de stad komen voor bijvoorbeeld werk of als een dagje uit.

Deze analyse heeft de nachtmensen als uitgangspunt genomen omdat deze vaak het meeste uren in de stad verblijven en omdat hittestress vaak 's-nachts opgemerkt wordt, voornamelijk door ouderen. Volgens onderzoek van het TNO (De Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) hebben voornamelijk ouderen (65+) last van hittestress. Jongere mensen zijn in staat in 7 dagen zich aan te passen aan een heter klimaat door bijvoorbeeld meer zweet aan te maken. (TNO, sd)

De kaart is gemaakt door de temperaturen naar 5 klassen te herclassificeren. De 'reclassify' tool in de modelbuilder is gebruikt om de data om te zetten naar vijf verschillende klassen. Dit aantal is gekozen doordat het uiteindelijke labelsysteem ook zal bestaan uit 5 klassen.

Deze klassen zijn ingedeeld aan de hand van standaard deviatie. Voor standaarddeviatie is gekozen omdat deze methode ook de uitschieters meeneemt bij het indelen van de klassen. (Zee, 2017)

De 5 klassen zijn gekozen doordat het labelsysteem hier uiteindelijk ook op moet uitkomen. De CBS buurtdata is gefilterd op het percentage vijfenzestigplussers en ook geclassificeerd naar 5 verschillende klassen. Deze twee kaarten zijn samen genomen door ze in een weighted overlay functie te stoppen. Doordat beide kaarten al in 5 categorieën zijn opgedeeld kunnen deze over elkaar heen gelegd worden. De categorieën worden dan bij elkaar gemiddeld door de tool, deze middeling gebeurt op pixelniveau. Met deze tool kan ook een weging gegeven worden, voor deze kaarten is een weging van 50/50 aangehouden omdat er nog geen keuze gemaakt is of de temperatuur eventueel belangrijker is of dat de doelgroep belangrijker is. De opdrachtgever kan hier zelf nog een andere weging aan geven en zodanig zelf controle houden over het resultaat.



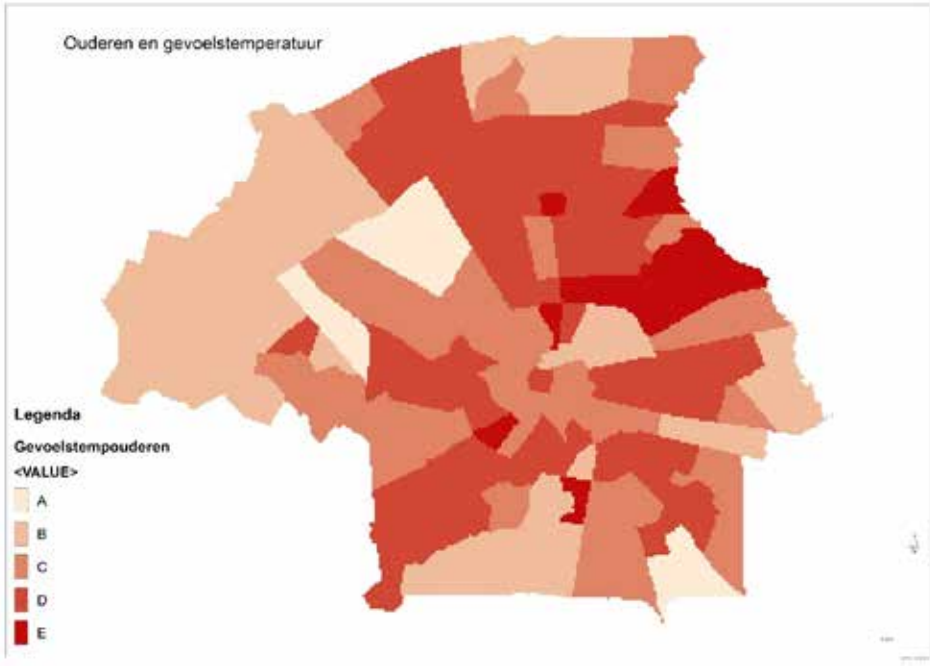
Figuur 9: Gevoelstemperatuur in combinatie met ouderen

Figuur 9 laat het resultaat zien voor aggregatie. Aggregatie is nodig om het labelsysteem per buurt te maken. Elke pixel heeft nu een eigen waarde die gebaseerd is op de hittestresskaart van Tauw en de CBS data over ouderen per wijk.

4.1.4 Resultaat

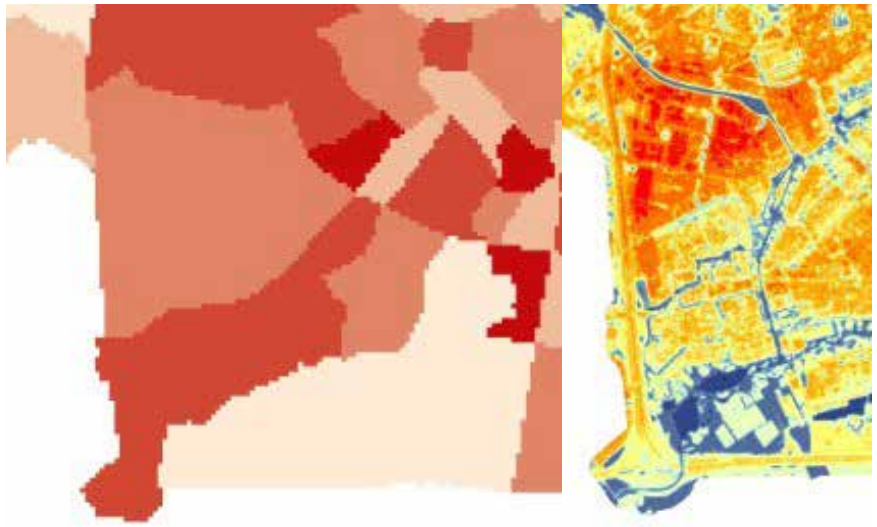
De uiteindelijke kaart is dus een combinatie van het percentage ouderen per wijk en de hittestresskaart gevoelstemperatuur uit 2014 die door Tauw is opgeleverd. De verschillende rasterdata zijn geaggregeerd naar het buurtniveau waarop het labelsysteem ingericht wordt. Bij de aggregatie is uitgegaan van de gemiddelde waarden die de hittestress kaart en de ouderenkaart opleveren per buurt.

Deze kaarten zijn samen genomen met een even zware weging en dat levert uiteindelijk de kaart op die in **figuur 10** te zien is.



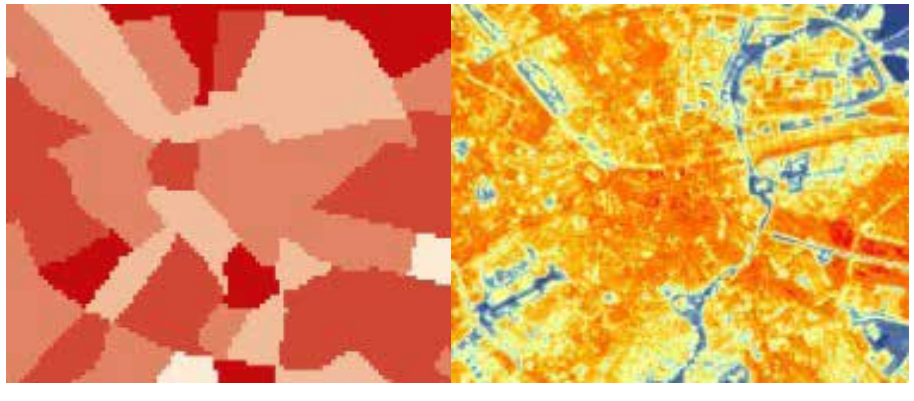
Figuur 10: Gevoelstemperatuur in combinatie met ouderen geaggregeerd

De grootste verschillen met de hittestresskaarten van Tauw zitten in de verschillende woonwijken en de industriegebieden van de stad. Ondanks dat de industriegebieden hete plekken zijn lichten ze niet erg rood op doordat er vrijwel geen ouderen wonen. Zie voor een voorbeeldvergelijking **figuur 11**. Hierin is de gevoelstemperatuur in de buurt 'de Hurk' vergeleken met het resultaat uit de analyse. De Hurk is een industriegebied en illustreert bovenstaande bewering.



Figuur 11: Vergelijking analyse en gevoelstemperatuur de Hurk

Daarnaast valt op dat de binnenstad niet per sé als slecht uit de bus komt, zie **figuur 12**. Dit heeft er voornamelijk ook mee te maken dat hier weinig ouderen wonen. Dit klopt ook met het algemene beeld dat oudere mensen vaak wegtrekken uit de binnenstad en rustigere buitenwijken op zoeken. (Dorien Manting, sd)



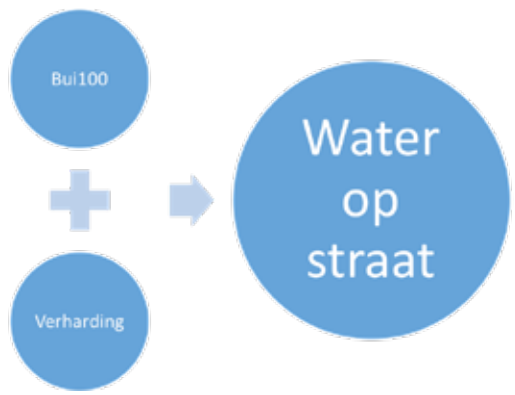
Figuur 12: Vergelijking analyse en gevoelstemperatuur de binnenstad

4.2 WATEROVERLAST

Wateroverlast is door de gemeente Eindhoven gedefinieerd als 'water dat na een bui op straat staat'. Het KNMI voorspelt dat in de toekomst buien heftiger worden en er gedurende kortere periodes meer water valt. (Franssen, 2017) (Klimaatverandering, sd) Het doel van de analyse is dus om in kaart te brengen welke buurten het meeste risico lopen op water op straat.

4.2.1 Methode

Er zijn verschillende voorspellingen gedaan en er wordt vaak gewerkt met datasets genaamd bui 8, bui 9 of bui 10. In deze analyse wordt uitgegaan van een bui 100. Dit is een bui die eens in de 100 jaar voorkomt en 60mm neerslag bevat. Dit is één van de zwaarste scenario's die het KNMI heeft.



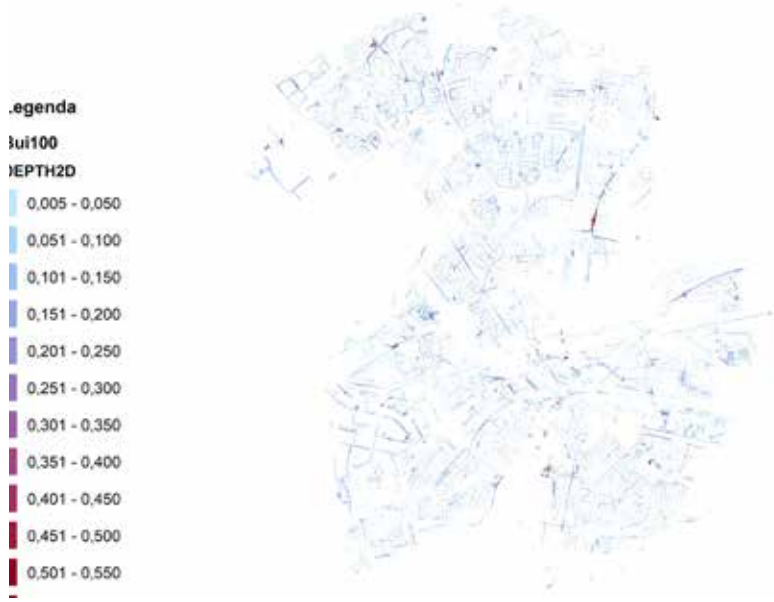
Figuur 13: Water op straat schematisch

Een analyse waaruit duidelijk wordt hoeveel water er op straat staat per buurt geeft een risicogehalte van de buurt weer wat betreft wateroverlast.

4.2.2 Input

Overlast na een bui100 ziet er in Eindhoven uit zoals op **figuur 14** te zien is. Deze kaart is gemaakt door de GIS-specialisten van de gemeente Eindhoven en houdt rekening met factoren als riolering, AHN en verharding.

Er is gekozen om met de bui100 dataset te werken. De bui100 dataset is een berekening van het water dat op straat blijft staan na een bui die eens in de 100 jaar voorkomt. De Bilt heeft berekend dat dit ongeveer een neerslag van 60 millimeter per uur oplevert. Het aantal millimeters water op straat wordt vervolgens berekend door een combinatie van factoren in een model te verwerken. Deze factoren bestaan onder andere uit; riolering, algemeen hoogtebestand en de mate van verharding. De bui 100 dataset is gebruikt omdat dit de meest extreme weergave geeft van het aantal millimeters op straat. Ook is het KNMI al bezig met nieuwe berekeningen waarbij het aantal millimeters verveelvoudigd gaat worden. (Kleerekoper, 2017) (Luijtelaar, 2015)



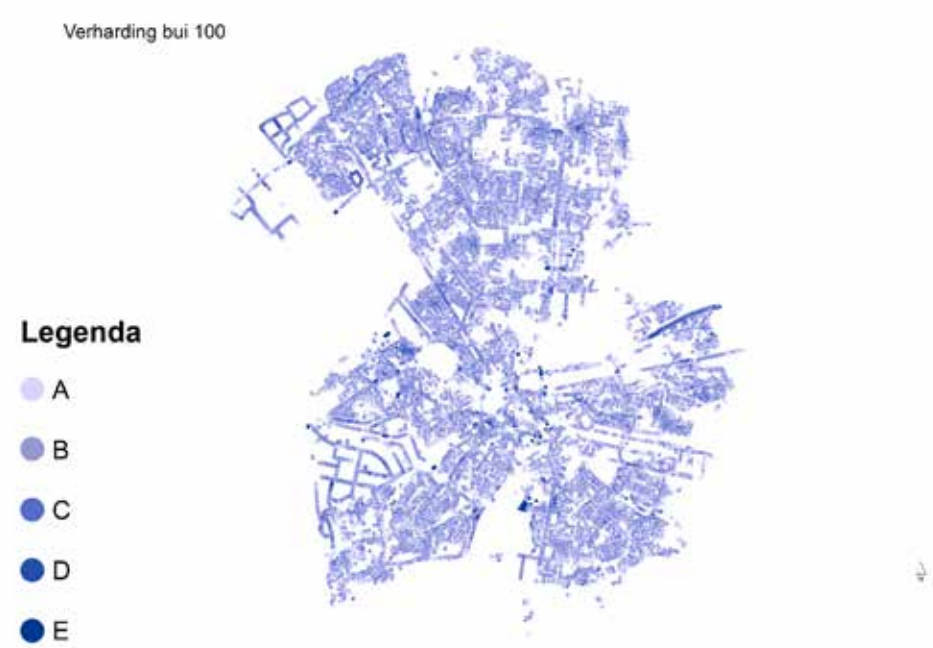
Figuur 14: Water op oppervlak in Eindhoven na bui100

Figuur 15: Verharding in Eindhoven

Deze dataset is een onderdeel van de BGT. De BGT staat voor 'Basisregistratie Grootschalige Topografie'. In deze basisregistratie wordt de ligging van alle fysieke objecten zoals gebouwen, wegen, water, spoorlijnen en (landbouw)terreinen geregistreerd (PDOK, sd). De verharding is een combinatie van wegen, voetpaden en fietspaden. Er is geen verschil gemaakt tussen de verschillende typen omdat overlast op alle typen als overlast wordt beschouwd.

4.2.3 Werkwijze

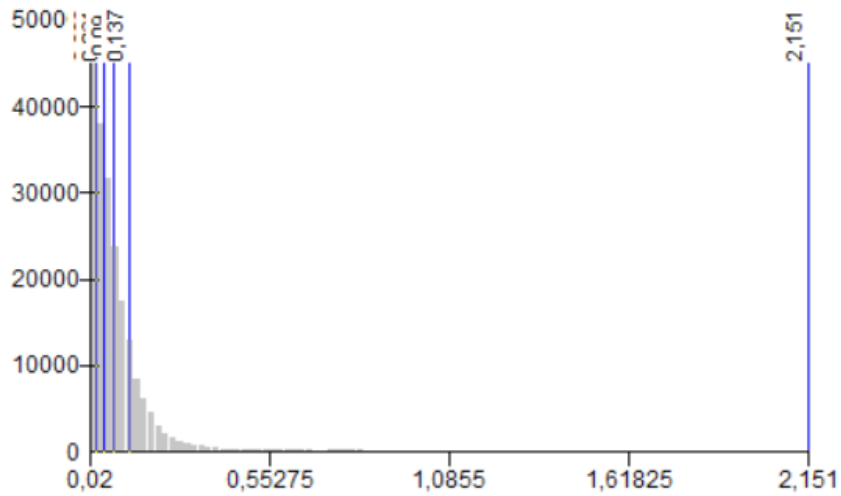
Omdat in principe alleen water op straat van belang is, is deze kaart over de verhardingskaart van de BGT gelegd. In deze verhardingskaart zitten alle wegen maar ook voet- en fietspaden. Dit levert een kaart op waar alle overstroming die niet op straat ligt uit de kaart is gefilterd. Zie **figuur 16**.



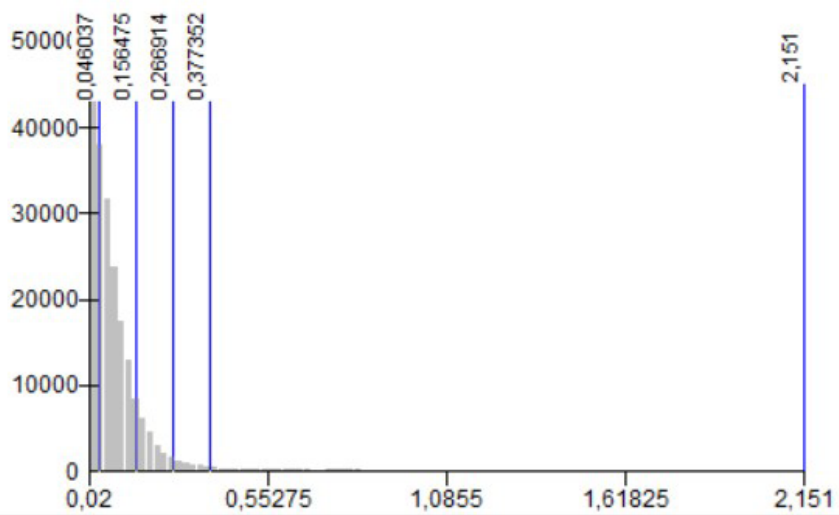
Figuur 16: Water op straat in Eindhoven

Het water op straat is gefilterd door middel van de selectie tool. Alle plekken waar zowel verharding als water te vinden zijn, zijn op die manier geselecteerd en vervolgens geïmporteerd naar een nieuwe kaartlaag.

Tevens zijn de aantallen naar 5 klassen geherclassificeerd. Dit houdt de data in lijn met het labelsysteem dat ook 5 klassen zal hanteren. De herclassificatie is wederom gedaan met behulp van de standaarddeviatie.



Figuur 17: Klassenindeling op basis van kwantielen

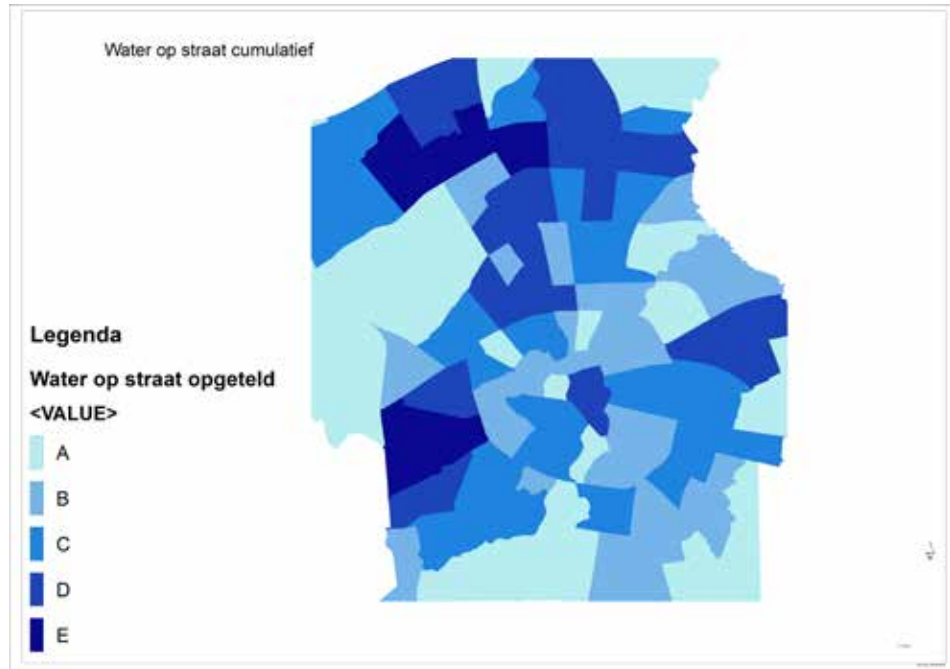


Figuur 18: Klassenindeling op basis van standaard deviatie

In **figuur 17 en 18** zijn de verschillen tussen klassenindelingen duidelijk gemaakt. De blauwe lijnen geven de grenzen van klassen aan ne de grijze balken zijn de data over neerslag. Bij een kwantiele indeling bevind zich in elke klasse een evenveel aantal punten. De standaard deviatie houdt rekening met het gemiddelde van de waardes en zet de klassegrenzen op gelijke afstanden van de standaarddeviatie. (Data classification, sd)

4.2.4 Resultaat

Deze aantallen water op straat gaan per millimeter en kunnen per buurt bij elkaar opgeteld worden om tot een eerste beeld te komen in welke buurten de wateroverlast op straat het hoogst is. Als alle waardes in de buurten van deze kaart bij elkaar opgeteld worden creëert dat de kaart zoals te zien is op **figuur 19**.



Figuur 19: Water op straat cumulatief per buurt

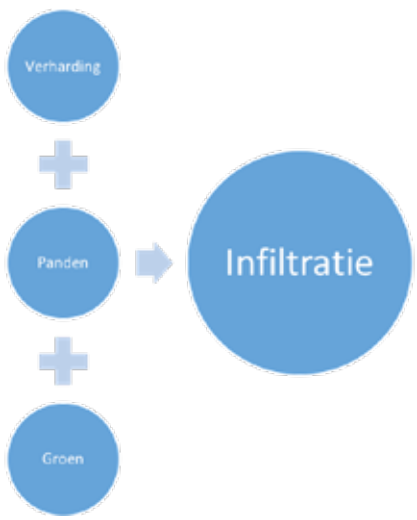
De volgende stap is om het percentage verharding dat overstroomt per buurt te berekenen. Op dit percentage kan het label ingedeeld worden, een hoger percentage overstroomde verharding betekent een lager labelniveau.

4.3 DROOGTE

Droogte in de context van klimaatadaptatie is een lastig begrip. Droogte is namelijk niet direct van invloed op de leefomstandigheden binnen een stad. Wel is droogte van invloed op het groen in de stad en de watervlaktes. Bij veel droogte kunnen watervlaktes bevuild raken en kan groen afsterven. Echter worden veel van deze plekken kunstmatig bewaterd om dit te voorkomen. Het grootste probleem dat droogte in de stad oplevert is echter paalrot. Dit tast de funderingen van gebouwen aan. Paalrot treedt voornamelijk op als de grondwaterstand niet op peil gehouden wordt en valt dus samen met de problemen voor watervlaktes en groen. (Deltares, 2012)

4.3.1 Methode

Om de risicoplekken voor droogte in kaart te brengen is de mate van infiltratie in de stad aangehouden. Meer infiltratie zorgt voor meer water in de bodem. Infiltratie vind voornamelijk plaats op plekken waar geen verharding of bebouwing ligt. Waar wel verharding ligt wordt neerslag veelal via drainage afgevoerd. Dit is niet wenselijk omdat het neerslagwater vervolgens in rivieren en andere oppervlaktewateren terecht komt. Een hogere mate van infiltratie zorgt dus voor een beter label.



Figuur 20: Droogte schematisch

4.3.2 Input

In **figuur 21** is een kaart met de verdeling verharding en groen in Eindhoven te zien. Dit geeft een eerste beeld van de infiltratie in de stad. Algemeen is duidelijk dat verharding een slechte tot geen doorlaatbaarheid heeft voor regenwater en groen zorgt voor een goede doorlaatbaarheid. (Box, sd)

Figuur 21: Verharding, panden en groen in Eindhoven

Panden:
De bebouwing is een data laag afkomstig van de BAG. De BAG staat voor 'Basisregistratie Adressen en Gebouwen' en is een landelijke voorziening die gevuld wordt door de gemeenten binnen Nederland. Uit de BAG zijn alle panden binnen Eindhoven gehaald.

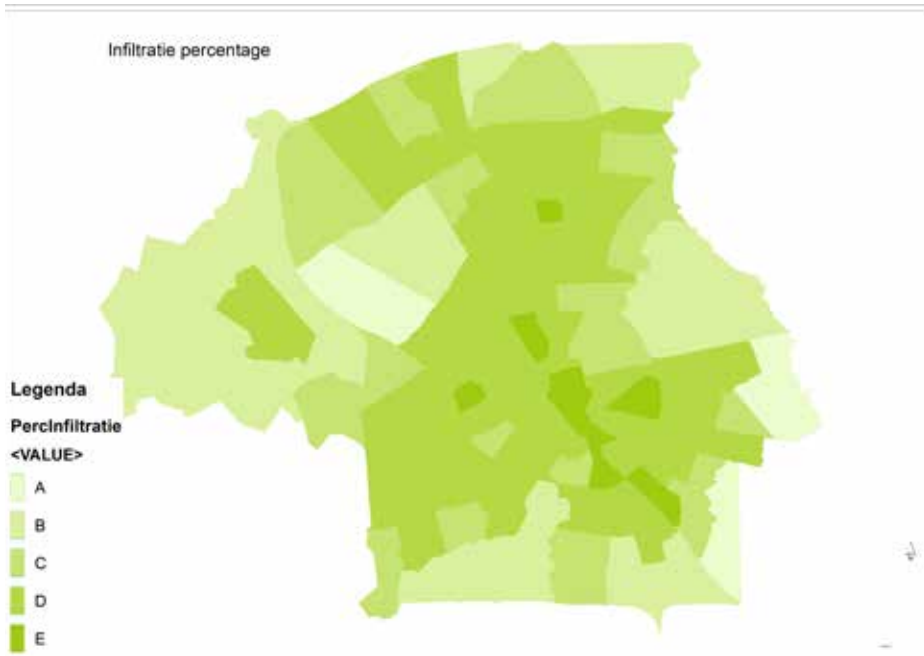
Groen:
De groen data is gefilterd uit de BGT. Alle groen oppervlaktes zijn naar een nieuwe dataset geëxporteerd om deze handelbaarder te houden.

Hiernaast is er vervolgens weer gebruik gemaakt van de verharding dataset, meer informatie hierover is eerder gegeven onder 'wateroverlast'. Er is geen verschil gemaakt tussen verschillende soorten groen doordat het verschil tussen de soorten groen op infiltratie minimaal is. (riool.net, 2008)

4.3.3 Werkwijze

Om tot het labelsysteem te komen is er gewerkt met een percentage infiltratie per buurt. Hierbij is het volgende aangehouden; groen geeft infiltratie, verharding en bebouwing zorgen voor geen infiltratie. Daarnaast zijn er twee soorten bermen, verhard en onverhard, verhard heeft ook meegekregen dat hier geen infiltratie plaatsvindt en bij onverhard vind wel infiltratie plaats.

Aan de hand hiervan zijn de waardes 0 en 1 gegeven door middel van een reclassify aan de verschillende lagen. Hierbij in gedachten houdende dat 0 geen infiltratie geeft en 1 wel infiltratie. Door de klassen 0 en 1 te gebruiken geeft dit automatisch een percentage als de gemiddelde per buurt wordt gebruikt. Vervolgens zijn de grenzen van de buurten in Eindhoven hierover heen gelegd om een percentage infiltratie per buurt te krijgen.



Figuur 22: Percentage infiltratie per buurt

4.3.4 Resultaat

In **figuur 22** is de uitkomst te zien. De wijken zijn opgedeeld naar percentage infiltratie. De klassen zijn wederom ingedeeld door middel van standaard deviatie. Deze kaart laat duidelijk zien dat hoe verder men van het centrum af komt hoe meer infiltratie er plaats vind. Dit komt doordat er in de buitenwijken minder verharding en bebouwing is.

4.4 CONCLUSIE

De Technische analyse heeft uitgewezen dat het mogelijk is om met behulp van data een labelsysteem op te zetten op het gebied van klimaatbestendigheid. Wel is gebleken dat dit een erg ingewikkeld traject is en dat kaarten die in dit project zijn opgeleverd nuance missen. De nuance kan er zeker in aangebracht worden door meer experts bij het project te betrekken en duidelijker vast te stellen wat hittestress, wateroverlast en droogte precies inhouden.

Enkele nuances die aangebracht zouden moeten worden;

- Voor de hittestresskaart is nu alleen rekening gehouden met huidige bewoners. Dit is in de tekst uitgelegd als het verschil tussen dag- en nachtmensen. De dagmensen zijn ook belangrijk in deze analyse maar in de huidige kaart niet meegenomen. Deze zullen wel zeker betrokken moeten worden bij de labeling.
- Het samenvoegen van kaarten zou op een andere manier kunnen. Op dit moment zijn er gemiddeldes genomen van de buurten. Er zou voor gekozen kunnen worden om elke combinatie van klassen handmatig een eigen klasse te geven. Dit vergt meer werk maar op een dergelijke manier krijg je een sterker beeld.
- De wateroverlast kaart is nu een cumulatieve optelling van het water op straat na een bui100 per buurt. Een beter beeld zou ontstaan als dit vergeleken wordt met het oppervlakte van de wegen die in de buurt lopen om zo een relatief beeld te krijgen. Op dit moment kan het beeld ontstaan dat er bijna geen wateroverlast in een buurt is, terwijl hier bijvoorbeeld maar 1 straat loopt en deze wel onder water staat.
- De droogte kaart moet goed doorgenomen worden. Droogte in de context van klimaatadaptatie is nog erg onontgonnen gebied, dus voordat dit meegenomen wordt in de labeling moet bepaald worden wat droogte precies inhoudt in de context.
- Naast deze nuances op de kaarten blijkt ook dat het in een project van 20 weken, zonder voorkennis op het onderwerp het erg lastig is om vat te krijgen op de vele informatie die er is. Er zijn al veel onderzoeken gedaan en er lopen ook vele onderzoeken.
- De onderzoeksvraag die is gesteld is beantwoord; het is mogelijk om een labelsysteem te ontwikkelen dat door meerdere gemeentes gebruikt kan worden. De gebruikte databronnen en software tonen dit ook aan.

05 / Labelsysteem

Het doel is om in een oogopslag duidelijk te maken voor besluitvormers waar de grootste problemen zich voordoen op het gebied van klimaatbestendigheid. Er is gekozen om dit middels een labelsysteem te doen.

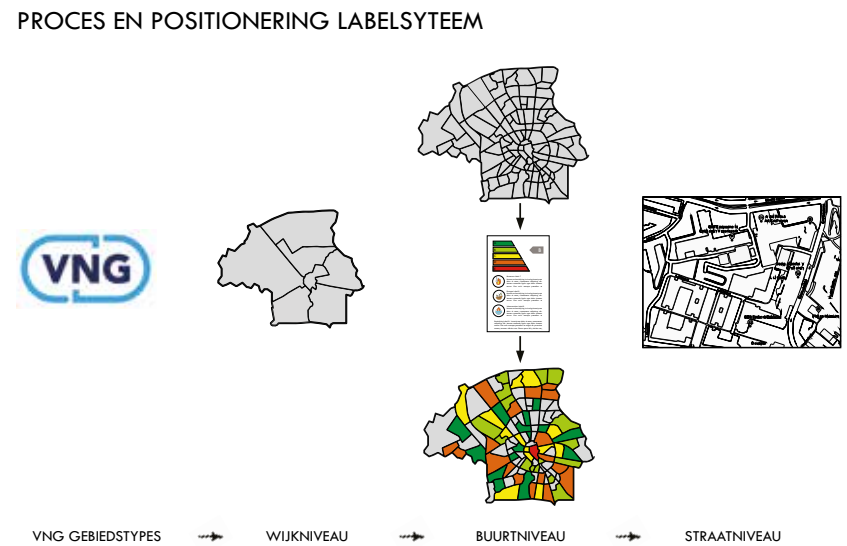
Het labelsysteem is erop gericht om gemeentelijke bestuurders en wethouders in een oogopslag een beeld te geven van de stand van zaken met betrekking tot klimaatadaptatie in de stad. Dit betekent dat er een algemeen beeld wordt gegeven door het labelsysteem dat dient als gespreksstarter.

Het labelsysteem is erop gericht om risicogebieden van de stad in kaart te brengen zodat de bestuurders een goed beeld krijgen van de huidige situatie. Om dit te bereiken is ervoor gekozen om de buurten van de stad als referentie te gebruiken. Deze methodiek zorgt ervoor dat in één oogopslag gezien kan worden waar de grootste problemen optreden. De buurten zijn bekend qua naam en vorm wat zorgt voor een snel begrip.

Voor daadwerkelijke planvormingen zal er verder in de diepte moeten worden gekeken. De problemen zijn namelijk niet evenredig verspreid over een buurt. Vaak zijn er plekken waar de problemen meer geconcentreerd zijn en deze zullen eerder aangepakt moeten worden. De algemene doelstelling van de gemeente Eindhoven is om in een aantal jaren klimaatbestendig te worden. Het labelsysteem kan hierbij helpen door een focus te leggen op buurten waar zich de grootste problemen voordoen.

De plaatsing van het labelsysteem in het besluitvormingsproces is niet helemaal aan het einde. Allereerst moet er besloten worden dat er met het onderwerp klimaatadaptatie stappen moeten worden gezet. Vervolgens moeten er eisen of normen gesteld worden door de organisatie; wat wordt het resultaat en welke projecten moeten daarvoor uitgevoerd worden. Daarna wordt er gekeken naar een begrenzing van het project. Na deze stappen komt het labelsysteem pas in beeld, als er besloten wordt waar de projecten plaats moeten gaan vinden. Het labelsysteem is dus op buurtniveau en geeft een eerste indicatie, de laatste stap is dus ook om in te gaan zoomen en te verdiepen op de precieze problemen van de locatie en zullen de maatregelen worden getroffen op straatniveau.

In **figuur 23** zijn de schaalniveaus te zien waarop het labelsysteem van waarde zal zijn. De gebiedstypes die zijn opgesteld door de Vereniging van Nederlandse Gemeenten vormen het grootste abstractie niveau. Vervolgens worden de wijken daarin onderverdeeld. Iedere wijk bestaat uit buurten met zijn typologie gekenmerkt door specifieke eigenschappen. Het labelsysteem hangt een label aan een buurt om vervolgens de keuze te maken waar de eerste maatregelen getroffen kunnen worden op straatniveau.

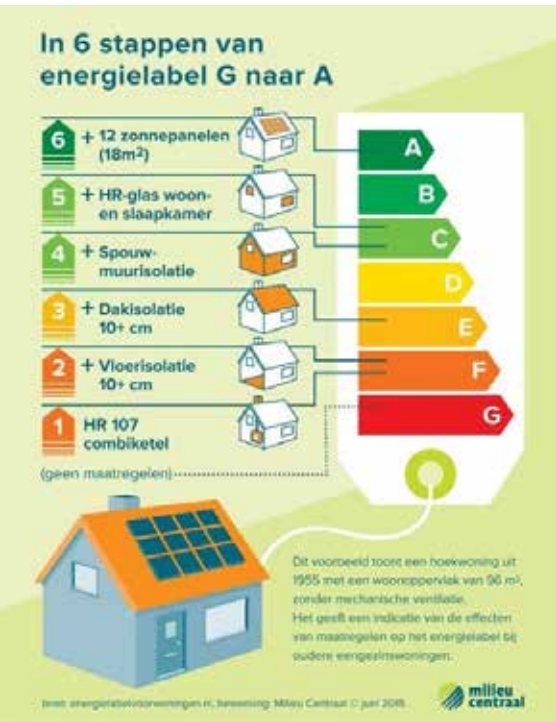


Figuur 23 : Positionering van het labelsysteem

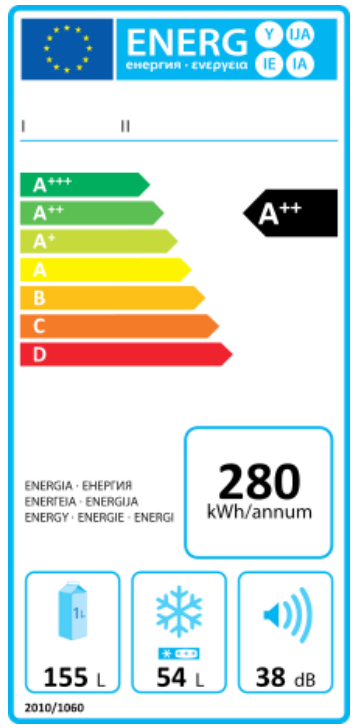
Het labelsysteem zorgt voor gewaarwording bij bestuurders waardoor in een oogopslag te zien is waar de grootste risico's zich bevinden in de stad. Dit moet gebeuren op een wijze die eenvoudig en snel te begrijpen is voordat er direct de diepte in wordt gedoken. Klimaatadaptatie is een dusdanig uitgebreid en ingewikkeld onderwerp dat de behoefte is ontstaan om de stad in kaart te brengen waarop is af te lezen wat de stand van zaken is betreft de huidige situatie. Het labelsysteem speelt hierop in door ook direct doelstellingen mogelijk te maken. Het biedt namelijk meer dan alleen een kaart met gegevens. Een labelsysteem zorgt er ook voor dat doelstellingen ingesteld kunnen worden. Dit kan door bepaalde eisen aan de verschillende labelniveaus te stellen. Momenteel wordt er aan gedacht om de zwaarste toekomstvoorspellingen van het KNMI aan het hoogste label als eisen te hangen. Dit zorgt ervoor dat een stad waarvan alle buurten op label A zitten compleet klimaat adaptief is ingericht. Door de voorspellingen van het KNMI te gebruiken is het ook mogelijk om de eisen aan de labels te kwantificeren.

Herkenning is één van de belangrijkste aspecten bij ontwerpen. Als men het ontwerp herkent hoeft er minder tijd besteed te worden om te begrijpen wat er weergegeven wordt (Jos van den Broek, 2010). Dit is dan ook het belangrijkste uitgangspunt bij het ontwerp van het labelsysteem. Het is gebaseerd op ontwerpen van het energielabel, zie **figuur 24, 25 en 26**. Het label bestaat uit verschillende onderwerpen, hittestress, droogte en wateroverlast. Deze drie onderwerpen hebben allemaal een eigen score en dit is weergegeven in een aparte tabel. Deze aparte tabel biedt uitgebreidere informatie en is te bereiken met behulp van een interactieve kaart.

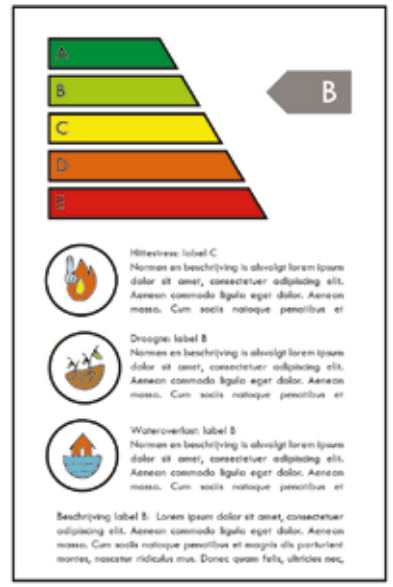
Figuur 24: Energielabel Syntrus



Figuur 25: Energielabel milieu centraal

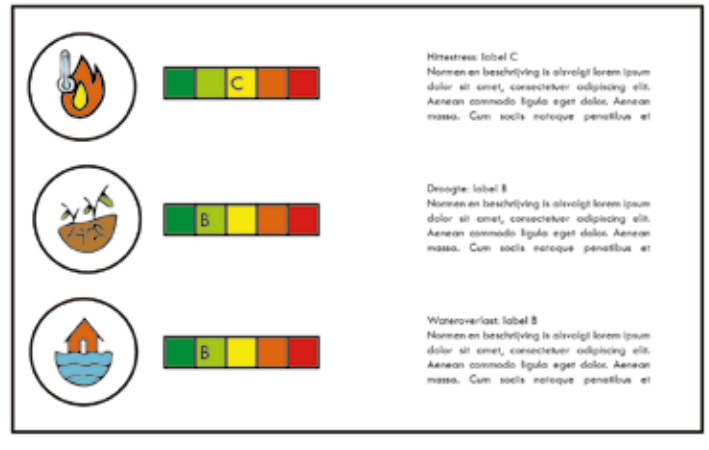


Figuur 26: Energielabel



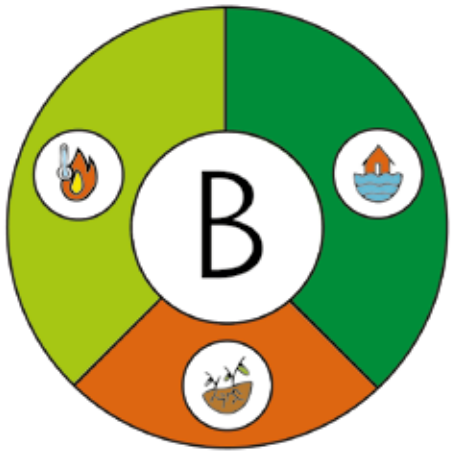
Figuur 27: Ontwerp labelsysteem

Dit beeld, **figuur 27**, is gebaseerd op de bekende energie labels. Deze uitwerking is ook meegenomen in het uiteindelijke ontwerp van de mock-ups na aanleding van het werkgroepoverleg op 22 december 2017.



Figuur 28: Alternatief ontwerp labelsysteem

Figuur 28 is een variatie op de bekende labels. Deze variatie is ontworpen om sneller overzicht te krijgen van de verschillende resultaten in de deelonderwerpen. Door het ontbreken van een totaalscore is er voor gekozen om niet met dit ontwerp te werken.



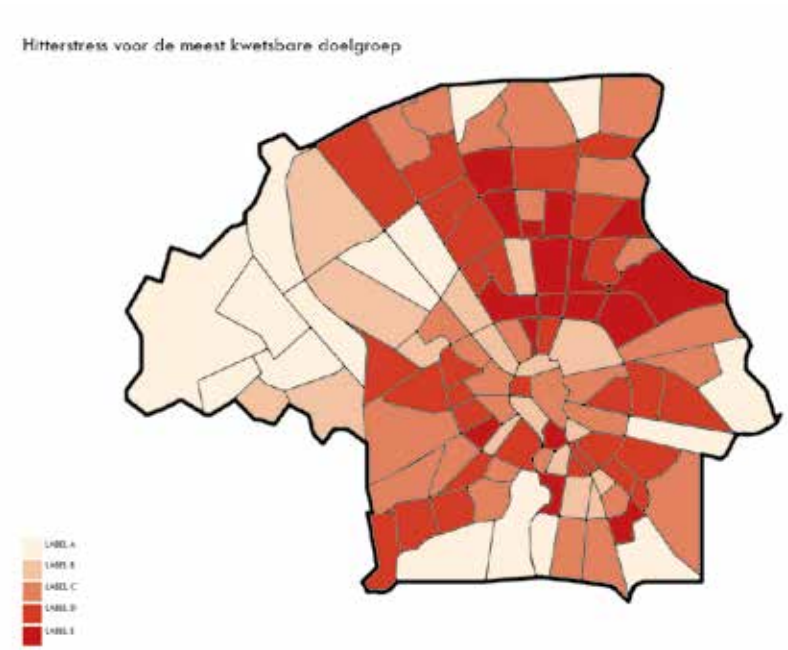
Figuur 29: Alternatief ontwerp labelsysteem

Figuur 29 is een variatie op de bekende labels op de eerder benoemde labels. Het geeft de mogelijkheid voor een totaalscore. Daarbij is het ook mogelijk om een weging aan een thema te geven.

Per thema is een kaart gemaakt waarbij labels zijn toegekend per buurt. Op de kaarten die volgen is te zien hoe goed een buurt scoort per thema. Vervolgens zijn de kaarten samengevoegd door het gemiddelde te nemen om in een oogopslag te kunnen zien welke buurten met de grootste problemen kampen en het meeste risico lopen. Het hoofdstuk dat volgt laat zien hoe de kaarten beschikbaar worden gesteld.

5.4.1 Hittestress

De hittestress kaart op **figuur 30**, die beschreven is in het hoofdstuk 'Klimaatbestendigheid in kaart', laat zien wat de meest risicovolle buurten zijn voor de meest kwetsbare doelgroep bestaande uit vijfenzestigplussers. De kaart is een samenstelling hittestress temperatuur dat ontwikkelt is door Tauw en CBS data over de demografie. De kaart laat zien wat het percentage ouderen is in een buurt en hoe de temperatuur verschilt van het gemiddelde op warme dagen.



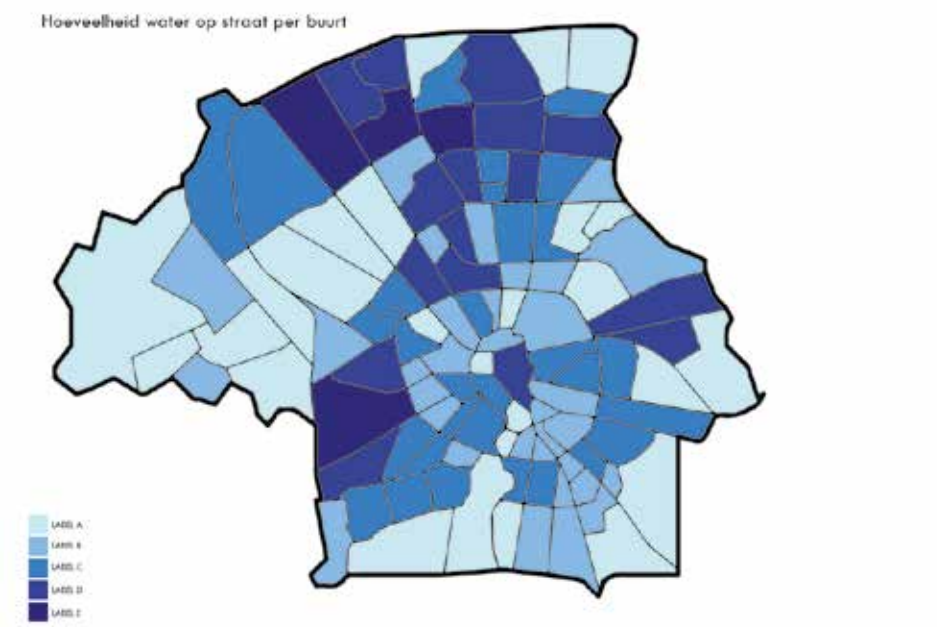
Figuur 30: Hittestresskaart

5.4.2 Wateroverlast

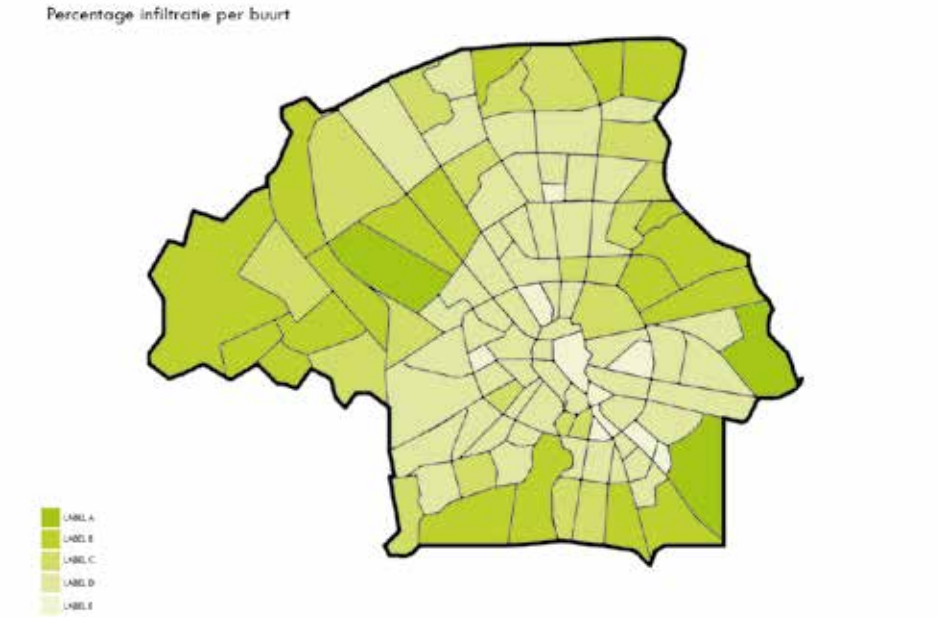
De wateroverlast kaart, **figuur 31**, die beschreven staat in het hoofdstuk 'Klimaatbestendigheid in kaart', laat zien wat de meest risicovolle buurten zijn ten behoeve van water dat op straat staat. De kaart laat het water zien dat op straat blijft staan na bui 100, dat is een bui die één keer in de honderd jaar valt die berekend is door het KNMI. Het resultaat water op straat na bui 100, die berekend is door de gemeente Eindhoven, is geherclasificeerd naar vijf verschillende categorieën die de cijfers 1 tot en met 5 hebben gekregen. Categorieën zijn ingedeeld op basis van millimeter water dat op straat blijft staan. In de kaart is per buurt een optelling gemaakt van de categorieën.

5.4.3 Droogte

De droogte kaart op **figuur 32**, die beschreven is in het hoofdstuk 'Klimaatbestendigheid in kaart', laat de mate van infiltratie per buurt zien in percentages. De infiltratie is berekend aan de hand van verharding, bebouwing en groen, deze data is afkomstig uit de BGT (Basis Registratie Grootschalige Topografie).



Figuur 31: Wateroverlastkaart



Figuur 32: Droogtekaart

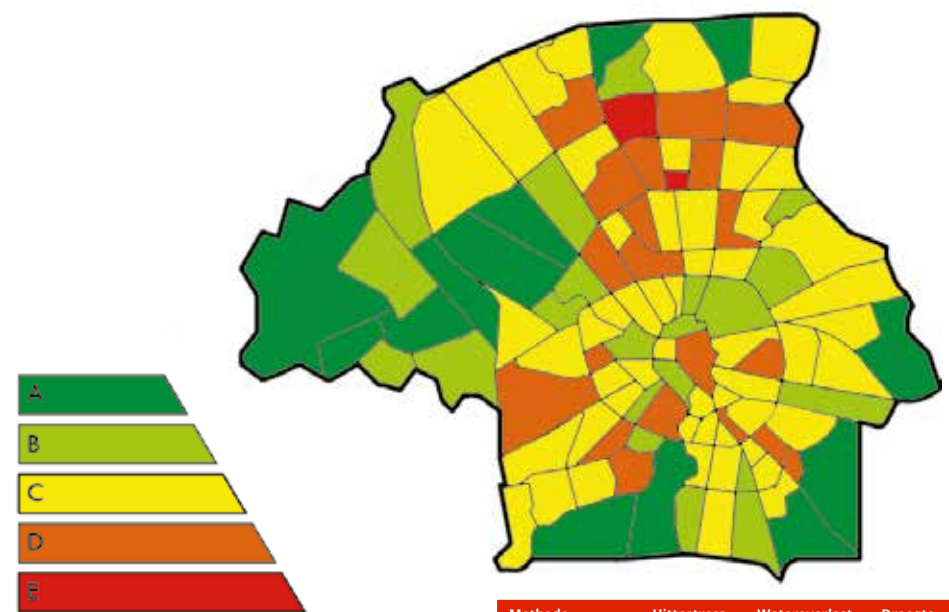
5.4.4 Samengevoegd

De samengevoegde kaart die de basis vormt voor het labelsysteem laat het gemiddelde van de labels zien van de drie onderwerpen. De labels laten zien hoe groot het risico is dat een buurt loopt naar aanleiding van klimaatverandering.

De samenvoeging van de drie kaarten zoals die op **figuur 33** te zien is, is uitgevoerd door het gemiddelde te nemen van de drie thema's per buurt. Een voorbeeld hiervan is hittestress label A, wateroverlast label B en droogte label C zal resulteren in de samengevoegde kaart label B. Het voordeel daarvan is dat in een oogopslag duidelijk word waar zich de gemiddeld de meeste risico bevindt in per buurt.

Er zijn ook andere mogelijkheden om de kaart samen te voegen. Het is ook mogelijk om het slechtst scorende thema als leidend te nemen. Op die manier worden geen risico's uitgevlakt. Ook brengt dat het voordeel mee dat wanneer een slecht scorend thema wordt aangepast dit direct invloed heeft op het label.

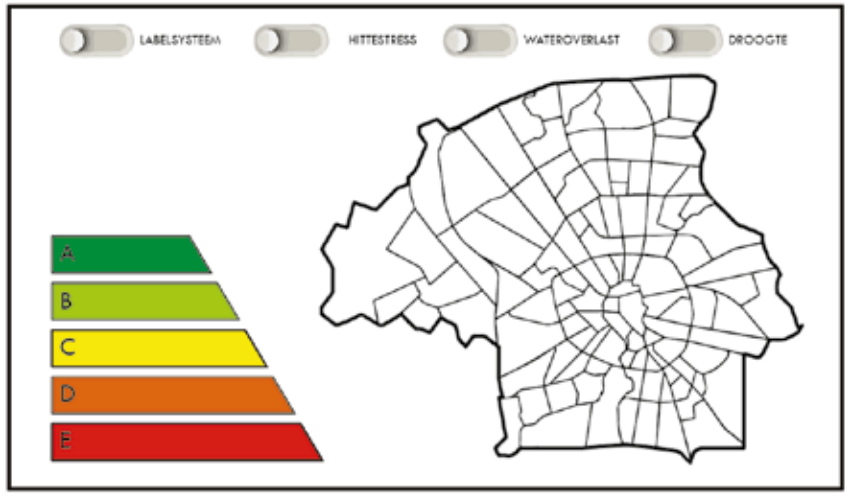
Een derde mogelijkheid is om handmatig elke combinatie van scores per thema een label toe te kennen. Op die manier kan men zelf bepalen welke van de drie thema's hittestress, wateroverlast en droogte het zwaarst moet wegen. Elke stad heeft te maken met zijn eigen risico's en kan zijn eigen weging geven aan desbetreffend thema.



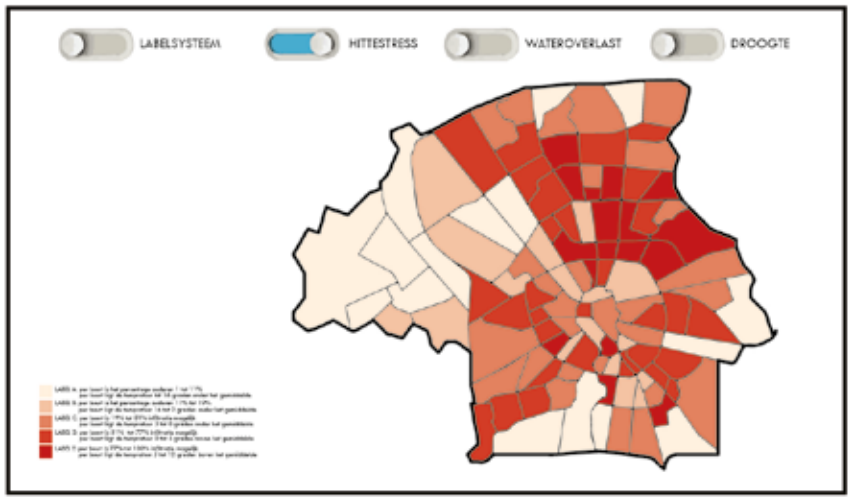
Figuur 33: Label samengevoegde kaart met tabel

Methode	Hittestress	Wateroverlast	Droogte	Totaal
Gemiddelde	A	B	C	B
Laagste	A	B	D	D
Eigen combinatie	D	B	A	B

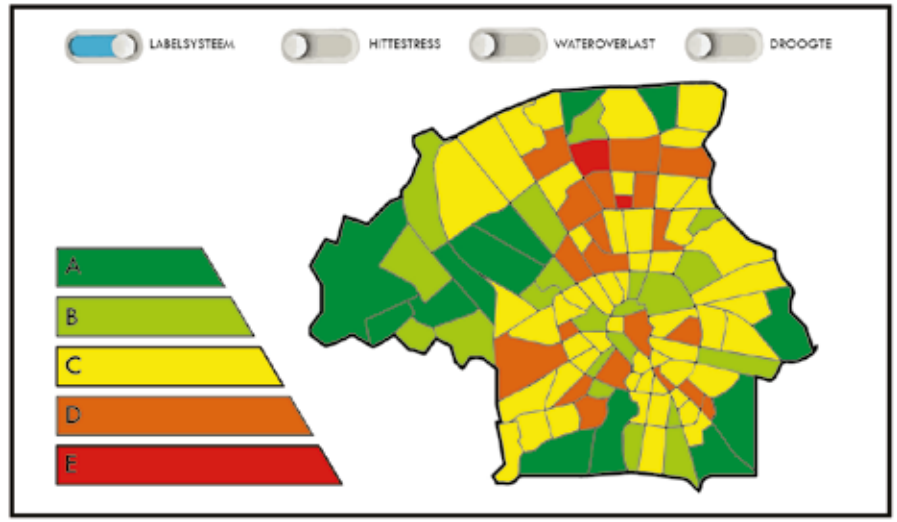
Figuur 36 laat het gemiddelde zien van de drie verschillende onderwerpen per buurt. De legenda is opgenomen en laat het ontwerp van de labels zien. Het is door middel van de verschillende knoppen mogelijk om de drie verschillende onderwerpen geïsoleerd te bekijken. Daarnaast is het mogelijk om op een buurt te klikken waardoor er vervolgens een pop-up verschijnt die meer informatie en de score per onderwerp laat zien. Dit is gedaan omdat de onderwerpen dusdanig verschillen dat de separate kaarten beschikbaar voor inzage moeten zijn. De mock-ups zijn te zien op **figuur 34, 35, 36 en 37**.



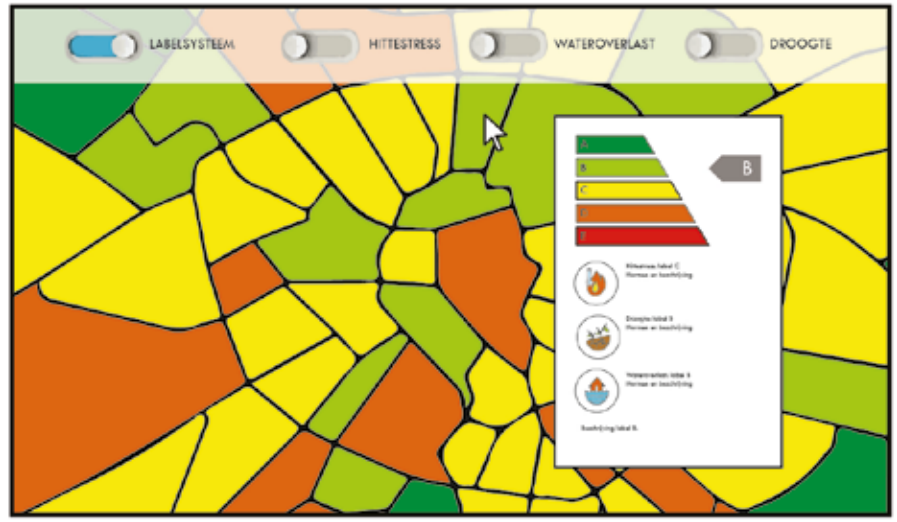
Figuur 34: Mock-up webomgeving



Figuur 35: Mock up Hittestress



Figuur 36: Mock-up labeling



Figuur 37: Mock-up selectie

06 / Klimaatadaptatie in beeld

De ruimtelijke analyse zal een beeld geven wat de invloed is van de opbouw van Eindhoven op de klimaatbestendigheid van de stad. Er zal op buurtniveau gekeken worden hoe een buurt in opgebouwd om tot inspiratie maatregelen te komen ten behoeve van klimaatadaptatie. Tevens geldt de ruimtelijke analyse als validatie van de data analyse. Er zal een beeld van de huidige situatie ontstaan bij het kaartmateriaal vanuit de data analyse.

Op basis van tijdsperiodes met karakteristieken kan de indeling van de wijktypologieën worden gedaan. Het ontstaan en de groei van Eindhoven hebben daar een bepalende rol in gespeeld. Vandaar zal eerst de groei van Eindhoven worden toegelicht en de ontwikkeling van de wijken worden behandeld.

6.1 ANALYSE

De groei van de stad Eindhoven

Eindhoven bevindt zich in een gevarieerd landschap, er zijn hoger gelegen dekzandruggen maar ook lager gelegen beekdalen wat te zien is aan de Dommel. Rond het jaar 4300 voor Christus zijn de eerste agrarische nederzettingen ontstaan. Gezien het water in de lager gelegen delen was het veilig op de hoger gelegen delen waardoor mensen er wilden wonen, zo is de stad Eindhoven ontstaan.

Vanaf 1000 na Christus werden de lager gelegen delen omgeturnd naar weiden of graslandpercelen. De grasland percelen worden ook wel beemden genoemd, tegenwoordig bevindt zich op die locatie de Eindhovense wijk Beemden. Door de aanwezigheid van de mens werden bossen gekapt, op die plekken ontstond hei en grasland.

Eindhoven heeft in 1232 stadsrechten gekregen. Dit kwam door de belangrijke handelsroutes die samenkwamen, op de plek waar de Gender in de Dommel overging. Door de hoger gelegen delen kwamen er al snel kleine Nederzettingen bij, die men tegenwoordig nog steeds kent zoals Gestel, Strijp en Stratum. Eindhoven ontwikkelde zich in loop van de tijd tot een marktstad, in de omgeving werd er vooral landbouw bedreven daarvan zijn op **figuur 38** de contouren te zien. (Gemeente Eindhoven, 2016) (Berendsen, 2005)

Figuur 38 Eindhoven omstreeks 1800 (Topo op reis, 2017)

Belangrijke momenten voor de ontwikkeling van de huidige stad Eindhoven

De huidige stad Eindhoven is zich gaan vormen in de 19e eeuw. Met de komst van het kanaal, de spoorlijn en de verbeterde infrastructuur trad de industrialisatie toe. In en rondom het stadscentrum vestigden zich fabrieken, in die periode is Philips met de stad meegegroeid. Dit zorgde voor slechte woon- en werkomstandigheden. Als tegenbeweging kwam het idee om 'fabrieksstedden', zoals Eindhoven in de loop der tijd is ontwikkeld, op te bouwen volgens de Tuinstadgedachte. Met dat idee bouwde Philips voor zijn werknemers onder andere Philipsdorp. Er werden collectieve groenplekken ontworpen en er was ruimte voor wandelpaden en sportvoorzieningen. Iedere uitwerking van de Tuinstadgedachte werd een apart dorp in de stad waardoor de groei als stad niet te leiden was. Vandaar dat in 1915 afspraken zijn gemaakt om al de losse elementen samen te voegen. Op **figuur 39** is te zien hoe de stad zich heeft ontwikkelt. Dit zorgde voor een uitbreidingsplan van Eindhoven, waarbij de historische structuur werd gerespecteerd en de tuinstadgedachte werd ingepast. Zoals in de tuinstadgedachte vormde de stadscentrum de kern met daaromheen woonwijken maar ook werd groen toepast in het centrum door middel van plantsoenen en parken. (Gemeente Eindhoven, 2016) (Berendsen, 2005) (Bekker, 2015)

Figuur 39 Eindhoven omstreeks 1900 (Topo op reis, 2017)

In de daarop volgende jaren vormde de aangewezen structuur nog steeds het fundament. Daarbij werd een binnen- en buitenring ingepast ten goede van het functioneren van de stad, vanwege de stijging van het aanwezige verkeer en de groeiende industrie in de stad. De omliggende woonwijken zijn blokvormig ontworpen met een centraal gelegen groene plek. Zo is ook het Stadswandelpark ontstaan. In de oorlog heeft Eindhoven drie bombardementen te verwerken gehad, delen van de stad zijn totaal verloren gegaan. Door de enorme vraag naar brandstof en goederen die dat met zich mee bracht zijn er veel groenvoorzieningen weggehaald door bomen en dergelijke te kappen. Na de oorlog, eigenlijk al tijdens de oorlog ontstaan, is een nieuw uitbreidingsplan opgeleverd. Het uitbreidingsplan was gebaseerd op de tuinstadgedachte. Wijken en buurten hadden een belangrijke sociale functie waarbij een belangrijke rol was weggelegd groenelementen. Het gebruik en de functie van groen stond bij de aanleg hoog in het vaandel. Er werd gekozen voor een grote variatie aan bomen en beplanting. Daarbij werd ook gekeken naar de landschappelijke kenmerken en boomsoorten die bijvoorbeeld zijn toegepast in de Dommelvallei als overgang van stad en het omliggende gebied.

Vervolgens in de jaren '50 werden grootschalige woonprojecten gerealiseerd, Woensel is daar een voorbeeld van. De landschappelijke structuur werd niet meer zodanig ingepast als voorheen, het toegepaste groen sloot wel aan op het omliggende gebied. De oude en nieuwe delen werden met elkaar verbonden door middel van een ring. Zoals zich in de geschiedenis vaker herhaald kwam er een tegenbeweging op gang, waarbij de mens

centraal stond en niet de functie van de stad. Zo is de bloemkoolwijk ontstaan waar ruimte is om te spelen en groen in de wijk maar de auto te gast is. Ook is in deze periode de Technische Universiteit ontstaan.

Door de snelle groei van Eindhoven was het niet meer mogelijk om het hele gebied te laten ontwikkelen aan de hand van één visie. Elke uitbreiding of wijk kreeg zijn eigen idee en karakter. Doordat het voor Eindhoven niet meer mogelijk was om te groeien heeft er met Veldhoven een ruil plaatsgevonden waardoor de wijk Meerhoven aan Eindhoven is toegevoegd. Ook werd een impuls gegeven aan het openbaar vervoer zodat ook Eindhoven Airport meer bij de stad betrokken kon worden. Op **figuur 40** is daar een eerste indruk van te krijgen. De ontwikkeling van de universiteit campus heeft deze periode plaatsgevonden die aansloot op de stad met een daarvoor bestemde groenstructuur. Op de campus is de combinatie tussen werken en natuur erg van belang. (Gemeente Eindhoven, 2016) (Berendsen, 2005) (Bekker, 2015)

Figuur 40 Eindhoven in 1950 (Topo op reis, 2017)

In 2000 is het eerste groenbeleidsplan opgesteld door de Gemeente Eindhoven. Door de uitbreidingen van de wijken werd de groenstructuur dusdanig verkleind dat het als noodzakelijk werd bevonden. Daarmee werd de aandacht weer gelegd op het belang van aanwezigheid van groen in de stad. Ook de combinatie tussen water en groen kreeg meer aandacht waardoor de Dommel natuurlijker zou gaan stromen door Eindhoven met ruimte voor natuurontwikkeling. In de huidige situatie wordt een nieuwe invulling gegeven aan de tuinstadgedachte. Momenteel is de aanwezigheid van auto's dusdanig groot dat de fietser wordt gestimuleerd. De aanwezigheid van auto's zal op die manier

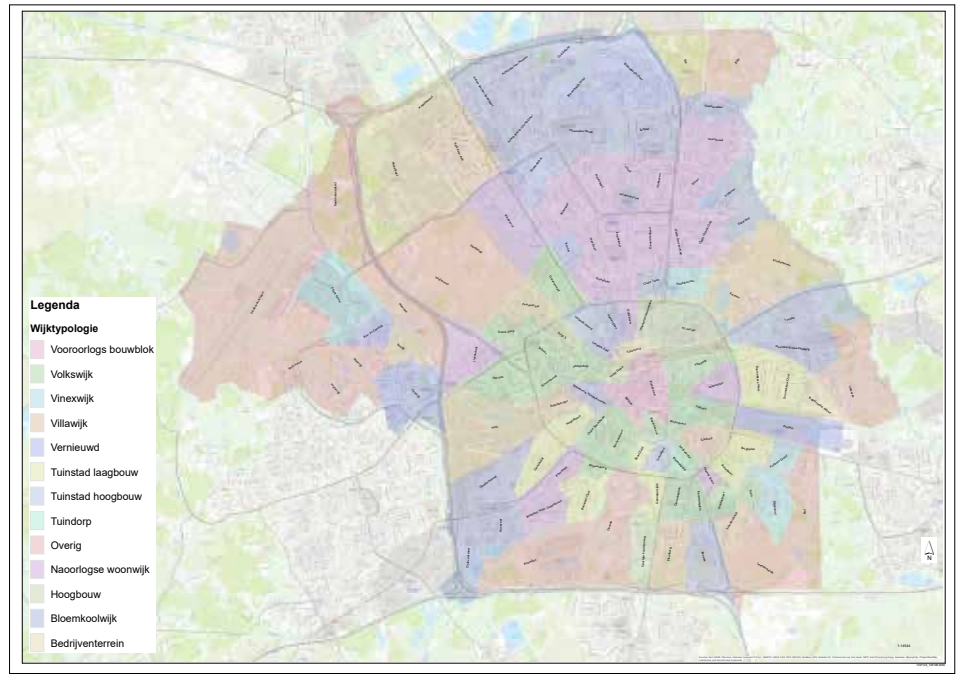
worden teruggedrongen. Er wordt ingespeeld op de leefbaarheid in de stad waar groen en water een bijdrage aan kan leveren. Met het oog op de toekomst moet dat zo blijven waardoor ingespeeld moet worden op het klimaat. Op **figuur 41** is Eindhoven te zien zoals men het tegenwoordig kent. (Gemeente Eindhoven, 2016) (Berendsen, 2005)

Figuur 41 Eindhoven in 2000 (Topo op reis, 2017)

De ruimtelijke analyse zal gemaakt worden op buurtniveau. De buurten verschillen van oppervlakte maar ook qua functie. Zo zijn er bijvoorbeeld woonwijken, winkelcentrums en bedrijventerreinen die van elkaar verschillen. Allereerst zal gekeken worden na de 116 buurten die Eindhoven kent. Op basis van de data analyse en de verschillende functies van de buurten is de keuze gemaakt om drie buurten nader te bekijken. Op basis van de drie thema's wateroverlast, hittestress en droogte.

Door de analysekaarten en toekomstplannen met de opdrachtgever te bespreken is ervoor gekozen om dieper in te gaan op: bedrijventerrein de Hurk (dat valt onder gebiedstype 'Industrie'), de binnenstad (dat valt onder gebiedstype 'Centrum') en woonwijk Muschberg Geestenberg (dat valt onder gebiedstype 'Stedelijk wonen').

Eindhoven heeft 116 buurten, zoals dat op **figuur 42** te zien is, met verschillende typologieën zoals te zien is in onderstaande kaart, per buurt is de buurtnaam aangegeven. In Eindhoven bevinden zich de volgende typologieën: historische binnenstad, stedelijke bouwblokken, vooroorlogse bouwblokken, tuindorpen en volkswijken, tuinstad laag- en hoogbouw, naoorlogse woonwijken, bloemkoolwijken, hoogbouw, vernieuwde en Vinex wijken, villa wijken en bedrijventerreinen. (HvA, 2016) (Kluck, Jeroen, 2017)



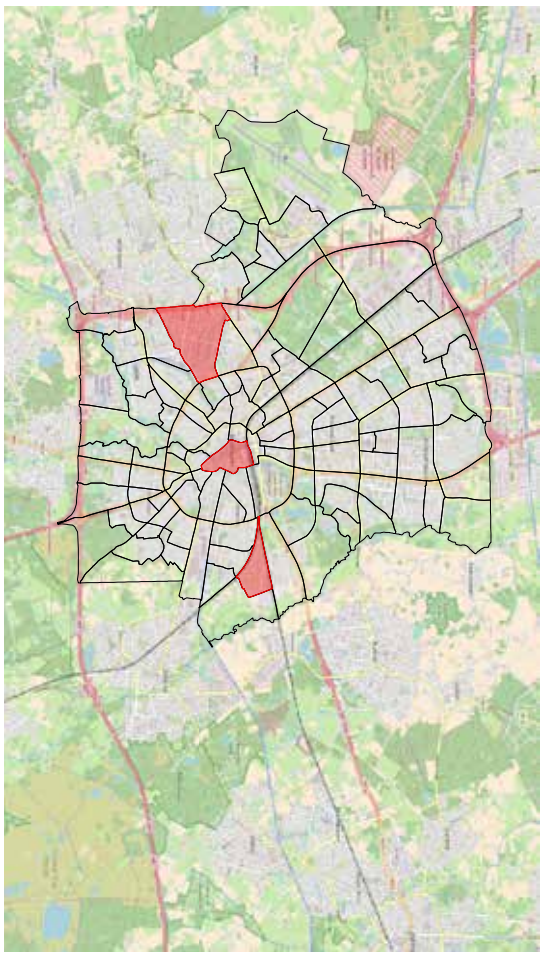
Figuur 42 Alle buurten gelegen in Eindhoven

Op de volgende pagina geeft de tabel door middel van de plusjes (+) aan hoeveel risico er is, hoe meer plusjes hoe groter het risico. De plusjes zijn gegeven op basis van de aanwezigheid van verharding, bebouwing/woningen en groen. De wijktypologieën zijn herleid uit de klimaat effect atlas en fungeert als rode draad voor het consortium en het project.

Uit de data analyse van de drie thema's springen verschillende buurten in het oog met verschillende functies. Er zal een nadere uitwerking gegeven worden voor drie buurten met verschillende functies. Een bedrijventerrein, een centrumgebied en een woonwijk. Dat houdt in dat de buurt dat er gekeken wordt naar de huidige situatie waarbij gekeken wordt welke problemen er spelen. Daarna worden ook maatregelen benoemd die bijdragen aan de klimaatbestendigheid van Eindhoven. Met naam en toenaam betekend dit: bedrijventerrein de Hurk, De binnenstad en woonwijk Geestenberg. Op pagina 74 in **figuur 43** is te zien waar de wijken gelegen zijn. Uit de data analyse blijkt dat er problemen zijn rondom hittestress, wateroverlast en droogte.

Wijktypologie	Bouwperiode	Kenmerken	Risico Hitte-stress	Risico water-overlast	Risico droogte
Historische binnenstad	Voor 1900	Veel verharding, 3-5 woonlagen en aanwezigheid van monumentaal groen.	+++	+++	+++
Stedelijk bouwblok	Voor 1940	Veel verharding, 4-8 woonlagen en weinig tot geen groen aanwezig.	+++	+++	+++
Vooroorlogs bouwblok	1900-1940	Redelijk veel verharding met groenstroken, 3-4 woonlagen.	+++	+++	++
Tuindorp	1910-1940	Redelijk veel verharding met privaat en openbaar groen, 2-3 woonlagen.	++	+++	++
Volkswijk	1910-1940	Veel verharding met weinig groene aanwezigheid, 2-3 woonlagen in de vorm van eengezinswoningen.	+++	++	++
Tuinstad laagbouw	1945-1960	Verharding met veel groen in verschillende vormen, 2-3 lagen in de vorm van eengezinswoningen.	+	++	+
Tuinstad hoogbouw	1945-1970	Verharding met veel groen, 4-6 woonlagen in de vorm van appartementen gesitueerd in open bouwblokken.	+	++	++
Naoorlogse woonwijk	1945-1990	Verharding met privaat en openbaargroen, 2-3 woonlagen eengezinswoningen gesitueerd in rijtjeshuizen, twee onder één kap en vrijstaande woningen.	++	++	++
Bloemkoolwijk	1945-heden	Verharding met gefragmenteerd groen en privaat groen in en rondom de wijk met kronkelend stratenpatroon. 2-3 woonlagen in verschillende vormen.	++	+	+
Hoogbouw	1990-heden	Verhardingen met groenstroken, gebouwd in een grid. Meer dan 10 woonlagen.	++	++	+++
Sub-urbane uitbreiding - Vinex	1990-heden	Verharding met privaat en openbaar groen. 2-3 woonlagen eengezinswoningen gesitueerd in rijtjeshuizen, twee onder één kap en vrijstaande woningen.	+	+	++
Vernieuwd	1990-heden	Veel verharding door het in passen tussen bestaande bouw.	+++	+	++
Villa	Van alle tijden	Verharding met veel privaat en veel openbaar groen, vrijstaande huizen van verschillende formaten.	+	+	+
Bedrijventerrein	Van alle tijden	Veel verharding ten behoeve van de functie, weinig groen en bedrijven van verschillende formaten.	+++	+	+++

Figuur 42: Tabel met risiconiveau op basis van stedenbouwkundige kenmerken HvA, 2016) (Kluck, Jeroen, 2017) (Bekker, 2015)



Figuur 43 Selectie buurten

De drie geselecteerde buurten hebben een label gekregen vanuit de data analyse die het labelsysteem heeft gevormd. Op basis van de kenmerken per typologie is het ook mogelijk om te concluderen hoe klimaatbestendig een buurt is. De wijktypologien zijn niet buurtspecifiek. In het vervolg zal ingegaan worden op buurt specifieke eigenschappen.

Figuur 44: Uitsnede labelsysteem en luchtfoto de Hurk

Op bovenstaande **figuur 44** is een uitsnede te zien van het labelsysteem van bedrijventerrein de Hurk. Het labelsysteem heeft het label D aan de buurt toegekend. Als men kijkt naar **figuur 42** is te zien dat bedrijventerreinen over veel verharding beschikt

ten behoeve van de functie met weinig groen. Gecombineerd met veel oppervlakte aan bebouwing. Het risico op hittestress, wateroverlast en droogte is aanzienlijk. Op basis van de kenmerken zou de buurt ook een label D toegekend krijgen.

Figuur 45: Uitsnede labelsysteem en luchtfoto binnenstad

Een uitsnede van de binnenstad van het labelsysteem en een luchtfoto is te zien op **figuur 45** . Het labelsysteem heeft het label D aan de binnenstad toegekend. Als er gekeken wordt naar de kenmerken van de historische binnenstad is er te concluderen dat er veel verharding is met bebouwing. Daarnaast is er sporadisch monumentaal groen aanwezig. Op de thema's hittestress, wateroverlast en droogte scoort de binnenstad daarom niet goed. Op basis van de kenmerken zou de buurt een label D/E toegekend krijgen.

Figuur 46: Uitsnede labelsysteem en luchtfoto woonwijk Geestenberg

Op **figuur 46** is een uitsnede van het labelsysteem te zien van woonwijk Geestenberg. Het labelsysteem heeft het label C aan de buurt toegekend. Als men kijkt naar **figuur 42** betreft de bloemkoolwijk is te zien dat er verharding ligt met gefragmenteerd groen. Op de thema's hittestress, wateroverlast en droogte scoort de buurt gemiddeld. Op basis van de kenmerken zou de buurt een label C toegekend krijgen.

6.2 UITWERKING DRIE BUURTEN

De uitwerking van de buurten is als volgt opgebouwd. Eerst zal in de inventarisatie de buurt beschreven worden. Beelden zullen daarbij de context van de wijk versterken. In de analyse zal een waarde oordeel aan de inventarisatie worden gegeven door middel van analysekaarten. Op basis van de inventarisatie en analyse van een buurt zullen conclusies en adviezen worden gegeven, deze zullen verschillen per buurt met uitwerking.

6.2.1 De Binnenstad

Inventarisatie

De binnenstad, gelegen in het centrum van Eindhoven wordt ook wel aangeduid als het 'rode steentjes gebied'. Dit komt door de aanwezigheid van het grote oppervlak aan rode verharding dat vaak van gevel naar gevel loopt. De contouren van de binnenstad zijn in **figuur 47** te zien.

Het centrum kan niet als klimaatadaptief worden bestempeld, dat geldt overigens niet alleen voor Eindhoven maar voor heel veel binnensteden. De straten zijn relatief smal. Het voordeel in het centrum is dat er geen auto's komen waar woonstraten wel mee te maken hebben. Het straatbeeld is zo goed als volledig verhard en er is weinig groen en schaduw. Ook het water kan nergens worden geborgen.

Figuur 47: De binnenstad gelegen in Eindhoven

Figuur 48: Verharding van gevel tot gevel in de Rechtstraat

Op de bovenstaande **figuur 48** loopt de verharding van gevel tot gevel doorbroken door enkele elementen. De afstand van gevel tot gevel is 11.00 meter. De **figuren 49, 50, 51, 52 en 53** geven een beeld van de invulling van het winkelgebied ofwel het Rode steentjes gebied.

Figuur 49: Volledig verhard plein in de binnenstad

Figuur 50: Groenvoorziening in het centrum

Figuur 51: Winkelstraat van gevel tot gevel verhard met enkele groene elementen

Figuur 52: Verhard plein in het stadscentrum

Figuur 53: Volledig verhard plein, niet overal zijn groenvoorzieningen op dezelfde manier in te passen zoals op het dak van de parkeergarage

Het stadscentrum van Eindhoven worden aangezien als zeer functioneel. Het centrum is de plek waaruit Eindhoven zich heeft ontwikkeld tot de stad zoals men die kent in de huidige situatie. Door het verleden heeft Eindhoven een relatief 'jong' karakter. Door de technologische achtergrond en de invloed van design is de stad meer toekomstgericht dan dat er gekeken wordt naar het verleden. Doordat het verleden en het heden in het centrum bij elkaar komen staan er veel gebouwen uit verschillende tijdsperiode naast elkaar. Ook de invulling van de gebouwen in het centrum verschilt met de omliggende buurten. In het centrum zijn veel voorzieningen die in andere buurten ontbreken. Er is naast plaats om te wonen ook ruimte voor winkels, horeca en andere werkgelegenheden er is ook ruimte voor kunst en cultuur, **figuur 51** laat een winkelstraat zien.

Het stratenpatroon vormt met de markten en de pleinen de historische structuur van het oorspronkelijke Eindhoven. Ook het water in de stad heeft historische waarde vanwege het ontstaan en de ontwikkeling van Eindhoven. Ook de ring in en rondom Eindhoven heeft invloed gehad op de binnenstad door de afnemende aanwezigheid van gemotoriseerd verkeer. Dit zorgt ervoor dat er minder verharding toegepast hoeft te worden en ruimte ontstaat voor groen en verblijfsplaatsen. Daarnaast is het mogelijk om water terug te brengen in de stad als verwijzing naar het verleden en voor het oplossen van de waterproblematiek.

Een ander kenmerk waarin te zien is hoe de binnenstad is ontstaan is de aanwezigheid van verschillende pleinen, voorbeelden daarvan zijn **figuur 52 en 53**. Niet alleen de bebouwing kent een diverse achtergrond ook de pleinen stammen uit verschillende tijdsperiode. Dit zorgt ervoor dat ieder plein een eigen karakter heeft en anders is qua sfeer en inrichting. Zoals eerder is benoemd is ook de aanwezigheid van de Dommel van belang in het centrum, door de oorsprong van de stad. De Dommel heeft is een belangrijk onderdeel van de openbare ruimte in de binnenstad. Door 'groen-blauwe' invloed zorgt voor extra beleving van de binnenstad.

De bebouwing, de aanwezigheid van water, het stratenpatroon en de markten en pleinen vormen samen de binnenstad en hoe mensen die ervaren. (Gemeente Eindhoven, 2012) (Bekker, 2015)

Analyse

De vervolgstap van de inventarisatie is de analyse. De analyse is als volgt opgebouwd: allereerst zullen de analyse kaarten worden toegelicht, vervolgens zal in een tabel af te lezen zijn wat de eigenschappen van de buurt zijn en daarna de conclusie voor de meest kansrijke mogelijkheid voor maatregelen rondom klimaatadaptatie.

Voor de analysekaarten is het van belang om de volgende zaken juist te interpreteren, deze zullen steeds volgen na de analysekaarten en zijn niet wijkspecifiek.

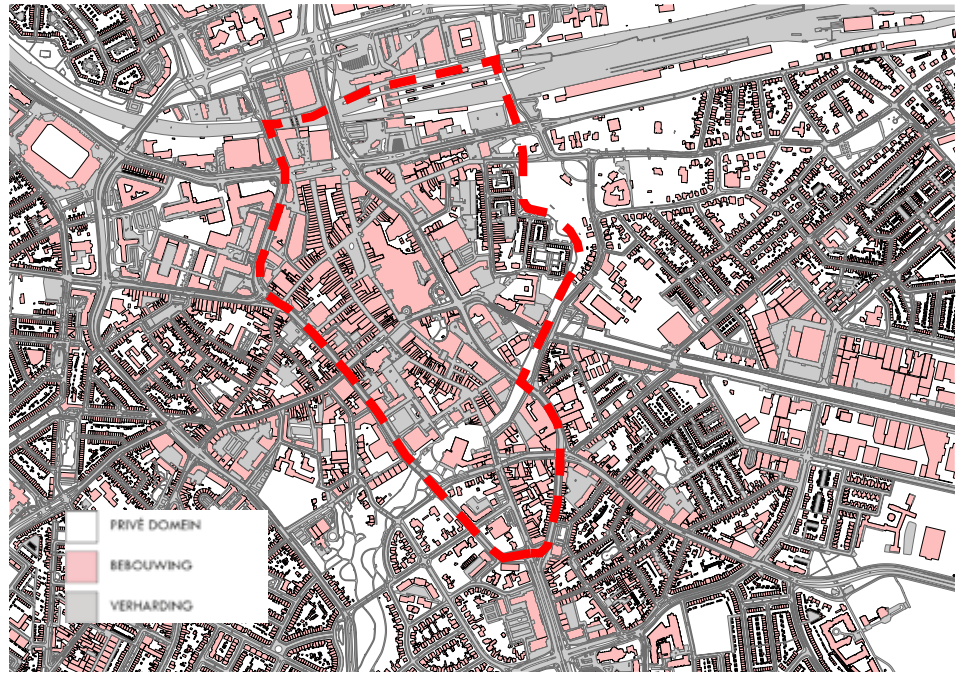
- Het aantal dagen hittestress laat zien hoeveel aantal tropische nachten er zijn per jaar in een buurt. Bij een tropische nacht blijft de temperatuur boven de 20 graden. Warme nachten hebben een belangrijke invloed op hittestress. Hittestress is gevaarlijk voor kwetsbare mensen en heeft invloed op de arbeidsuitval, zorgt meer ziekte onder die kwetsbare groep en de kans de mensen eerder sterven.
- Het percentage verharding laat zien hoeveel verharding er ligt in een buurt. De plekken waar geen groen is, zoals dat hierboven is beschreven, en geen water wordt gezien als verhard. Als er in een buurt veel verharding ligt is daar minder verdamping mogelijk door groen dat heeft invloed op de warmte. Naast de verharding hebben ook gebouwen invloed op de warmte in een stad, ze geven langzaam hun warmte af en de warmte blijft tussen gebouwen hangen.
- Het percentage groen laat zien hoeveel groen zich in een buurt bevindt, onder groen vallen onder andere bomen, struiken en lage vegetatie. Vooral bomen hebben verkoelende invloed op het klimaat in de stad.
- Op basis van laag, matig en hoog risico is te zien hoe groot het risico van wateroverlast is per buurt. Het is gebaseerd op de afstand van panden tot nabij gelegen water op straat en welk risico dat met zich mee brengt. In buurten waar veel bebouwing is en waar veel water blijft staan hebben een hoger risico.

(Klimaat Effect Atlas, 2017) (Gemeente Eindhoven, 2016)

Analysekaarten

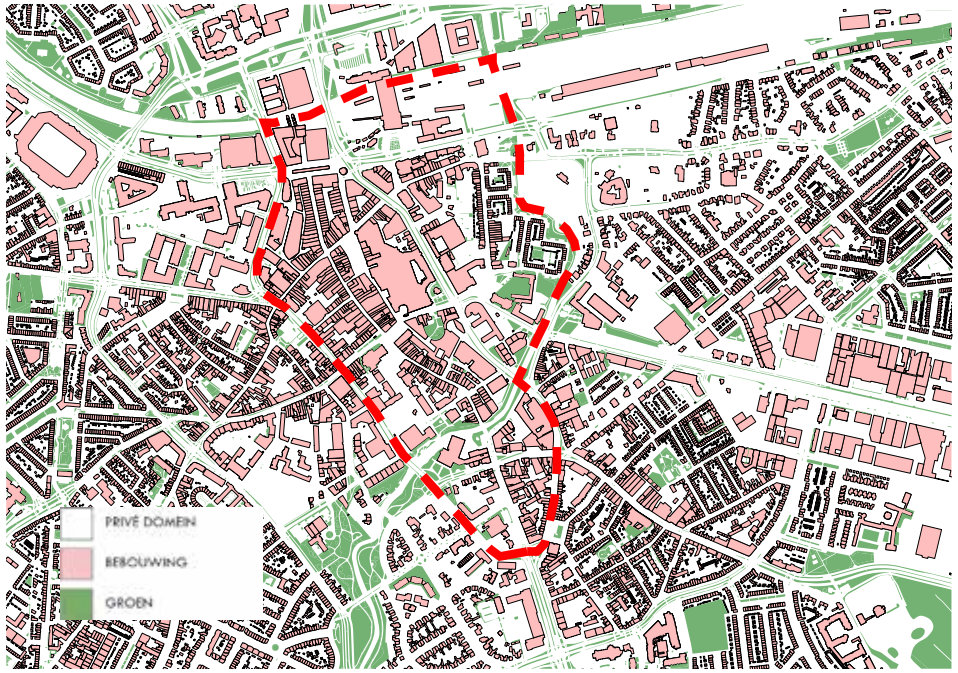
Figuur 54: Analysekaart van de bebouwing in de binnenstad

In **figuur 54** is te zien dat de binnenstad een enorme diversiteit aan bebouwing kent, zo zijn er historische woningen te vinden maar er is ook ruimte voor zeer recente bouwprojecten. Op de bovenstaande figuur is het bovenaanzicht van de eerder getoonde foto's te zien. De historische bebouwing kent veelal kleinere daken. Naast de verschillende bouwperiodes verschilt de bouwhoogte ook enorm. De bebouwingsdichtheid is redelijk groot in het centrum gebied waardoor er weinig ruimte is voor groen wat invloed heeft op de problematiek rondom hittestress en droogte. De bouwvolumes zorgen ervoor dat de warmte langer wordt vastgehouden en langzaam wordt afgegeven waardoor ook in de avond hinder wordt ondervonden. Uit onderzoek blijkt dat er zo'n 10 á 12 dagen hittestress is door warme nachten. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Services, 2017) (Tauw, 2017)



Figuur 55: Analyse kaart van de verharding in de binnenstad

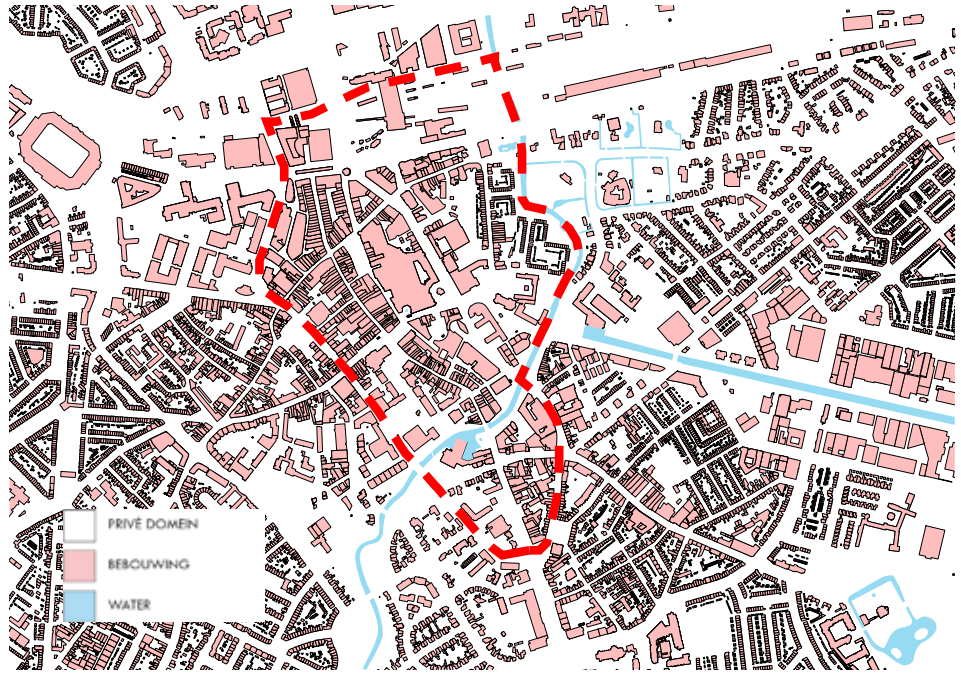
Naast de bebouwing heeft ook de hoeveelheid verharding invloed op hittestress. De verharding in de openbare ruimte is het grijze deel in **figuur 55**. De verharding samen met de bebouwingsdichtheid heeft er toe geleid dat er amper ruimte is voor groen, water of andere elementen die een positieve invloed hebben op hittestress of wateroverlast. Het plangebied bevat veel verharde oppervlakten die voornamelijk bestaan uit woon- en winkelpanden en de bijbehorende terreinverharding met openbare ruimte. In het centrum zijn met uitzondering van de sporadische groene elementen en de Dommel geen onverharde gebieden. De percentages liegen er dan ook niet om, zo'n 80% tot 90% is verhard in de binnenstad. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Services, 2017) (Tauw, 2017)



Figuur 56: Analysekaart van de groenzones in de binnenstad

Zoals in de voorgaande analysekaarten zichtbaar is geworden is er weinig ruimte voor groen in de binnenstad, te zien op **figuur 56**. In de binnenstad liggen naast de Dommel en de daarbij behorende natuurlijke oever nog enkele kleine verspreid liggende groenelementen. Gezamenlijk hebben die als functie ecologie, vermindering van hittestress en waterberging. Het is belangrijk dat de groene invulling van de stad wordt gehandhaafd en waar het mogelijk is versterkt. Uit de percentages blijkt ook dat de binnenstad weinig groene invulling heeft. Maar 10 tot 20% is groen. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (De Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek, 2014)

Door de hoeveelheid verharding zal het water zo snel mogelijk uit het centrumgebied afgevoerd worden naar de omgeving. Er zijn weinig infiltratie- of bergingsmogelijkheden, enkel op sommige plekken zoals de Dommel die te zien is op **figuur 57**. Op straat waar variatie in hoogte verschil op straat is zodat winkels en kantoren niet onder water komen te staan. Gemiddeld kan er minder dan 10 cm water geborgen worden op straat in de binnenstad. Het aantal centimeter laat zien hoeveel water kan blijven staan op straat na een flinke bui. Het water blijft staan in de lager gelegen delen. Het risico op wateroverlast kan dat ook als hoog worden bestempeld. (Klimaat Effect Atlas, 2017)



Figuur 57: Analysekaart van water in de binnenstad

De eigenschappen zijn verwerkt in onderstaande tabel, **figuur 58**, waarin de belangrijke kenmerken zijn benoemd.

Bebouwingsvormen	Veelal gesloten bouwblokken met variatie aan bouwtijden
Hoogte bebouwing	Tot 10 met enkele hoogbouw
Oriëntatie bebouwing	Voorkant naar de straat
Woningtypen	Zeer variërend van oude deftige middenstandswoningen tot recente gestapelde bebouwing
Breedte straatprofiel	Variërend tot 12 meter
Verharding (materiaal)	Veelal elementenverharding (70 tot 80%)
Aanwezigheid groen	Minimaal (20 tot 30%)
Schaduw (bomen/heesters)	Minimaal
Waterberging	Alleen op straat met enkele infiltratie mogelijkheden en de Dommel
Waterafvoer	Zo snel mogelijk via de straat het gebied uit

Figuur 58: Eigenschappentabel (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Bekker, 2015)

Conclusie en advies

Door het ontbreken van auto's biedt de binnenstad wel ruimte voor groen en of elementen die voor schaduw kunnen zorgen. In de huidige situatie is wel gekozen om technische innovaties toe te passen en/of zitgelegenheden. Deze elementen hoeven niet uit het straatbeeld te verdwijnen maar zouden gecombineerd kunnen worden met groene invloeden. Ook biedt het centrum de mogelijkheid om bezoekers kennis te laten maken met klimaatadaptatie en de noodzaak er van in te zien, dit zou bijvoorbeeld kunnen door regenwaterafvoer aan het licht te brengen en groene gevels toe te passen.

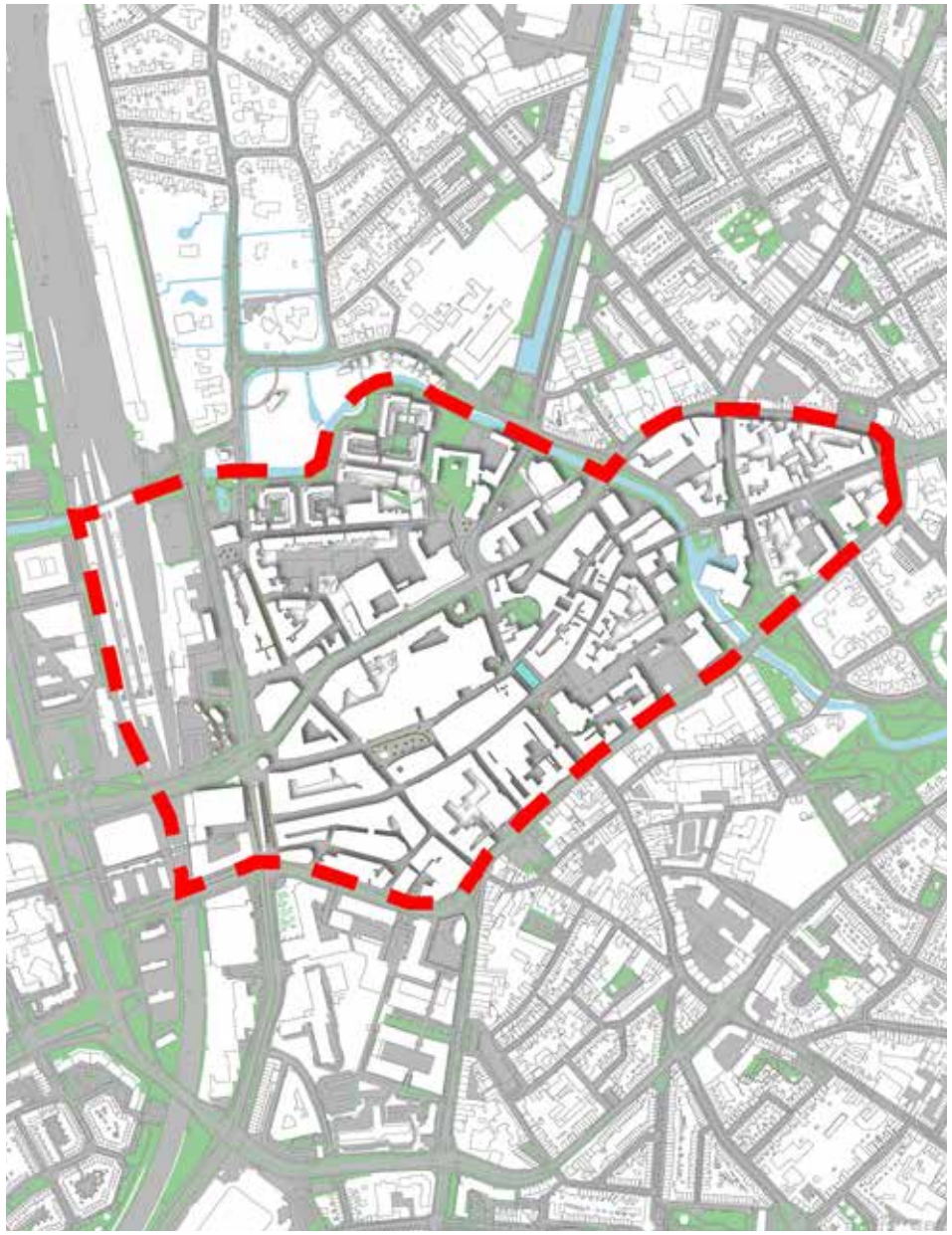
De binnenstad heeft te maken met hittestress en wateroverlast. Het straatprofiel laat weinig ruimte over om water te bergen of groen in te passen. In tegenstelling tot het bedrijventerrein zijn de daken in de binnenstad ongelijkmatig en lastiger om te vormen tot groene parken.

De meest kansrijke mogelijkheid is om de wateroverlast en hittestress op andere manieren aan te pakken. Om een straat aantrekkelijker te maken en hitte aan te pakken voor de bezoekers van de binnenstad zal er meer schaduw in het loopgebied gebracht moeten worden, dit kan door middel van het plaatsen van bomen al dan niet in de grond of het toepassen van boombakken maar ook door het aanbrengen van pergola's met begroeiing. De straat zal niet onnodig opwarmen en er zijn voldoende plekken voor verkoeling op het heetst van de dag.

Klimaat adaptieve uitwerking

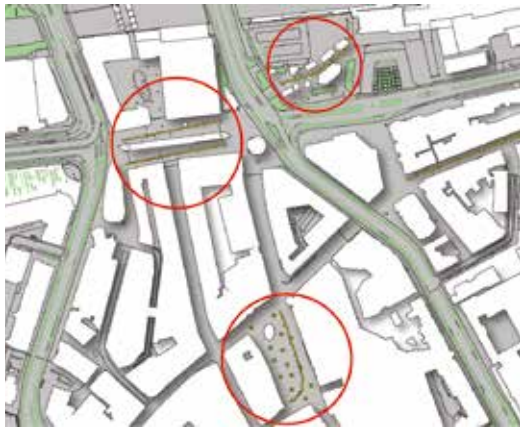
De overzichtstekening hieronder op **figuur 59** is het centrum uitgelicht. De problematiek rondom hittestress is het grootst in de binnenstad en is daardoor het onderwerp waarop het meeste resultaat te behalen door problemen aan te pakken. De maatregelen die getroffen worden zullen op de aankomende bladzijde worden verklaard. Vervolgens zijn er visualisaties gemaakt van de maatregelen.

In het centrumgebied is het van belang dat het gebied kan blijven functioneren ondanks de hitteproblematiek. Bezoekers moeten blijven komen en bewoners blijven wonen. Daarvoor worden schaduw gevende maatregelen getroffen in de vorm van pergola's met beplanting. De combinatie heeft een positieve uitwerking rondom het thema hittestress.



Figuur 59: Ontwerp ten behoeve van klimaatadaptatie voor de Binnenstad

Naast de pergola's die zorgen voor extra schaduw in het gebied zullen ook boombakken worden geplaatst, **fig. 60 en 61**. In een later stadium kunnen de tijdelijke zones definitief in het maaiveld worden gerealiseerd zoals dat bij het TIOD-project in Gent is gedaan. De boombakken bieden daarnaast ook gelegenheid om op een koele plek te verblijven.



Figuur 60: Hittestressbestendige maatregelen in de binnenstad

Figuur 61: Maatregelen stationsgebied

Figuur 62: Waterbergende maatregel in de binnenstad

De maatregel die onder andere getroffen kan worden is om waterberging in te passen, zie **figuur 62**. Water in een verhard gebied heeft een positieve uitwerking op de hitteproblematiek. Echter zal dat invloed hebben op de kostenpost omdat de ondergrond flink aangepast zal moeten worden. Ook is het mogelijk om een waterberging op de bestaande situatie neer te zetten. Er is dan een minder bergende functie.

Impressies

Op **figuur 63** is de toepassing van groen dat niet in het maaiveld word toegepast te zien. In een later stadium zouden de bomen in het maaiveld kunnen worden gerealiseer

Figuur 63: Toepassing van groen voor schaduwwerking

Op **figuur 64** is te zien wat de invloed is van pergola's op een plein. Door de pergola's te laten begroeien is er meer plaats voor groen in het centrum met schaduwwerkende functie

Figuur 64: Pergola's met begroeiing ten behoeve van schaduwwerking

Op **figuur 65** is te zien hoe een waterberging in de huidige situatie kan worden toegepast. Naast de waterbergende functie creëert het ook bewustwording bij bezoekers door regenwater opslag zichtbaar te maken.

Figuur 65 Waterberging in de stad

6.2.2 Bedrijventerrein De Hurk

Inventarisatie

Bedrijventerrein de Hurk heeft een totale oppervlakte van 200 hectare en staat bekend als het grootste bedrijventerrein van Eindhoven. Het terrein is ontstaan in de jaren 50, die bedrijvigheid in die tijd heeft ervoor gezorgd dat de bedrijven voornamelijk aan het Beatrixkanaal zijn gevestigd. In de periode daarna is de Ringweg aangelegd waardoor de Hurk nog verder kon groeien. Op **figuur 66** zijn de contouren van het bedrijventerrein te zien. (De Hurk, 2017)

Figuur 66: Bedrijventerrein de Hurk gelegen in Eindhoven

Industrieterreinen zijn vaak ingericht ten behoeve van de functionaliteit dat wil zeggen een goede infrastructuur en veel verharding voor de bezoekers van het bedrijventerreinen die bestaan uit vrachtwagens, personenauto's, brom- en snorfietsers en niet gemotoriseerd verkeer. Niet ieder bedrijf heeft ruimte gegeven aan een groene inrichting. De bedrijven die dat wel hebben gedaan gaan vaak niet verder dan een tuintje als visitekaartje als entree waar de beplanting niet te vrij mag groeien. Op **figuur 67** is een uitsnede van zo'n deel te zien. Gezien de hoeveelheid neerslag die valt en oppervlakte water die geborgen moet worden mag de vraag gesteld worden waarom geen eisen worden gesteld ten behoeve van de klimaatproblematiek die speelt. Foto's op **figuur 68 t/m 72** schetsen een beeld van bedrijventerrein de Hurk.

Figuur 67: Uitsnede van de structuur van het bedrijventerrein de Hurk

Figuur 68: De Hurksestraat op het bedrijventerrein

Figuur 69: Groene middenberm

Figuur 70: Bijna volledig verhard straatprofiel

Figuur 71: Het Beatrixkanaal met natuurlijke oever

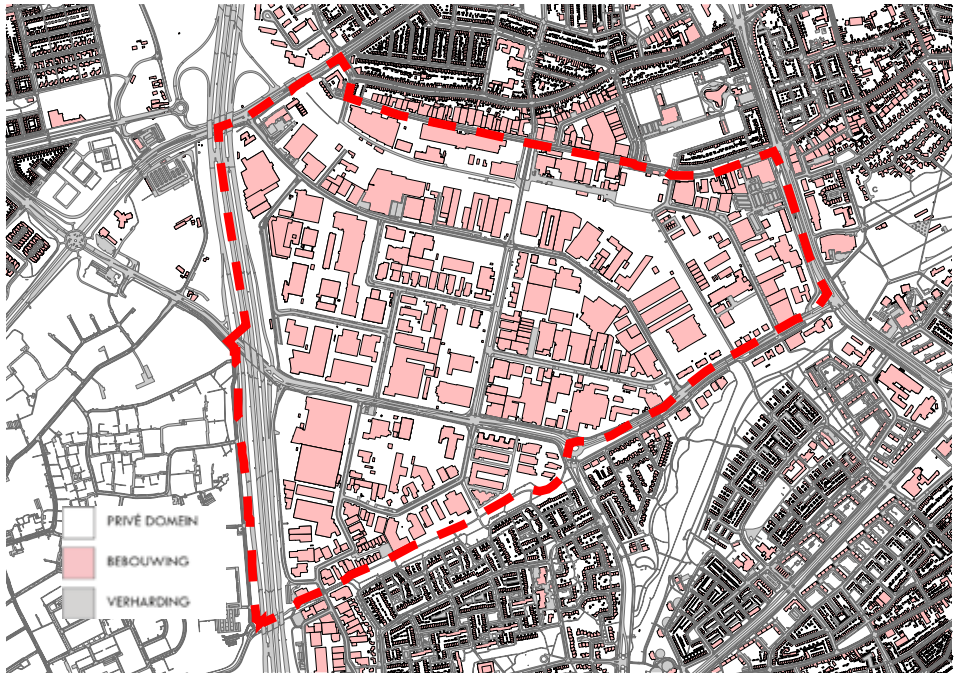
Figuur 72: Groene middenberm, aan beide zijden bomen

Analyse

De vervolgstap van de inventarisatie is de analyse. De analyse is als volgt opgebouwd: allereerst zullen de analyse kaarten worden toegelicht, vervolgens zal in een tabel af te lezen zijn wat de eigenschappen van de buurt zijn en daarna de conclusie voor de meest kansrijke mogelijkheid voor maatregelen rondom klimaatadaptatie.

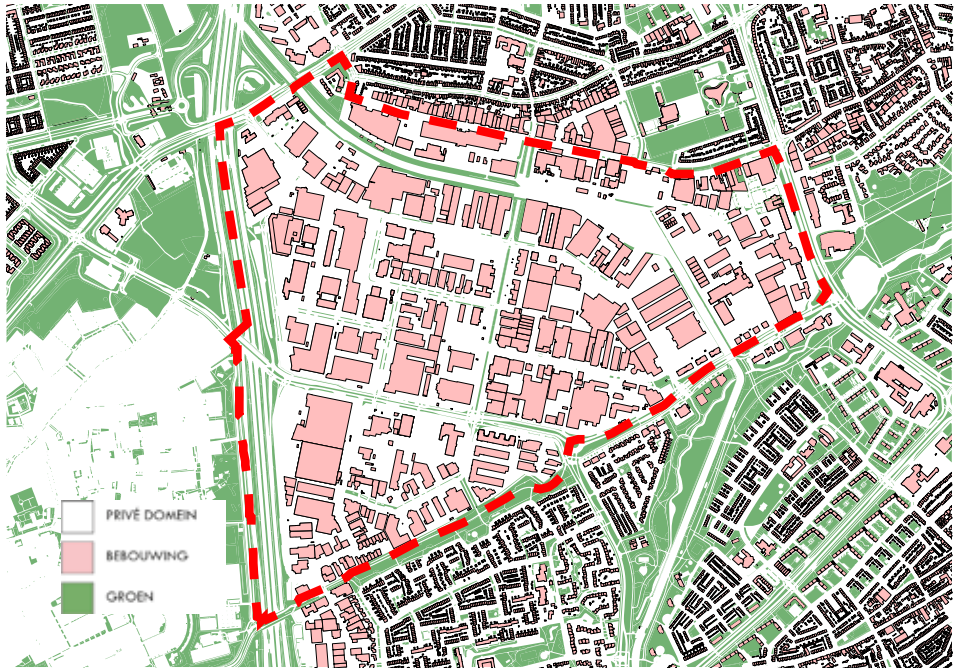
Figuur 73: Analysekaart van de bebouwing op bedrijventerrein de Hurk

Bedrijventerrein de Hurk kent een relatief hoge bebouwingsdichtheid als het gaat om de oppervlakte van de bedrijven, **figuur 73** geeft daar een indicatie van. Anders dan in de binnenstad wordt het gekenmerkt door de enorme panden die verschillen in hoogte. Naast de enorme panden zijn er ook enkele kleine bedrijven qua omvang te vinden die eerder als villa getypeerd zouden worden dan als bedrijfspand. De oppervlakte bebouwing zorgt er samen met de verharding voor dat de hitte niet verminderd zal worden en dus hittestress op zal leveren voor de bewoners en werknemers van het bedrijventerrein. Uit onderzoek blijkt dat er hittestress is door warme nachten op 7 dagen in het jaar. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Services, 2017) (Tauw, 2017)



Figuur 74: Analysekaart van de verharding op bedrijventerrein de Hurk

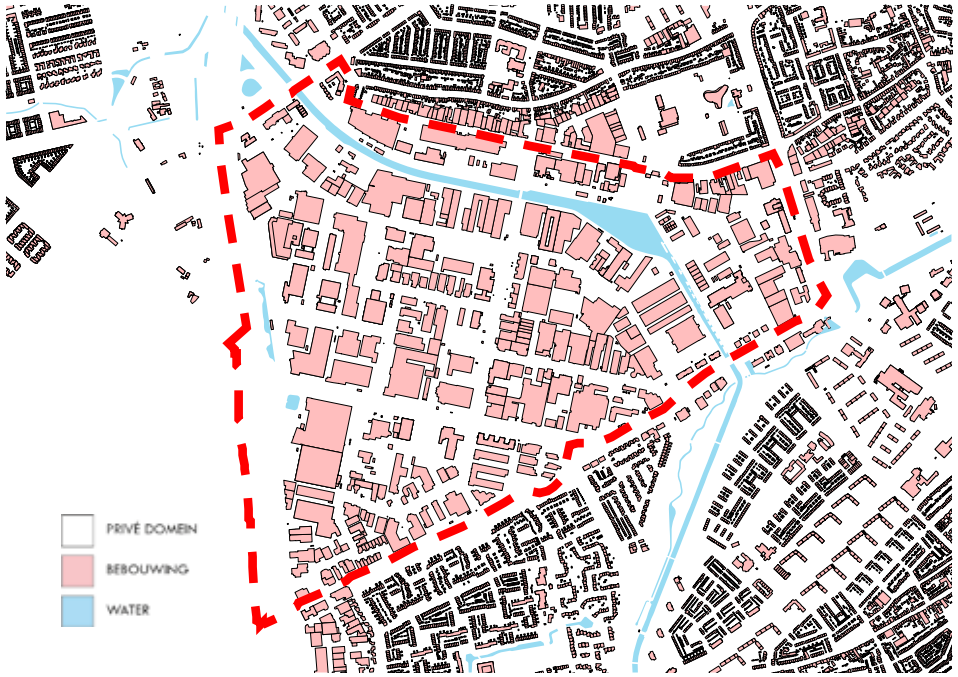
Naast de verharding van de belangrijke wegen die in het openbaar terrein liggen, is ook het private domein dat rondom de bedrijven ligt enorm veel verhard waar weinig ruimte is voor groen dat invloed heeft op de problematiek rondom hittestress. De verharding is echter nodig voor de dagelijkse gang van zaken op het bedrijventerrein. Dat resulteert dat er zo'n 70-80% verhard is op het bedrijventerrein zoals te zien is op **figuur 74**. Het percentage laat zien hoeveel verharding er ligt in een buurt. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Services, 2017) (Tauw, 2017)



Figuur 75: Analysekaart van de groenzones op bedrijventerrein de Hurk

Zoals het ook het geval was in de binnenstad blijft er door de bebouwing en de verharding weinig ruimte over voor groen. Op enkele plekken is geprobeerd groen in te passen in bermen langs wegen in het openbare domein, **figuur 75**. Het straatprofiel en de functies van het bedrijventerrein zorgen ervoor dat er niet veel groen ingepast kan worden. Dat blijkt uit de percentages, 20 tot 30% is groen op het bedrijventerrein. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (De Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek, 2014)

Door bedrijventerrein de Hurk loopt een belangrijke waterweg, het Beatrixkanaal. Op **figuur 76** is te waterloop te zien. Het kanaal kan het water snel uit de buurt af voeren. Er zijn weinig mogelijkheden om water te bergen, ook op straat is er amper de mogelijkheid toe omdat het bedrijventerrein moet blijven functioneren voor de voertuigen die het werk leveren. Het is mogelijk om tot 10 centimeter water te bergen op straat in het straatprofiel. Het aantal centimeter laat zien hoeveel water blijft staan op straat na een flinke bui. Het water blijft staan in de lager gelegen delen. Het risico op wateroverlast is daardoor mede gecategoriseerd op matig. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (De Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek, 2014)



Figuur 76: Analysekaart van water op bedrijventerrein de Hurk

De eigenschappen zijn verwerkt in onderstaande tabel, **figuur 77**, waarin de belangrijke kenmerken zijn benoemd.

Bebouwingsvormen	Verspreide bedrijfsbebouwing
Hoogte bebouwing	Variërend in maat en schaal
Oriëntatie bebouwing	Voorkant naar de straat terug gelegen op het perceel
Woningtypen	Bedrijfsbebouwing
Breedte straatprofiel	Variërend tot 15 meter
Verharding (materiaal)	Veelal asfalt (70 tot 80%)
Aanwezigheid groen	Minimaal met enkele groenzones (20 tot 30%)
Schaduw (bomen/heesters)	Minimaal
Waterberging	Mogelijk in enkele groenzones en Beatrixkanaal
Waterafvoer	Mogelijk op straat, groenzones en Beatrixkanaal

Figuur 77: Eigenschapptentabel (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Bekker, 2015)

Conclusie en advies

De grootste problemen waar bedrijventerrein de Hurk mee te maken heeft zijn wateroverlast en hittestress. Zoals gebleken is uit de analyse is er weinig ruimte in het straatprofiel en op het terrein rondom bedrijven. De infrastructuur is van dusdanig belang voor het functioneren van een bedrijventerrein gezien de vrachtwagens en andere motorvoertuigen biedt die ruimte niet de uitkomst. Zoals te zien is op de analysekaarten is er een enorm oppervlakte dat ingenomen wordt door daken. Die oppervlakte wordt niet tot amper benut.

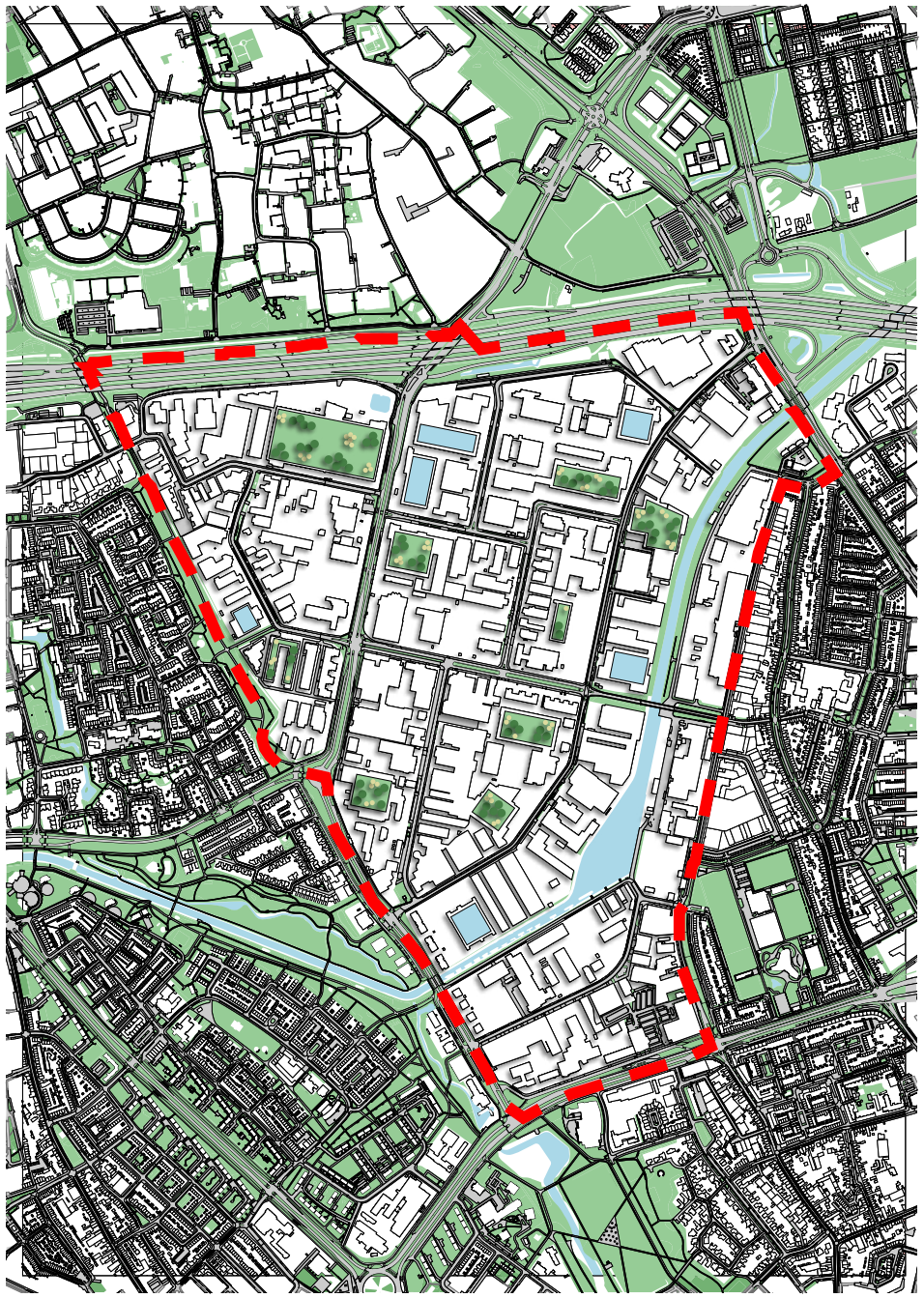
De meest kansrijke mogelijkheid is om de problematiek rondom wateroverlast en hittestress aan te pakken door de daken in gebruik te nemen. Op de daken kan water geborgen worden, de rekensom die daarvoor gemaakt is om de oppervlakte van bedrijventerrein in m2 te vermenigvuldigen met het aantal cm dat voor overlast zorgt wat resulteert in het aantal m3 dat geborgen zal moeten worden. Daarnaast heeft groen invloed op het aanpakken van hittestress door de verdamping. Er zijn twee verschillende manieren om groene daken toe te passen Sedumdaken en dakparken. Voornamelijk de invloed op het straatbeeld vanuit maaiveld perspectief zal hierdoor veranderen. Waar sedum amper te zien is zullen bomen en heesters wel vanaf de weg te zien zijn.

De maatregelen die getroffen worden voor de Hurk zullen als richtlijn gebruikt kunnen worden voor de toekomst, voor bedrijven kunnen regels worden opgesteld waardoor zij verplicht een dusdanig constructie moeten bouwen zodat daar dak- en of gevelgroen op gesitueerd kan worden.

Voor de waterberekening is gerekend met het water dat voor overlast zorgt. De overlast bedraagt zo'n 15 centimeter zoals dat is gebleken uit de bui 100 berekening van de gemeente Eindhoven. Wanneer dat geldt voor het gehele oppervlakte van het bedrijventerrein van 2000 m2 zal er zo'n 300 m3 water geborgen moeten worden.

Klimaatadaptieve uitwerking

De overzichtstekeningen (**figuur 78**) van bedrijventerrein de Hurk laat zien dat de loze oppervlakte die amper wordt gebruikt in de nieuwe situatie tot zijn recht komt. In het straatprofiel is geen ruimte om de problematiek rondom hittestress en wateroverlast aan te pakken. De dakparken zorgen voor verkoeling en bieden de mogelijkheid tot infiltratie, de waterberging houdt water vast zodat er een andere plek in de stad wordt ontzien van de problematiek. Het geldt als richtlijn voor nieuwe bedrijven. De nieuwe bedrijven kunnen rekening houden gedurende de bouw met de constructie om een dakpark of waterberging te kunnen realiseren



Figuur 78: Ontwerp ten behoeve van klimaatadaptatie voor bedrijventerrein de Hurk

Een maatregel om de problematiek in het gebied aan te pakken is het construeren van dakparken en waterberging op daken, zoals te zien is op **figuur 79**. In het verharde gebied is er meer ruimte voor infiltratie en ruimte om water bij de bron vast te houden dat resulteert in een positieve uitwerking op de problematiek.

Figuur 79: Groene daken op bedrijventerrein de Hurk
Figuur 80: Waterberging op daken op bedrijventerrein de Hurk

Dakparken en waterberging op daken, zoals weergegegeven op **figuur 80** hebben een positieve invloed op de werkende groep op het bedrijventerrein. Op de hete dagen wanneer er sprake is van hittestress is er een verkoelende plek om tot productief te werk te gaan.

Figuur 81: Sedumdaken op bedrijventerrein de Hurk

Naast dakparken en waterberging op daken is er ook de mogelijkheid om langs het Beatrixkanaal groen toe te passen die meer bijdraagt aan de problematiek die het bedrijventerrein kent, zie **figuur 81**.

Impressies

Figuur 82: Dakparken en waterberging vanuit maaiveld perspectief

In **figuur 82** is te zien wat de invloed is van dakparken en waterberging op dak op het straatbeeld vanaf de weg.

Figuur 83: Dakpark vanaf de straat

Op **figuur 83** is te zien wat de impact is van een groen dak, ondanks de verharde omgeving geeft het een groen beeld vanaf de straat.

Figuur 84: Mogelijkheid tot extra groenzone

Op **figuur 84** is te zien dat naast de inbreng van groene daken er ook de mogelijkheid is om op enkele andere plaatsen groene zones in te passen. De maatregelen beïnvloeden de dagelijkse werkzaamheden niet maar hebben wel invloed hebben op de problematiek.

6.2.3 Woonwijk Geestenberg

Inventarisatie

Woonwijk Muschberg Geestenberg heeft een totale oppervlakte van 70 hectare. De woonwijk is gebouw in de jaren ’60 en ’70. (Buurtkompas, 2017) Het is een reactie op de stedenbouw die in de rest van de stad werd gebouwd. De contouren zijn op **figuur 85** te zien.

Figuur 85: Woonwijk Geestenberg gelegen in Eindhoven

Woonwijk Muschberg Geestenberg is een bloemkoolwijk met veel eengezinswoningen met voor- en achtertuinen. Het is een woonerf met kronkelend stratenpatroon gekenmerkt door hofjes en groenstroken. Zoals op **figuur 86** is te zien. De woonwijk is ontworpen en gebouwd uit oogpunt van de mens. De sociale cohesie werd als zeer belangrijk beschouwd dat zorgde ervoor dat in de wijk alleen plaats is voor wonen. Winkels, werkvoorzieningen en andere benodigdheden bevinden zich erbuiten.

Figuur 86: Uitsnede van de typische bloemkoolwijkstructuur van Geestenberg

Zoals bij de meeste bloemkoolwijken het geval is bevindt Muschberg Geestenberg zich aan de rand van de stad, op fietsafstand van het centrum. Vaak ligt er een ontsluitingsweg tussen de woonwijk en het centrum dit zorgt voor een goede verbinding naar de andere voorzieningen omdat die vaak niet in de woonwijk liggen. De auto is daarom voor de bewoners van groot belang maar tijdens het ontwerpproces is nooit vanuit de auto ontworpen. Dat is te merken in de huidige situatie omdat de auto daar een zeer belangrijke rol in het straatbeeld speelt.

Een bijzonder gegeven van de Muschberg Geestenberg is de hoeveelheid groen die in en om de woonwijk ligt. Dat is tijdens de ontwikkeling van de bloemkoolwijk gedaan ten behoeve van de woonkwaliteit. Het omliggende groen wordt echter niet verbonden met de wijk, er zijn amper doorzichten die daar voor zouden kunnen zorgen. Dat is te zien op **figuren 87, 88, 89, 90 en 91**. (Bekker, 2015) (Kluck, 2017)

Figuur 87: Bomen zijn op verschillende manieren toegepast

Figuur 88: Groenzones in Geestenberg

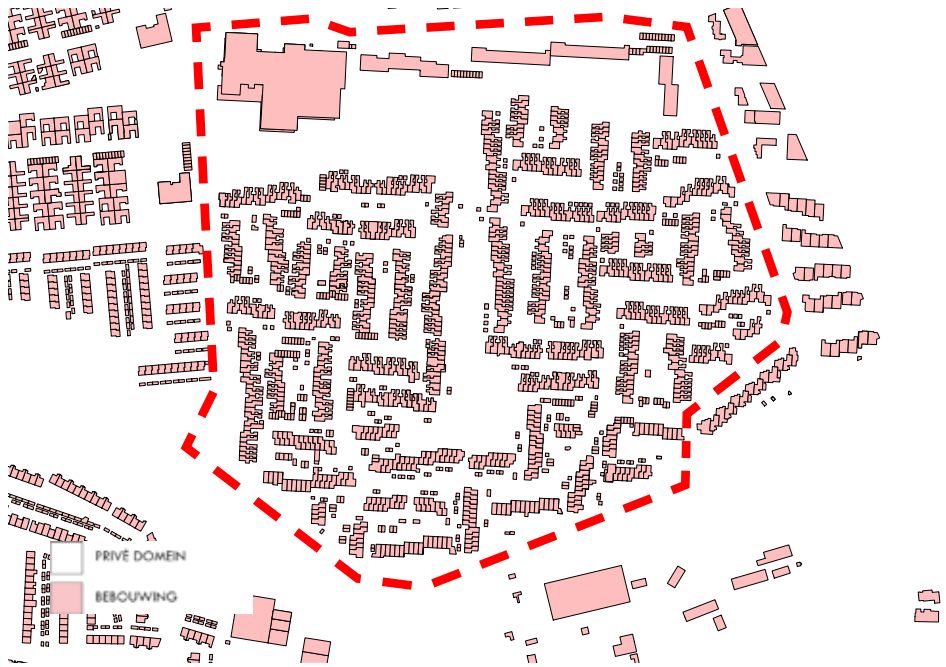
Figuur 89: Straatprofiel met aan weerszijde bomen in verhoogde bakken die niet bijdragen aan het verhelpen van wateroverlast

Figuur 90: Verharding in de woonwijk

Figuur 91: Groenweide aan de rand van de woonwijk

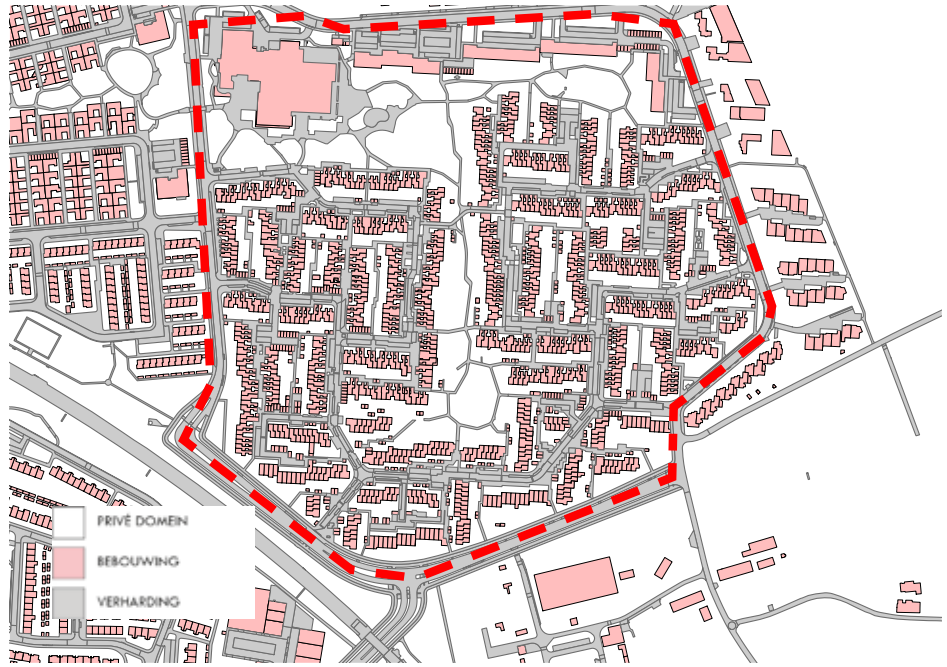
Analyse

De vervolgstap van de inventarisatie is de analyse. De analyse is als volgt opgebouwd: allereerst zullen de analyse kaarten worden toegelicht, vervolgens zal in een tabel af te lezen zijn wat de eigenschappen van de buurt zijn en daarna de conclusie voor de meest kansrijke mogelijkheid voor maatregelen rondom klimaatadaptatie.



Figuur 92: Analysekaart van bebouwing in woonwijk Geestenberg

Woonwijk Geenstenberg wordt voornamelijk gekenmerkt door strokenbouw bestaande uit open bouwblokken, waarin de bebouwing varieert in hoogte. Naast de variatie in hoogte verschilt de oriëntatie van de bebouwing er zijn voor-, zij- en achterkanten naar de straat georiënteerd. Ook de woningtypen verschillen in de woonwijk zo staan er rijtjeshuizen en geschakelde woningen. Ondanks de hoeveelheid woningen is er voldoende ruimte voor groen. Dit komt mede door de opbouw van de bloemkoolwijk en de gedacht waardoor deze zijn gebouwd. **Figuur 92** laat goed de bebouwing zien. Uit onderzoek blijkt dat er 4 tot 5 dagen zijn dat er hittestress is door warme nachten. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Services, 2017) (Tauw, 2017)

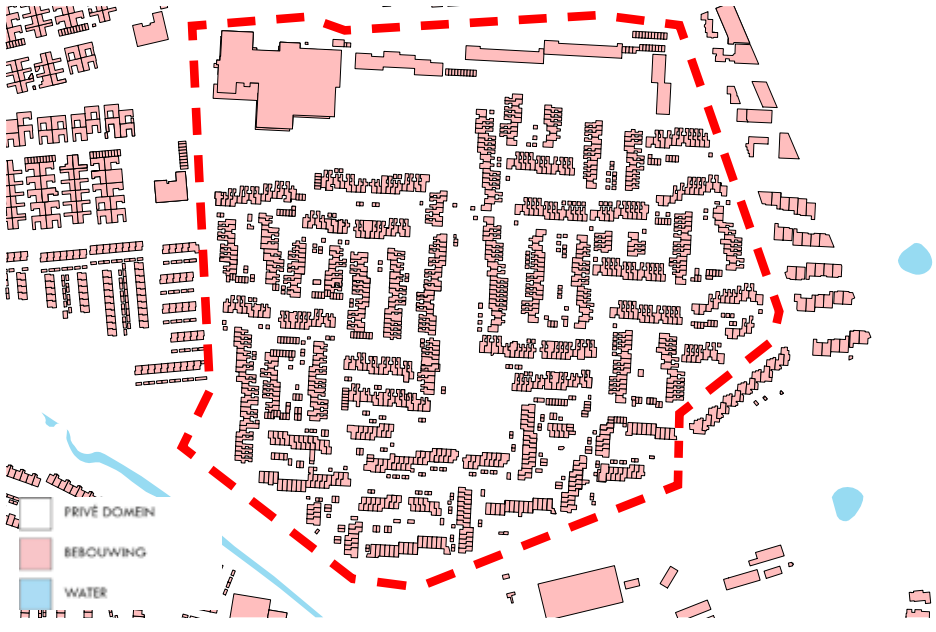


Figuur 93: Analysekaart van de verharding in woonwijk Geestenberg

De bloemkoolwijk Geestenberg wordt gekenmerkt door het kronkelend stratenpatroon. De verharding biedt ook de ruimte voor het groen. Voornamelijk omdat enkel de wegen en de parkeerplaatsen verhard zijn, de rest krijgt waar mogelijk een groene invulling. Dat blijkt uit de percentages die aangeven dat zo'n 60 tot 70 % verhard is. Het percentage laat zien hoeveel verharding er ligt in een buurt. **Figuur 93** geeft daar een indruk van. De plekken waar geen groen is, zoals dat hierboven is beschreven, en geen water wordt gezien als verhard. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Services, 2017) (Tauw, 2017)

In tegenstelling tot de voorgaande buurten bevindt zicht relatief veel groen in de woonwijk, te zien op **figuur 94**. Er is een groenweide gesitueerd in het midden van de woonwijk aan de rand van de huizen. Ook is er zijn er kleine plantsoenen gesitueerd. Het gefragmenteerde groen is kenmerkend voor een bloemkoolwijk zoals Geestenberg. Uit de percentages blijkt dat ook, zo'n 30% tot 40% is groen in de buurt. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (De Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek, 2014)

Figuur 94: Analysekaart van de groenzones in woonwijk Geestenberg



Figuur 95: Analysekaart van water woonwijk Geestenberg

In de huidige situatie in de woonwijk is amper mogelijkheid tot waterberging, enkel de groene elementen zorgen voor infiltratie. Goed te zien op **figuur 95**. In het stratenprofiel kan 10 centimeter water worden geborgen. Het aantal centimeter laat zien hoeveel water blijft staan op straat na een flinke bui. Het water blijft staan in de lager gelegen delen. De combinatie die is gemaakt gedurende de data analyse waarbij met de hoeveelheid bewoners en de schade die het daardoor op kan leveren is meegenomen zorgt ervoor dat het risico op wateroverlast hoog. (Klimaat Effect Atlas, 2017) (De Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek, 2014)

De eigenschappen zijn verwerkt in onderstaande tabel, **figuur 96**, waarin de belangrijke kenmerken zijn benoemd.

Bebouwingsvormen	Strokenbouw (open bouwblokken)
Hoogte bebouwing	Tot 10 meter
Oriëntatie bebouwing	Variërend van voor- zij- en achterkant naar de straat
Woningtypen	Rijtjeshuizen en geschakelde woningen
Breedte straatprofiel	6 tot 7 meter
Verharding (materiaal)	Veelal open verharding (60 tot 70%)
Aanwezigheid groen	Groenzones in straat en speelweide (30 tot 40%)
Schaduw (bomen/heesters)	Redelijk
Waterberging	Mogelijk in speelweides, groenzones en op straat
Waterafvoer	Mogelijk op straat, speelweides en groenzones

Figuur 96: Eigenschappentabel (Klimaat Effect Atlas, 2017) (Bekker, 2015)

Conclusie en advies

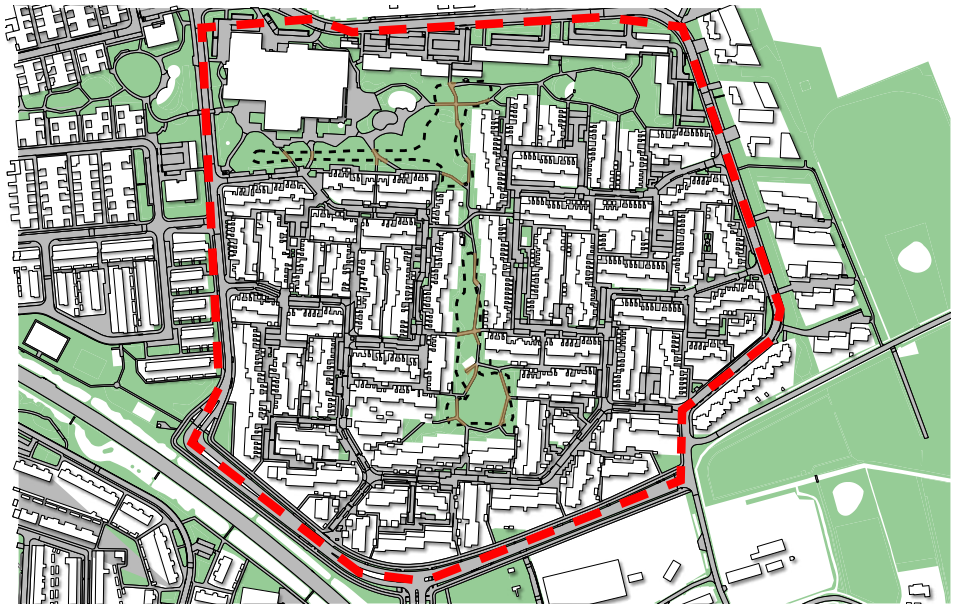
De grootste problematiek in woonwijk Geestenberg is de problematiek rondom water en droogte. Uit de analysekaarten is gebleken dat er een enorm oppervlakte beschikbaar is in de woonwijk om water te kunnen bergen om andere delen van Eindhoven ook te kunnen ontzien van water. Er zijn verschillende mogelijkheden om de problemen aan te pakken. Zo is het mogelijk om de groenzones klimaatadaptiever aan te passen. Echter is het groen zeer gefragmenteerd in de woonwijk en zal zo'n minimaal invloed hebben op de problematiek als de verhoogde plantbakken naar maaiveld niveau worden gebracht. Daarnaast dragen ook de private tuinen van de huizen bij aan de problematiek.

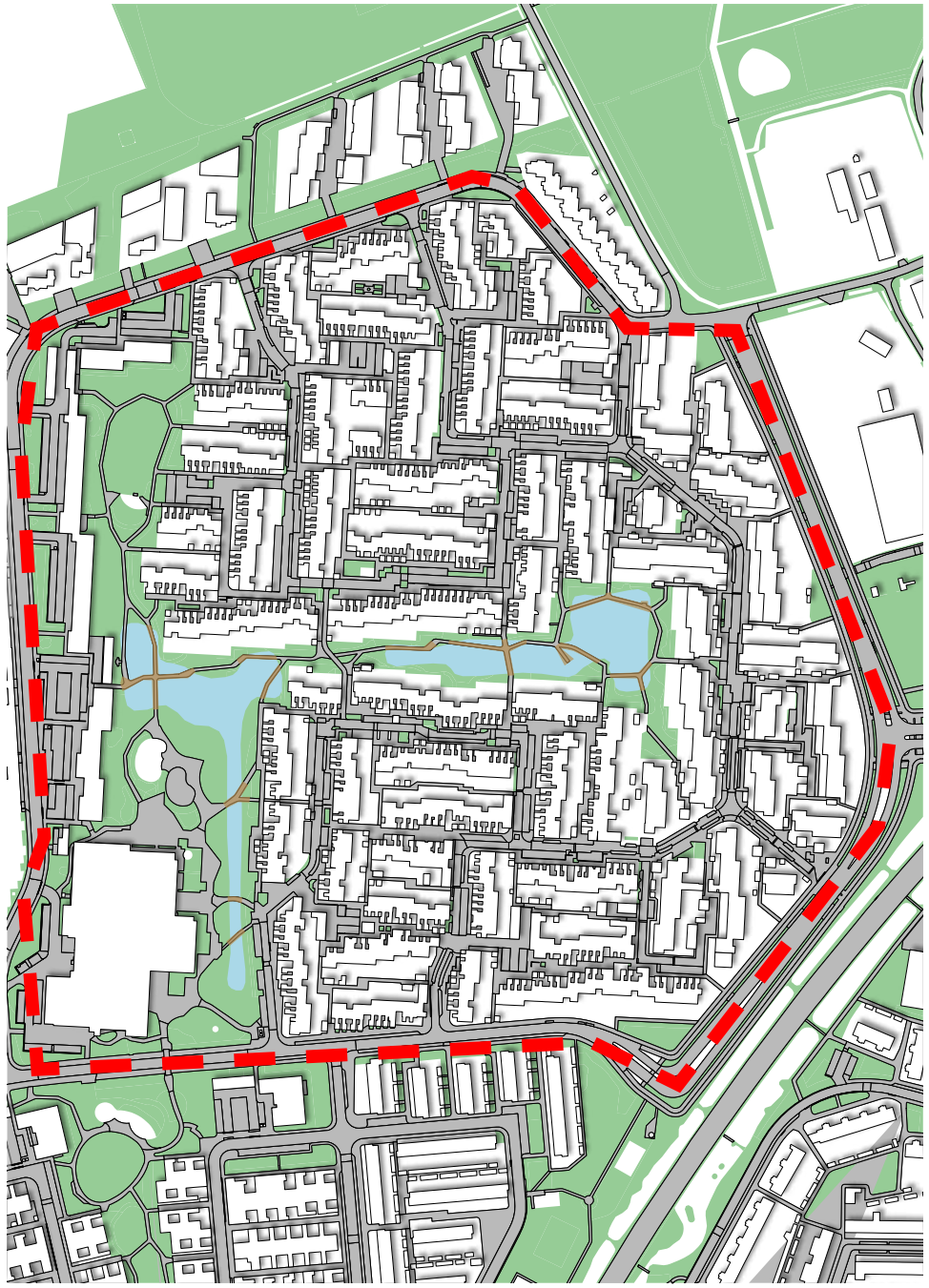
De meest kansrijke mogelijkheid is om de groenweide die gelegen is in de woonwijk aan te passen zodat er water geborgen kan worden en het neerslagwater beter kan infiltreren. Het is een ingreep die te doen is zonder dat er veel bomen of speeltoestellen verloren gaan en levert veel meer resultaat dan de kleine gefragmenteerde groenzones aan te passen.

Ondanks dat Geestenberg niet de hoogste prioriteit heeft is op basis van de beleidsregel de conclusie te trekken dat het van belang is om voor voldoende bergingsruimte te zorgen om extremere buien tijdelijk op te vangen en vertraagd af te voeren. Daarnaast om droogte te voorkomen is het belangrijk om regenwater zoveel en waar mogelijk op de plek waar het valt te infiltreren.

Klimaatadaptieve uitwerking

Om de problematiek rondom water op te lossen is gekeken waar de oplossing ligt in de openbare ruimte. De witte vlakken rondom de huizen geeft de private terreinen weer waar bewoners zelf invloed op hebben. In de overige groenzones in de wijk is ruimte om een waterberging te creëren als de nood erg hoog is, een wadi-effect. Daarnaast biedt het ook de mogelijkheid tot infiltratie in de strijd tegen droogte. Een verlaagde groenzone waar sporadisch water in zal staan. De paden kunnen blijven liggen omdat er gewerkt zal worden met duikers. Er kan ook gekozen worden om de vlonderpaden aan te leggen waardoor er meer ruimte is voor het water en er meer gebruikt gemaakt kan worden door het jaar heen. **Figuur 97** geeft de overzichtstekening weer. De onderstaande afbeelding laat zien hoe de waterberging eruit ziet wanneer er geen water wordt vast gehouden.





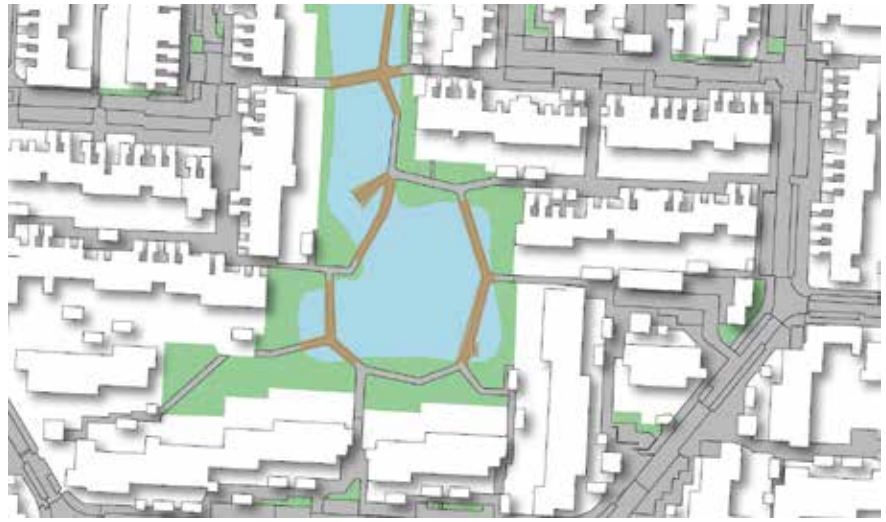
Figuur 97: Ontwerp ten behoeve van klimaatadaptatie voor woonwijk Geestenberg

Figuur 98: Verbinding in de wijk

Op belangrijke delen is gekozen om de beiden waterbergingen door middel van een duiker, **figuur 98**, te verbinden zodat de huidige infrastructuur niet te veel zal worden beschadigd.

Figuur 99: Materiaalkeuze van de waterberging

De waterberging zal gedurende het jaar verschillende periodes leeg staan. Dit zal invloed hebben op de ecologie in de wijk. Dit zorgt voor een andere leefomgeving voor andere plant- en diersoorten. Om de droogte aan te pakken biedt het ook de mogelijkheid tot infiltratie (**figuur 99**).



Figuur 100: Verblijfplaatsen geboden door waterberging

Het water kan bij hoge nood in het gebied gelaten worden. Wanneer er gekozen wordt om de waterberging vaak vol te laten lopen is het aanleggen van vlonders de manier om de woonwijk te laten functioneren hoe het nu doet. Dat is echter wel een zeer kostbare investering. De vlonders bieden ook de mogelijkheid tot verblijfplaatsen boven de waterberging, zie **figuur 100**.

Impressies

Figuur 101: Waterberging gesitueerd in een groenweide

Figuur 101 laat zien hoe de situatie eruit zou zien wanneer de waterberging wordt vol gelopen waarbij de paden kunnen blijven functioneren.

Figuur 102: Waterberging tot aan het private domein in de openbare ruimte

Op **figuur 102** is te zien dat de waterberging tot aan het private domein loopt waardoor bewoners er geen hinder van ondervinden.

Figuur 103: Waterberging in de woonwijk

Op **figuur 103** is te zien dat enkel wanneer het nodig is sommige delen van de waterberging zullen volstaan met water waarbij de openbare ruimte kan blijven functioneren zoals deze in de huidige situatie functioneert.

6.3 VERGELIJKING

De drie buurten hebben ieder een eigen probleem als het gaat om klimaatadaptatie. De buurtkenmerken hebben daar invloed op net als de ligging van een buurt, de geografische kenmerken. Het type bebouwing, de bebouwingsdichtheid en bouwvolumes zijn kenmerkend voor de buurt invulling. Wanneer er veel grote gebouwen staan in een buurt met veel verharding heeft dat invloed op de openbare ruimte omdat daar minder vierkante meter van overblijft. De openbare ruimte biedt de mogelijkheid voor klimaatadaptieve maatregelen. Hoe minder openbare ruimte er is, hoe minder maatregelen er getroffen kan worden of er zal naar andere opties gekeken moeten worden.

Als er naar de bebouwing wordt gekeken is te zien dat de binnenstad en bedrijventerrein de Hurk een grote bebouwingsdichtheid kent in tegenstelling tot de woonwijk Geestenberg. Het zelfde geldt voor verharding, de binnenstad en de Hurk zijn tot wel 80-90% verhard. Geestenberg is daarin totaal anders met 60-70% verharding. Dat resulteert erin dat Geestenberg zo'n 3 keer meer ruimte voor groen heeft in de buurt.

De invulling van de buurt laat zien dat de binnenstad en de Hurk problemen ondervinden van hittestress en wateroverlast en Geestenberg rondom wateroverlast en droogte. Onderstaande **figuur 104** laat een uitsnede van de buurten zien met bebouwingsvormen, bebouwingsvolumes, bebouwingsdichtheid, verharding, ruimte voor groen en waterberging.

Figuur 104: Uitsnede luchtfoto binnenstad, de Hurk en Geestenberg

Het labelsysteem laat zien welk label een buurt heeft gekregen en op welke thema's de buurt al dan wel niet goed scoort.

07/ Conclusies en aanbevelingen

Aan de hand van de volgende onderzoeksvragen geven we antwoord op de hoofdvraag:

'Welke criteria zijn van belang voor de gemeente Eindhoven en het Consortium om een labelsysteem voor klimaatadaptatie te creëren? Door deze criteria in beeld te krijgen kan invulling gegeven worden aan het labelsysteem.'

Uit overleggen met de gemeente Eindhoven en bijeenkomsten met het consortium komt naar voren dat de drie thema's, hittestress, wateroverlast en droogte de basis vormen voor het labelsysteem. De genoemde thema's hebben allen invloed op de klimaatbestendigheid van de stad. Een ander criteria voor de eerste benadering is het schaalniveau dit betreft buurtniveau zodat het verder ontwikkelt kan worden naar straatniveau. Hittestress zal voornamelijk zijn uitwerking hebben op de gezondheid van bewoners en gebruikers van de stad. Daarbij wordt gedacht aan de kwetsbare groepen zoals: ouderen, kleine kinderen en zieken, maar ook de werkende bevolking in verband met dalende arbeidsproductiviteit. Wateroverlast en droogte zullen materiele schade veroorzaken aan huizen, gebouwen en de openbare ruimte en invloed hebben op de vitaliteit van bomen en planten. Alle drie de thema's zijn van invloed op de leefbaarheid van de stad.

'Welke eisen zijn er voor het labelsysteem zodat deze niet alleen toepasbaar is voor de gemeente Eindhoven maar ook voor andere gemeentes? Door aan te geven welke data en methode gebruikt is kan iedere gemeente dezelfde methodiek gebruiken mits de juiste data beschikbaar is.'

Uit navraag bij de betrokken partijen van het consortium is te concluderen dat er zoveel mogelijk met open data gewerkt dient te worden, als dit niet mogelijk is wordt er data gebruikt waar alle gemeenten toegang tot hebben. De data is verwerkt in een model dat een kaart per thema oplevert, hittestress, wateroverlast en droogte. Het model is ontwikkelt in software van ESRI (Arc Map GIS) deze software heeft iedere gemeente binnen het consortium tot zijn beschikking. Dit betekent dat iedere gemeente met eigen data een zelfde kaart kan ontwikkelen. De kaarten die voor Eindhoven zijn opgeleverd zijn: een hittestress kaart in combinatie met ouderen, een wateroverlast kaart en infiltratiekaart. De kaarten laten duidelijk zien dat de risico's in het centrum gebied groter zullen zijn. Naar mate men verder van groen is verwijderd zullen de risico's afnemen, dit blijkt uit de literatuurstudie. Vandaar dat de binnenstad op basis van technische analyse en de ruimtelijke analyse een label D heeft gekregen en woonwijk Geestenberg waar meer groen gelegen is, een label C. Dit is de benadering die voor dit project is gekozen, in de aanbevelingen zijn kanttekeningen geplaatst voor verdere uitwerkingen. In de volgende deelvraag wordt het labelsysteem verder behandeld.

Hoe ziet het labelsysteem er inhoudelijk en visueel uit? De volgende onderwerpen in gedachte houdende:

1. *De wensen van het consortium en de gemeente Eindhoven*
2. *Zodat het systeem toepasbaar is voor verschillende instellingen*
3. *Zodat het er aantrekkelijk uitziet en op deze wijze mensen inspireert om met het onderwerp aan de slag te gaan*
4. *De stedenbouwkundige opzet van de stad*

Uit de wensen van het consortium en de gemeente Eindhoven komt naar voren dat het labelsysteem herkenbaar en eenvoudig te begrijpen moet zijn. Vandaar dat er gebruikt wordt gemaakt van de opzet van bestaande labelsystemen als het energielabel en het milieulabel. Er bewust gekozen voor 5 klassen omdat dit aansluit op de toekomstige plannen van Eindhoven. De klassen zijn benoemd van label A tot en met label E, er is gebruik gemaakt van de kleuren rood tot en met groen zoals te zien op **figuur 27** uit hoofdstuk 5. Deze kleuren roepen een directe associatie op met goed en slecht. In het uiteindelijke labelsysteem zullen de drie thema's, hittestress, wateroverlast en droogte samengevoegd worden tot één kaart. Als men een buurt nader bekijkt is de nuance per thema af te lezen, dit is te zien in de web omgeving mock-ups. De data analyse uit Klimaatbestendigheid in kaart heeft de labels gevormd en die zijn vervolgens gevalideerd in de ruimtelijke analyse van Klimaatadaptatie in beeld. In de ruimtelijke analyse is op basis van de fysieke kenmerken van wijktypologieën labels toegekend aan een buurt. Enkel de binnenstad zou op basis van de fysieke kenmerken iets afwijken van het labelsysteem, uit de data analyse blijkt een label D en uit de ruimtelijke analyse label D/E. Voor bedrijventerrein de Hurk en woonwijk Geestenberg zijn wel dezelfde labels toegekend.

Na de onderzoekdeelvragen te beantwoorden is de hoofdvraag te beantwoorden, die luidt als volgt:

"Hoe wordt inhoudelijk en visueel invulling gegeven aan het labelsysteem zodat op straatniveau inzichtelijk gemaakt kan worden hoe klimaat adaptief de stad in de huidige situatie is?"

Vooraf was de insteek om op straatniveau het labelsysteem in te richten. Al vrij snel bleek dat dit voor de korte onderzoeksperiode niet haalbaar was omdat iedere straat invloed op elkaar heeft en deze invloed niet te berekenen was op deze korte termijn. Daarnaast is een label op buurtniveau overzichtelijker voor besluitvormers. Buurten hebben enigszins invloed op elkaar maar zijn in mindere mate afhankelijk van elkaar. Dat levert risicokaarten per buurt op.

Door in te spelen op herkenning is het labelsysteem ontworpen met eenzelfde systeem als het energielabel. Dat houdt in dat er vijf klassen zijn gemaakt met label A tot en met E die de kleuren rood tot en met groen hebben.

Om inzichtelijk te maken hoe klimaatbestendig de stad in de huidige situatie is per thema een kaart ontwikkelt, dat houdt in een hittestress kaart in combinatie met ouderen, een wateroverlast en een droogte kaart. De drie kaarten zijn ook verdeeld in dezelfde vijf klassen met kleur associatie oftewel hitte de kleur rood, wateroverlast de kleur blauw en droogte de kleur groen. De drie kaarten zijn vervolgens samengevoegd op basis van gemiddelde omdat dit in een oogopslag duidelijk maakt hoe klimaat adaptief de huidige situatie is. Door de labels per thema bij elkaar op te tellen, bijvoorbeel label A, B en C resulteert dat in de totaalscore in label B. Nadat iedere buurt een eigen label heeft gekregen zijn de resultaten gevalideerd op basis van een ruimtelijke analyse. De verschillen tussen de analyses zijn minimaal en daardoor bevestigen deze elkaar.

Voor het vervolgtraject van die project zijn er een aantal aanbevelingen opgesteld:

- Voor de hittestresskaart is nu alleen rekening gehouden met huidige bewoners. Dit is in de tekst uitgelegd als het verschil tussen dag- en nachtmensen. De dagmensen zijn ook belangrijk in deze analyse maar in de huidige kaart niet meegenomen. Deze zullen wel zeker betrokken moeten worden bij de labeling.
- Het samenvoegen van kaarten zou op een andere manier kunnen. Op dit moment zijn er gemiddeldes genomen van de buurten. Er zou voor gekozen kunnen worden om elke combinatie van klassen handmatig een eigen klasse te geven, op die manier kan een gemeenten zijn of haar belangen sterker uitdrukken. Dat is ook mogelijk middelsl het nemen van de laagste score van een thema zodat die als totaalscore toe te kennen is aan een buurt. Op die manier komen buurten niet rooskleuriger uit dan deze zijn
- De wateroverlast kaart is nu een cumulatieve optelling van het water op straat na een bui100 per buurt. Een beter beeld zou ontstaan als dit vergeleken wordt met het oppervlakte van de wegen die in de buurt lopen om zo een relatief beeld te krijgen. Op dit moment kan het beeld ontstaan dat er bijna geen wateroverlast in een buurt is, terwijl hier bijvoorbeeld maar 1 straat loopt en deze wel onder water staat.
- De droogte kaart moet verder uitgewerkt worden. Droogte in de context van klimaatadaptatie is nog een erg onontgonnen gebied, dus voordat dit meegenomen wordt in de labeling moet bepaald worden wat droogte precies inhoudt in de context.

- Er is getracht om de drie thema's, hittestress, wateroverlast en droogte, zo nauwkeurig mogelijk te doorgronden. Dit is gedaan door een literatuurstudie, experts en deskundigen te interviewen en andere projecten te bekijken. Het is aanbevolen voor het vervolgproject van studenten het onderwerp duidelijk af te bakenen.
- De inspiratiemogelijkheden uit 'Klimaatadaptatie in beeld' kunnen doorberekend worden om een beeld te krijgen van de effecten die ze hebben.
- Een aanbeveling voor het vervolgtraject is om definities vast te stellen voor de thema's hittestress, wateroverlast en droogte. Vervolgens kan daarmee een gestandaardiseerde methode ontwikkeld worden.
- De rapportage geldt als een eerste benadering voor het labelystyeem dat door het consortium verder uitgewerkt kan worden.

08/ Resultaten en discussie

Voor dit onderzoek zijn twee verschillende analyses uitgevoerd om de invloed van klimaatadaptatie rondom de thema's hittestress, wateroverlast enResultaten en discussie

Voor dit onderzoek zijn twee verschillende analyses uitgevoerd om de invloed van klimaatadaptatie rondom de thema's hittestress, wateroverlast en droogte inzichtelijk te maken. Klimaatbestendigheid in kaart, de data analyse en Klimaatadaptatie in beeld, de ruimtelijke analyse. De analyses zijn beiden uitgevoerd voor Eindhoven. De data analyse is gedurende het onderzoek uitgevoerd voor heel Eindhoven. De ruimtelijke component is gestart voor alle buurten waarbij de typologieën en kenmerken zijn benoemd. Gedurende de ruimtelijk analyse zijn de resultaten uit de data analyse gevalideerd. Vervolgens zijn drie buurten dieper uitgewerkt, door middel van foto's analyse kaarten en inspiratie voor maatregelen.

Uit het onderzoek blijkt dat Eindhoven een aantal veranderingen zal moeten ondergaan ten behoeve van klimaatadaptatie. Vandaar dat dit onderzoek heeft plaatsgevonden, er is een oogopslag duidelijk gemaakt waar zich de risicogebieden bevinden door middel van het labelsysteem. Het labelsysteem zal gebruikt kunnen worden door verschillende steden, mits de juiste data beschikbaar is. Wanneer een stad, in dit geval Eindhoven, de risicogebieden niet aan zal pakken zullen er meer problemen ontstaan. De klimaat adaptieve maatregelen zullen invloed hebben op het functioneren van de openbare ruimte omdat het zal moeten veranderen.

De uitkomsten die de kaarten laten zien waar de grootste risicobuurten liggen. In buurten waar veel mensen hinder onder vinden van de drie eerder genoemde onderwerpen hebben een groter risico toebedeeld gekregen. Dat resultaat wil dus niet zeggen dat de overige gebieden, zoals bijvoorbeeld een bedrijventerrein, minder belangrijk is. Het geeft wel een indicatie waar de gemeente Eindhoven de hoogste prioritering aan kan geven. Als er andere factoren een belangrijkere weging zouden krijgen zouden de kaarten er anders uit zien.

In het vervolgonderzoek kan dieper worden ingegaan op kosten zoals financiële schade bij particulieren en bedrijven. Het onderzoek is uitgegaan van de wensen en eisen van de gemeente Eindhoven, voor andere gemeenten of bedrijven zouden die anders kunnen zijn. Dat kan invloed hebben op de eindresultaten. Het onderzoek is voornamelijk gericht op data analyse en maatregelen, in de toekomst kan verder ingegaan worden naar de inrichting op straatniveau.

A / Appendices

Bibliografie
Bijlage I
Bijlage II

BIBLIOGRAFIE

Bekker, J. d. (2015). Landschapsarchitect & Docent Landscape Design. *Werkcollege stedenbouw en Architectuur*. 's-Hertogenbosch, Noord-Brabant, Nederland: HAS Hogeschool.

Berendsen, H. J. (2005). *Landschappelijk Nederland.* Utrecht: Perspectief Uitgevers.

Box, G. (sd). *infiltratie.nl*. Opgehaald van http://www.infiltratie.nl/

Burgers, E. (2017, 4 29). *Gebiedsontwikkeling*. Opgehaald van Klimaatadaptatie in de stad: https://www.gebiedsontwikkeling.nu/artikelen/klimaatadaptatie-de-stad-van-theorie-naar-praktijk/

Buurtkompas. (2017). *Weer meer*. Opgehaald van Muschberg Geestenberg: http://www.weetmeer.nl/buurt/Eindhoven/MuschbergGeestenberg/07721333

CBS. (sd). *Nederland-regionaal*. Opgehaald van CBS.nl: https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische%20data/wijk-en-buurtkaart-2017

Crow. (2012, 7 23). Opgehaald van http://www.crow.nl/kennis/bibliotheek-verkeer-en-vervoer/kennisdocumenten/multicriteria-analyse-mca

Data classification. (sd). Opgehaald van pro.arcgis.com: http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm

De Hurk. (2017, 11 8). *Over de Hurk*. Opgehaald van http://www.okdehurk.nl/Over-de-hurk.aspx

De Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek. (2014). *Onderzoekprogramma kennis voor klimaat.* Den Haag.

Deltares. (2012, November). Opgehaald van Rotterdamclimateinitiative.nl: http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/2015-en-ouder/Documenten/1206224-000-BGS-0010%20-%20Effect%20van%20droogte%20op%20stedelijk%20gebied%201.pdf

DeOpenbareRuimte. (2016, Juli 26). Opgehaald van Hittestress onderschat: http://www.deopenbareruimte.nu/nieuws/hittestress-onderschat-probleem/

Dorien Manting, F. V. (sd). Opgehaald van CBS.nl: https://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/FB81FFFC-54BB-4F0F-82AE-F76901CB6AA1/0/2006k3b15p6062.pdf

Ensie. (2017, Januari 10). Opgehaald van https://www.ensie.nl/basisboek-ruimtelijke-ordening-en-planologie/multi-criteria-analyse-mca

ESRI. (sd). *tools*. Opgehaald van Arcgis.com: http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/main/tools/a-quick-tour-of-geoprocessing-tool-references.htm

Franssen, R. (2017, Oktober 24).

Gemeente Eindhoven. (2012). *Bestemmingsplan Binnenstad.* Toelichting en regels voorontwerp - Binnenstad: Gemeente Eindhoven.

Gemeente Eindhoven. (2016). *Groenbeleidsplan 2017.* Eindhoven: Gemeente Eindhoven.

HvA. (2016). *Klimaatbestendige wijk - Urban technology.* Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.

Jos van den Broek, W. K. (2010). *Beeldtaal.* Den Haag: Boom Lemma uitgevers.

Kennis en data . (sd). Opgehaald van KNMI.nl: https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/droogte

Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie. (2017, 11 2). Opgehaald van https://ruimtelijkeadaptatie.nl/

Kleerekoper, L. (2017, Januari 16). (K. W. Floren, Interviewer)

Klimaat Effect Atlas. (2017). *Dreigingen van overstromingen, wateroverlast, droogte.* Bussum: Stichting Climate Adaptation Services.

Kluck, J. (2017, 01). Het klimaat past ook in uw straatje. *De waarde van klimaatbestendig inrichten*. Amsterdam, Noord-Holland, Nederland: Hogeschool van Amsterdam.

Kluck, Jeroen. (2017). *Klimaatadaptatie en wijktypologie.* 's-Hertogenbosch.

KNMI. (sd). *Kennis-en-datacentrum*. Opgehaald van KNMI.nl: https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/gevoelstemperatuur-windchill

KNMI.nl. (sd). Opgehaald van Klimaatverandering: https://www.knmi.nl/producten-en-diensten/klimaatverandering

Koning, S., Goossen, T., & Drost, M. (2004). *Afstudeeronderzoek.* Wageningen: WUR.

Luijtelaar, H. v. (2015, 7 1). *Impact-extreme-neerlslag*. Opgehaald van riool.net: https://www.riool.net/-/impact-extreme-neerslag-stedelijk-gebied-waarom-en-met-welke-buien-

Memon, A. (2008). *A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island.* Elsevier.

Meyer, H., Jong, F. d., & Hoekstra, M. (2006). *Het ontwerp van de openbare ruimte.* Amsterdam: Uitgeverij SUN.

Muskee, M. (2016). *Vereniging van Nederlandse Gemeente*. Opgehaald van Staalkaarten maken het omgevingsplan concreet: https://vng.nl/producten-diensten/vng-magazine/vng-magazine-nummer-17-2016/staalkaarten-maken-het-omgevingsplan-concreet

NB. (sd). *Water*. Opgehaald van Groenblauwenetwerken.nl: http://www.groenblauwenetwerken.nl/water/desiccation/

Over PDOK. (sd). Opgehaald van PDOK.nl: https://www.pdok.nl/nl/over-pdok

Opgehaald van riool.net: https://www.riool.net/infiltratie-van-hemelwater-1 (2008, 07 1).

PDOK. (sd). *Pructen-BGT*. Opgehaald van PDOK. nl: https://www.pdok.nl/nl/producten/pdok-downloads/download-basisregistratie-grootschalige-topografie

Rijksoverheid. (nb). Opgehaald van Omgevingswet: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/omgevingswet

Rovers, V. (sd). *TNO.nl*. Opgehaald van Factsheet hittestress: https://www.tno.nl/media/3959/factsheet-hittestress.pdf

Services, C. A. (2017). *Partner klimaateffectatlas.* Bussum.

Spitz, G. (2014). *Regen in de Stad.* Amsterdam: NVDO.

A

Synergos Communicatie. (2014). *Klimaatbestendige stad - Klimaat en de stad.* Utrecht: Kennis voor klimaat.

Tauw. (2017). *Klimaat actieve stad.* Vlissingen.

TNO. (sd). *Factsheet Hittestress*. Opgehaald van TNO.nl: https://www.tno.nl/media/3959/factsheet-hittestress.pdf

Topo op reis. (2017). Ontwikkeling Eindhoven. *200 jaar topografische kaarten*. 's-Hertogenbosch.

VROM, M. v. (2010). *Klimaatadaptatie in de stad.* Den Haag: Ministerie van VROM.

Wal, P. v. (2017, 11 13). (K. Wesselink, Interviewer)

Welvaart en Leefomgeving. (2015). *Overstromingsgevaar en wateroverlast.*

Zee, F. v. (2017). Opgehaald van Hulpbijonderzoek.nl: https://hulpbijonderzoek.nl/online-woordenboek/standaarddeviatie/

BIJLAGE I

De gebruikte functies in het model zijn hieronder kort uitgelegd samen met het doel van het gebruik.

Polygon to raster
Deze tool converteert een polygonen dataset naar een raster dataset. Rasters zijn belangrijk bij deze analyse omdat deze met elkaar vergeleken kunnen worden.

Reclassify
Met deze tool reclassify of verander je de waardes van een raster. De waardes binnen de raster moeten op een zelfde schaal zitten wat vergelijkingen mogelijk maakt. Zonder deze schaal zou een vergelijking niks zeggen.

Mosaic to new raster
Deze tool voegt meerdere rasters samen tot een nieuwe raster dataset. Deze tool is gebruikt om de verharding, bebouwing, groen en de bermen van Eindhoven in één raster samen te voegen.

Weighted overlay
Deze tool legt meerdere rasters over elkaar aan de hand van een genormaliseerde schaal en geeft vervolgens een weging aan de hand van belangrijkheid. Deze tool maakt het mogelijk om de verschillende eindresultaten van de deelonderwerpen samen te voegen en is ook gebruikt om de CBS data over ouderen aan de hittestresskaart van Tauw te koppelen.

Define projection
Deze tool veranderd of voegt een projectie toe aan de kaart. Van te voren moet bekend zijn welke projectie gebruikt moet worden. De gebruikte brondata had niet altijd dezelfde projectie, deze tool is gebruikt om dat recht te trekken en alle projecties naar 'RD New' te veranderen, de standaard binnen Nederland.

Repair geometry
Met deze tool inspecteer je ieder element in een dataset op geometrische problemen. Als er problemen gevonden worden wordt er een relevante oplossing gebruikt. De data die geleverd was door de gemeente Eindhoven met berekeningen over water op straat had een fout waardoor de data gerepareerd moest worden.

Select layer by location

A

Deze tool laat je features in een laag selecteren op basis van ruimtelijke eigenschappen van een andere laag. Dit is gebruikt om de locatie van wateroverlast op straat te bepalen.

Copy features
Met deze tool kopieer je features van een laag naar een nieuwe laag. Als er een selectie is gedaan zal alleen de selectie gekopieerd worden. De selectie die gedaan is om water op straat te bepalen is met deze tool gekopieerd naar een nieuwe laag.

Point to raster
Deze tool converteert een puntendataset naar een raster en is gebruikt

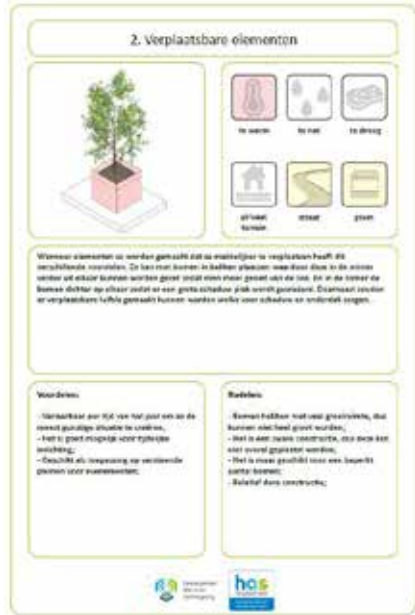
Union
Minus
Deze tool trekt de waardes van het tweede raster af van het eerste raster per cel. De tool is gebruikt om de verschilkaarten te maken van hittestress die laten zien hoe de hittestress in de toekomst veranderd.

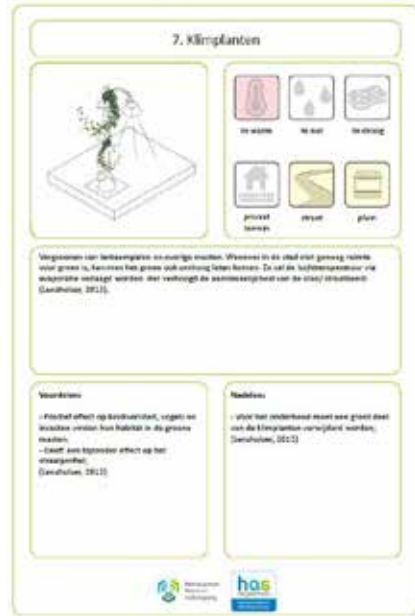
Zonal statistics
Deze tool berekend statistieken van een raster binnen de grenzen van een andere dataset. Zonal statistics zijn gebruik om de waardes van de rasters om te zetten naar buurtniveau.

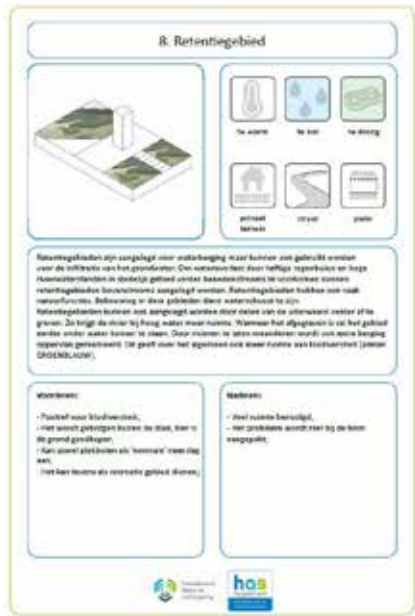
(ESRI, sd)

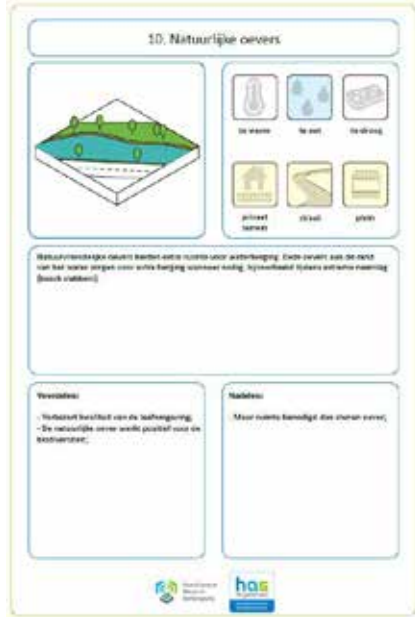
BIJLAGE II

De toegepaste maatregelen zijn afkomstig uit de voorgaande beroepsopdracht, beschikbaar gesteld door Rob van Roosmalen.

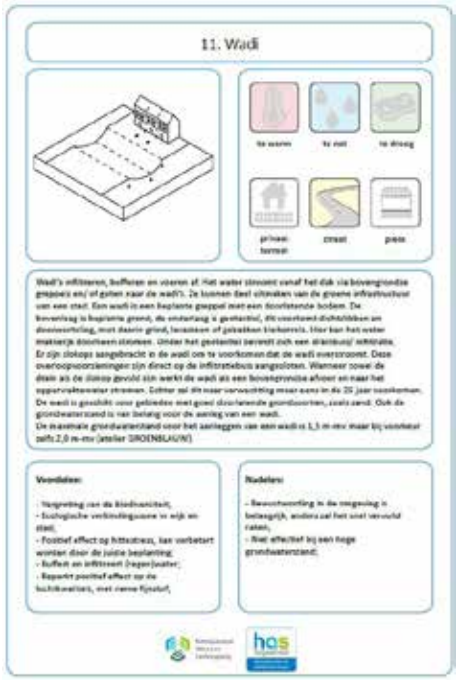


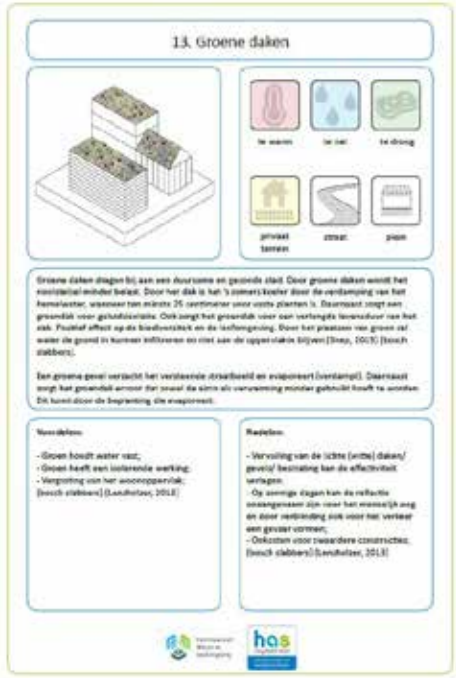


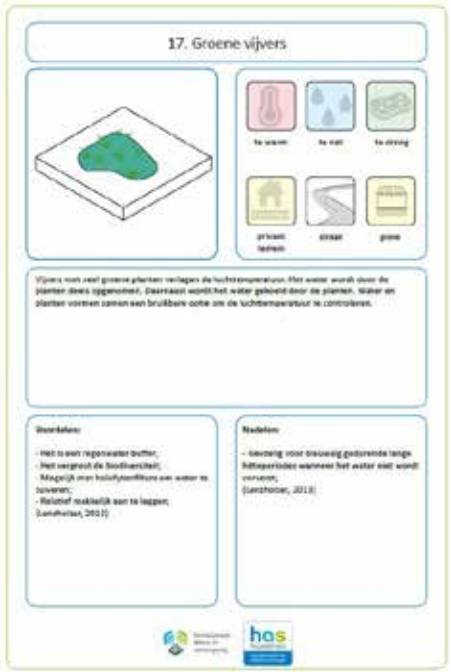


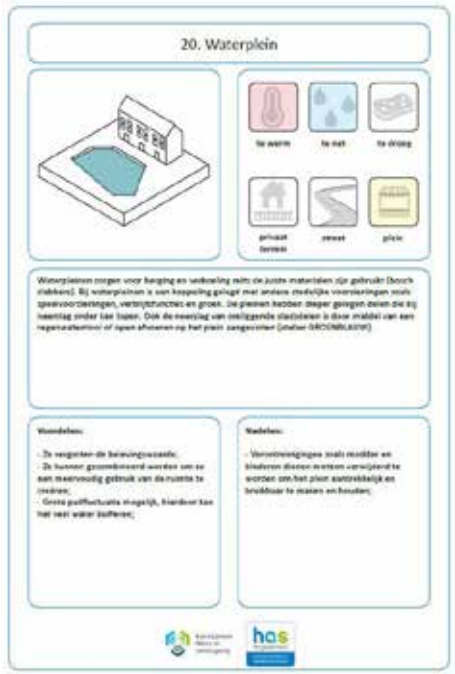


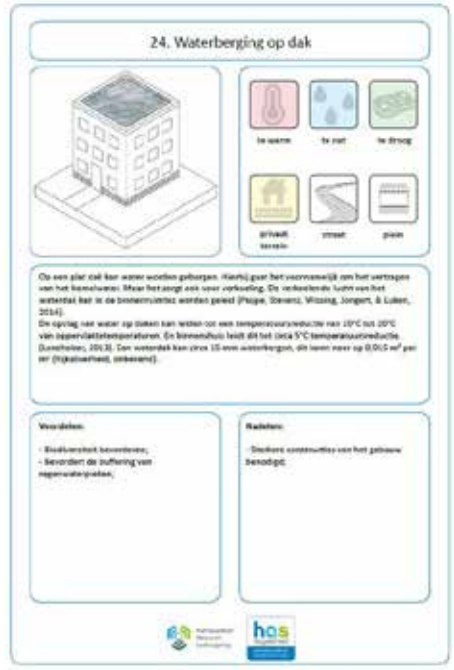
A

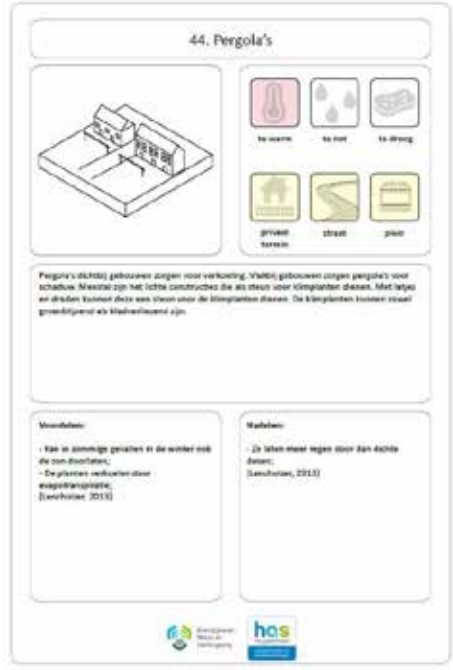

11. Wadi
te warm
te nat
te droog
privaat terrein
straat
plein


13. Groene daken
te warm
te nat
te droog
privaat terrein
straat
plein


17. Groene vijvers
te warm
te nat
te droog
privaat terrein
straat
plein


20. Waterplein
te warm
te nat
te droog
privaat terrein
straat
plein


24. Waterberging op dak
te warm
te nat
te droog
privaat terrein
straat
plein


44. Pergola's
te warm
te nat
te droog
privaat terrein
straat
plein

A