INGENIEURS MET EEN VERHAAL



Uitwerking water en klimaat

DUET te Nijmegen

VanWonen Projecten B.V.

Uitwerking water en klimaat

DUET TE NIJMEGEN

VanWonen Projecten B.V.

Project	Projectnr.(-doc)	Datum	Opgesteld door	Gecontroleerd door
Duet, Nijmegen	P25-0291(-045)	2 december 2025	[redacted]	[redacted]

01 INLEIDING

1.1. Aanleiding

In Nijmegen komt in het stationsgebied, tegen het Waalfront en naast de Nieuwe Hezelpoort de Duet. Hier wordt een woontoren gerealiseerd met circa 430 wooneenheden. Rondom de woontoren wordt de openbare ruimte ontwikkeld waarbij een parkeergarage wordt gerealiseerd met daarboven een biodivers dakpark. Daarnaast worden ook diverse overige groenvoorzieningen binnen het plangebied gerealiseerd. VanWonen Projecten B.V. heeft BOOT gevraagd een uitwerking te maken van de toekomstige waterhuishouding en de hittestress te maken waarbij de toekomstige watersystemen in beeld wordt gebracht en een hitte/schaduwanalyse uitgevoerd wordt.

In figuur 1-1 is het plangebied (rood kader) weergegeven en heeft een oppervlak van circa 1,4 ha. Het plangebied ligt aan de westzijde van het spoor Nijmegen – Arnhem ten zuiden van de S101. Aan de overzijde van de S101 ligt een haven die in open verbinding staat met de Waal.

1.2. Doel

In deze uitwerking van water en klimaat wordt in beeld gebracht op welke wijze waterberging in het plan ingepast kan worden en wordt in beeld gebracht wat de invloed van de ontwikkeling is op hitte.

1.3. Leeswijzer

In voorliggende notitie wordt allereerst de huidige situatie in beeld gebracht. Hierbij worden de verharde oppervlakken in de huidige en toekomstige situatie bepaald. Daarnaast worden ook de (geo)hydrologische eigenschappen van het plangebied toegelicht. In hoofdstuk 3 volgen de uitgangspunten ten behoeve van de hemelwaterberging conform bevoegd gezag. Hierop volgt een hoofdstuk waarin de waterberging nader toegelicht wordt. In hoofdstuk 5 wordt een toelichting gegeven op de invloed van het plangebied op hitte en worden maatregelen nader toegelicht.



Figuur 1-1: Locatie plangebied (bron: GoogleMaps)

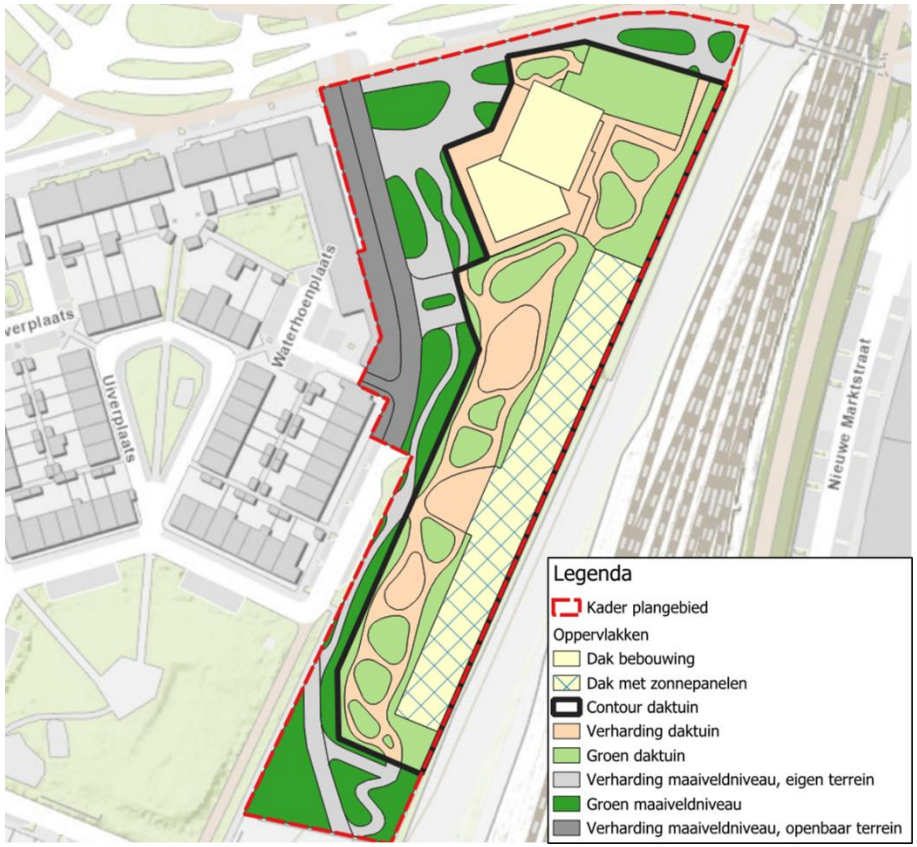
02 BESCHRIJVING PLANGEBIED

2.1. Huidige inrichting

In de huidige situatie is het plangebied grotendeels verhard en zijn twee parkeerterreinen aanwezig met een ontsluiting in de noordelijke richting, naar de S101.

2.2. Toekomstige inrichting

Met de ontwikkelingen binnen het plangebied wijzigt de inrichting van het plangebied. In figuur 2-1 is een overzicht van de toekomstige inrichting van het plangebied weergegeven. Binnen het plangebied worden twee woontorens en een lager wooncomplex gerealiseerd. Boven de parkeergarage wordt een daktuin gerealiseerd en wordt een deel van het dak voorzien van verharding. Op maaiveldniveau worden ook diverse verhardingen gerealiseerd waarvan een deel op eigen terrein wordt gerealiseerd en een deel op openbaar terrein. In tabel 2-1 is een overzicht van de oppervlakken binnen het plangebied weergegeven. Voor alle oppervlakken ter hoogte van de daktuin wordt aangehouden dat deze voor 100% tot afstroming komen.



Figuur 2-1: Overzicht oppervlakken toekomstige situatie

Tabel 2-1: Overzicht oppervlakken toekomstige situatie

Type oppervlak	% Afvloeiend	Afvloeiend oppervlak [m²]	Onverhard oppervlak [m²]	Oppervlak [%]
Dak bebouwing	100	883	-	7
Dak met zonnepanelen	100	1.965	-	14
Verharding daktuin	100	2.510	-	19
Groen daktuin	100	2.767	-	20
Verharding op maaiveldniveau, eigen terrein	100	1.927*	-	14
Groen maaiveldniveau	0	-	2.217	16
Verharding op maaiveldniveau, openbaar terrein	100	1.344	-	10
Subtotaal		*11.396*	*2.217*	100
Totaal		**13.613**		

*exclusief de rijbaan (216 m²) ten zuiden, welke onder openbaar terrein valt

2.3. Bestaande (geo-)hydrologische gesteldheid

2.3.1. Maaiveldhoogte

Het maaiveldverloop op basis van het AHN5 binnen en rondom het plangebied is weergegeven in figuur 2-2. Hieruit komt naar voren dat het maaiveld binnen het plangebied redelijk vlak ligt op circa NAP +15,1 m. De rijbaan ten noorden van het plangebied ligt wat lager op circa NAP +14,5 m. In zuidwestelijke richting loopt het maaiveld verder af. Het plangebied grenst aan de oostzijde direct aan de spoorlijn die boven het maaiveld van het plangebied uitsteekt met een niveau van circa NAP +23 m.



Figuur 2-2: Overzicht maaiveldhoogtes ter hoogte van plangebied (bron: AHN5)

2.3.2. Bodemopbouw

Regionale bodemopbouw

De regionale (diepe) bodemopbouw is bepaald op basis van DINOloket (model REGIS II v2.2). De bovengrond tot circa 3 m-mv bestaat uit antropogene ophogingen. Daaronder is tot circa 17 m-mv de Formatie van Kreftenheye aanwezig. Hieronder ligt de Formatie van Peize en Formatie van Waalre.

Lokale bodemopbouw
Ter hoogte van het plangebied zijn geen openbaar beschikbare boringen beschikbaar. Op basis van boringen die nabij het plangebied zijn gezet komt naar voren dat de bodem tot circa 20 m-mv bestaat uit een afwisseling van zandlagen bestaande uit fracties van fijn tot grof zand.

Door Socotec is binnen het plangebied geotechnisch onderzoek uitgevoerd (kenmerk: 24SP0134-RG-01), hierbij zijn sonderingen uitgevoerd op 23 januari 2024. Uit het wrijvingsgetal van de sondeergrafiek kan de ondergrond bepaald worden. In de sondeergrafieken zijn overwegend lage wrijvingsweerstanden weergegeven, dit duidt op een zandige ondergrond.

2.3.3. Grondwater
Centraal ten westen van het plangebied is een peilbuis aanwezig waar gedurende een periode van 2012 tot 2020 met zeer grote regelmaat de grondwaterstand en stijghoogten zijn geregistreerd. Deze gegevens staan samengevat in tabel 2-2.

Tabel 2-2: Statistische eigenschappen peilbuis B40C0475

Peilbuis	Meetperiode [1]	MV	Filter	Statistische eigenschappen (m NAP)				
		[m NAP]	[m NAP]	Min.	RLG	Gem.	RHG	Max.
B40C0475-001	2012-2020	+13,92	+0,88/-5,12	+5,70	+6,53	+7,33	+8,25	+8,99
B40C0475-002	2013-2020	+13,92	-9,12/-35,12	+5,61	+6,24	+7,02	+7,73	+9,19

1. Meetperiode gebruikt voor de statistische eigenschappen.

De RHG en RLG (representatief hoogste/laagste grondwaterstand) zijn waarden die worden gebruikt om een hoge of lage grondwaterstand aan te duiden. De waarden worden afgeleid van de 90-percentiel en 10-percentiel. Bij de RHG is 10% van de meetwaarden hoger, bij de RLG is 10% van de meetwaarden lager. De waarden zijn vergelijkbaar met de GHG en GLG (gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstand).

Tijdens veldwerkzaamheden op 23 januari 2024 door Socotec zijn grondwaterstanden gemeten. De gemeten grondwaterstanden bedroegen NAP +8,87 m en NAP +8,82 m.

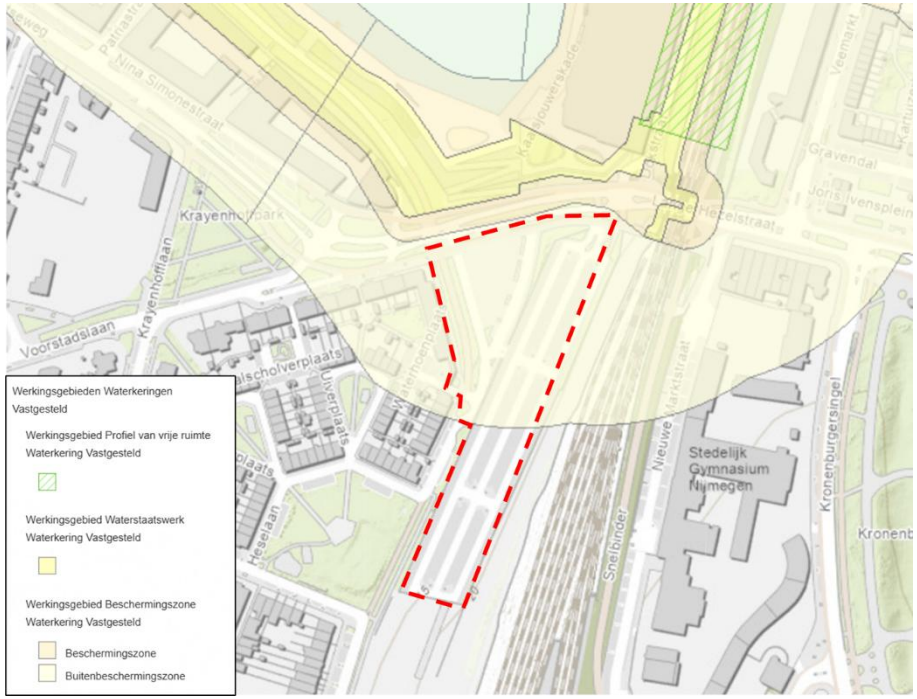
Uit tabel 2-2 komt naar voren dat de RHG ter hoogte van het plangebied circa NAP +8,25 m bedraagt. Uit de veldwerkzaamheden van Socotec komt een hogere geregistreerde grondwaterstand naar voren. Echter is deze lager dan de maximaal bemeten grondwaterstand ter hoogte van de peilbuis. De maximaal bemeten grondwaterstand bedraagt circa NAP +9,0 m. Door de directe verbinding met de Waal zal de grondwaterstand bij hoge Waalstanden stijgen. Echter is met de maximaal bemeten grondwaterstand nog ruim 6 m ontwatering aanwezig ter hoogte van het plangebied.

2.3.4. Kwel
Op basis van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM, NHI) is binnen het plangebied sprake van wegzijging. Ditzelfde beeld laat de peilbuis zoals weergegeven in tabel 2-2 zien. Het filter in een diepere laag registreert een lagere waarde (RHG is NAP +7,73 m) dan het hogere filter (RHG is NAP +8,25 m). Ook dit wijst op inzijging.

2.3.5. Grondwaterbeschermingsgebied
Het plangebied is niet gelegen in een grondwaterbeschermingsgebied of inzijgingsgebied.

2.3.6. Oppervlaktewater
Naast de Waal op circa 300 m ten noorden van het plangebied en de daarmee in verbinding staande haven op circa 100 m afstand van het plangebied is geen oppervlaktewater in de omgeving van het plangebied aanwezig.

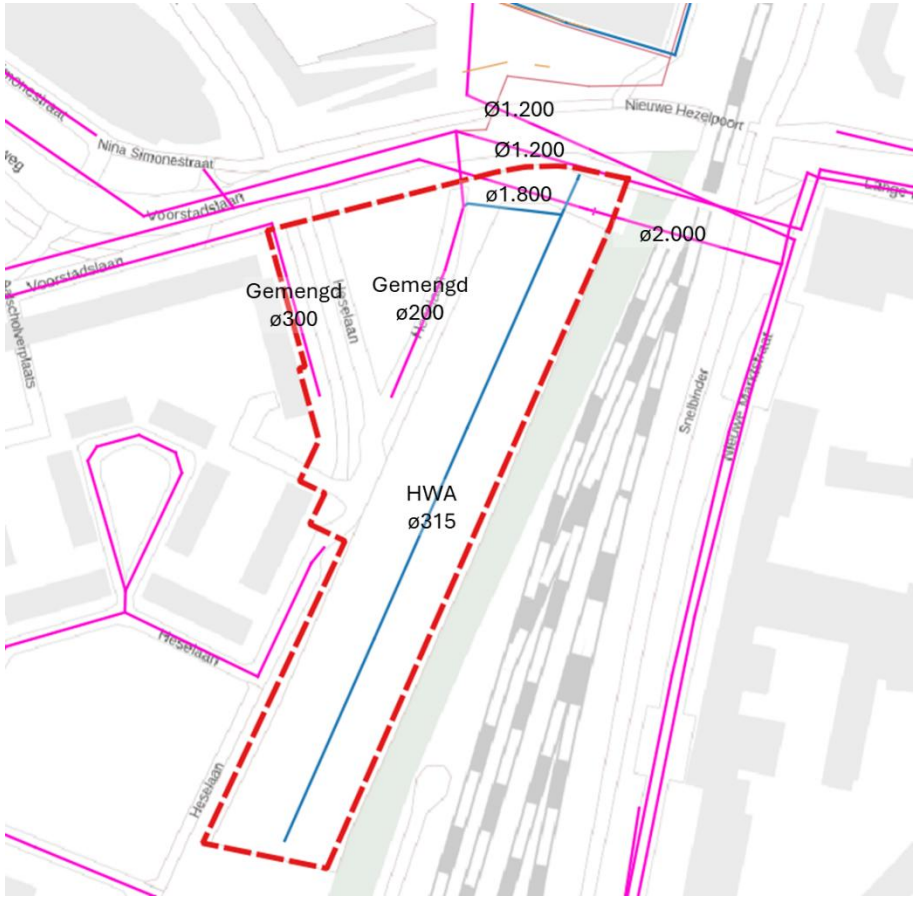
2.3.7. Waterkering
Door de locatie van het plangebied nabij de Waal, ligt het plangebied binnen de buitenbeschermingszone van de waterkering. Een uitsnede van de zonering rondom de waterkering is weergegeven in figuur 2-3.



Figuur 2-3: Uitsnede Legger waterkeringen (bron: Legger waterkeringen, WSRL)

2.3.8. Bestaande riolering

Ter hoogte van het plangebied is diverse gemeentelijke riolering aanwezig. Binnen het plangebied betreft dit enkele strengen ø200 mm tot ø315 mm behorend bij het gemengd- of hemelwaterstelsel. Het hemelwaterstelsel watert af naar de gemengde riolering. Ten noorden van het plangebied liggen een drietal strengen met grote diameters. Dit betreffen ten noorden van het plangebied (net buiten het plangebied) twee strengen ø1.200 mm. Door het plangebied ligt een ø1.800 mm die op circa 10 m vanaf de oostelijke plangrens over gaat naar een ø2.000 mm. Een globaal overzicht van de gemeentelijke riolering ter hoogte van het plangebied is weergegeven in figuur 2-4.



Figuur 2-4: Overzicht gemeentelijke riolering ter hoogte van plangebied (bron: gemeente Nijmegen)

2.3.9. Bronnen

Bij de voorgaande paragrafen zijn onderstaande bronnen geraadpleegd ten behoeve van de beschrijving van het plangebied:

- Geotechnisch onderzoek door Socotec (kenmerk: 24SP0134-RG-01);
- Maaiveldhoogtes op basis van het AHN5;
- Peilbuisgegevens via Grondwatertools;
- Landelijk Hydrologisch Model;
- Ondergrondgegevens en -modellen, DINOloket;
- Grondwaterbeschermingsgebiedenkaart Provincie;
- Legger wateren waterschap Rivierenland;
- Legger waterkeringen waterschap Rivierenland;
- Rioolleidingen, gemeente Nijmegen d.d. 25-9-2024.

03 UITGANGSPUNTEN

Voor het realiseren van de waterberging zijn de uitgangspunten vanuit het waterschap Rivierenland en gemeente Nijmegen leidend. Onderstaand zijn deze uitgangspunten nader toegelicht.

3.1. Waterschapsbeleid

Vanuit de waterschapsverordening geldt dat over verhard oppervlak watercompensatie gerealiseerd dient te worden. Het is zonder vergunning van het waterschap verboden om water, afkomstig van een uitbreiding van verhard oppervlak, te lozen op watergangen. Wanneer nog niet eerder gebruik is gemaakt van een vrijstelling van 500 m², mag dit gebruikt worden. Wanneer sprake is van nieuwe lozingen vanaf verhard oppervlak dan mag dit geen nadelig effect hebben op het ontvangende watersysteem. Hier wordt in ieder geval aan voldaan wanneer er niet meer dan het plaatselijk geldende landelijke afvoer vanuit het plangebied geloosd wordt. Daarnaast worden eisen gesteld aan de te realiseren waterberging. Hierbij geldt:

- Bij berging in oppervlaktewater dient een T=10+10% (vuistregel 436 m³/ha) geborgen te kunnen worden met een maximale peilstijging van 0,30 m. Bij een T=100+10% mag het waterpeil tot de insteek stijgen;
- Bij berging in een alternatieve voorziening dient een T=100+10% (vuistregel 664 m³/ha) in de voorziening geborgen te worden.

3.2. Gemeentelijk beleid

Vanuit de gemeente Nijmegen gelden voor deze ontwikkeling Klimaatadaptatie eisen. In het aangeleverde document zijn de eisen met betrekking tot hitte, droogte en regenwater opgenomen. Hierbij wordt voor water onderscheid gemaakt in een 'top-eis', 'sub-eisen'. De eisen die aangehouden dienen te worden gelden zowel voor de bedrijfsruimten en wooneenheden als voor de parkeergarage en de openbare ruimte/ private buitenruimte. Onderstaand zijn in tabel 3-1 beknopt weergegeven.

Tabel 3-1: Overzicht eisen met betrekking tot waterberging, gemeente Nijmegen

	VOORWAARDE
Top-eis	60 mm (van 70 mm) dient binnen plangebied vastgehouden te worden of in uiterste gevallen vertraagd afgevoerd te worden. Maximaal 25% van de waterberging van daken mag in de openbare ruimte binnen het plangebied (geen ondergrondse voorzieningen).
Sub-eis*	Water dient 24 uur vastgehouden te worden, na 48 uur dient 60% beschikbaar te zijn
Sub-eis	Extreme neerslag (90 mm in 1 uur) mag geen schade en overlast veroorzaken in gebouwen, afwenteling dient voorkomen te worden.

* Deze eis geldt niet voor de openbare ruimte/ private ruimte

04 UITWERKING WATERBERGING

4.1. Wateropgave

Vanuit het waterschap geldt dat over de toename van verharding waterberging gerealiseerd dient te worden. Vanuit de gemeente geldt dat over het totaal verhard oppervlak waterberging gerealiseerd dient te worden. Omdat het plangebied in de huidige situatie nagenoeg volledig verhard is, zijn de eisen vanuit de gemeente maatgevend voor de waterberging.

Binnen het plangebied is sprake van relatief grote hoogteverschillen zowel op het niveau van de daken als de niveaus van de daktuinen. Daarnaast betreft een groot deel van het plangebied een daktuin en kan geen gebruik gemaakt worden van de bergings- en infiltratiecapaciteit van de ondergrond. Dit zorgt ervoor dat voor de bepaling van de benodigde bergingscapaciteit een onderverdeling gemaakt dient te worden in de verschillende 'deelgebieden'. Grofweg wordt onderscheid gemaakt in onderstaande deelgebieden, deze zijn ook aangegeven in figuur 4-1.

- 1. Parkeerdek voorzien van zonnepanelen, daktuin op NAP +24 m;
- 2. Daken bebouwing en omliggende maaiveld op een talud;
- 3. Daktuin op NAP +19,5 m;
- 4. Dak commerciële ruimten op NAP +34,5 m;
- 5. Daktuin commerciële ruimten op NAP +31,5 m;
- 6. Maaiveldniveau eigen terrein;
- 7. Maaiveldniveau openbaar terrein.

De benodigde berging wordt bepaald op basis van het verhard oppervlak. Aanvullend daarop zal ter hoogte van de daktuinen ook het groenoppervlak tot afstroming komen en geborgen moeten worden, omdat er geen afwatering naar de bodem plaats kan vinden. Over dit totaal oppervlak dient 60 mm berging gerealiseerd te worden. In tabel 4-1 is het oppervlak dat per deelgebied afwatert weergegeven. Voor de deelgebieden 1 t/m 5 betreft dit zowel verharding als groenoppervlak. Voor deelgebied 6 is het groenoppervlak niet meegenomen, omdat dit kan afwateren in de volle grond. Gezien de grondwaterstanden zoals in paragraaf 2.3.3 toegelicht wordt verwacht dat ook bij hoge Waalstanden voldoende afwatering in de volle grond mogelijk is.



Figuur 4-1: Onderverdeling deelgebieden binnen plangebied

Tabel 4-1: Overzicht afwaterende oppervlakken en benodigde berging per deelgebied

Deelgebied	Afwaterend oppervlak [m²]	Benodigde berging [m³]
1	5.081	305
2	1.319	79
3	1.001	60
4	556	33
5	192	12
6	1.927*	116
7	1.344**	81
Totaal	**11.420**	**685**

*exclusief de rijbaan (216 m²) ten zuiden, welke onder openbaar terrein valt
**inclusief de rijbaan (216 m²) ten zuiden, welke onder openbaar terrein valt

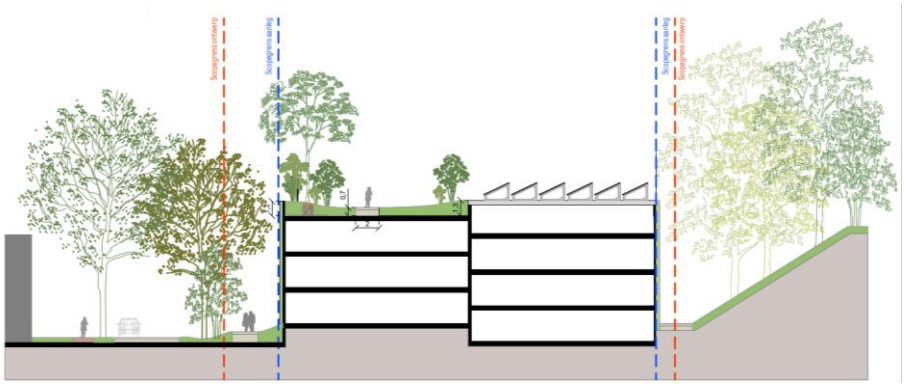
4.2. Invulling wateropgave

Op basis van de deelgebieden zoals weergegeven in figuur 4-1 wordt de waterberging per deelgebied onderstaand nader toegelicht. Hierbij wordt rekening gehouden dat het hemelwater de eerste 24 uur wordt vastgehouden en dat daarna minimaal 60% van de berging binnen 48 uur weer beschikbaar is.

4.2.1. Deelgebied 1: Parkeerdek voorzien van zonnepanelen, daktuin op NAP +24 m

Deze daktuin omvat het grootste deel van het dek van de parkeerkelder. Aan de oostzijde worden op het dak van de parkeervoorziening zonnepanelen aangebracht. Het westelijk deel van de daktuin wordt groen ingericht met diverse verhardingen. In figuur 4-2 is een indicatief dwarsprofiel van dit deelgebied weergegeven.

Ter hoogte van de zonnepanelen is hoogstwaarschijnlijk geen ruimte voor het realiseren van waterberging, onderzocht dient te worden of het aanbrengen van waterberging wel mogelijk is. Ter hoogte van het deel waar verharding en groen wordt gerealiseerd dient hieronder een onderbouw toegepast te worden, zodat het groen van water voorzien wordt en voldoende water beschikbaar is zodat ook bomen kunnen groeien. Dit kan gerealiseerd worden door de toepassing van substraatlagen met eventueel daaronder kratjes. Dit dient in een later stadium nader uitgewerkt te worden. Middels een weergestuurd systeem kan het water vastgehouden worden tot blijkt dat een volgende neerslagsituatie plaats gaat vinden. De kratjes kunnen dan vertraagd geledigd worden.



Figuur 4-2: Indicatief dwarsprofiel deelgebied 1

Het systeem dat op het dak toegepast wordt dient voldoende water te kunnen bergen, voldoende water te kunnen geven aan het groen en vertraagd te kunnen afvoeren. De berging die in deze constructie gerealiseerd dient te worden bedraagt tenminste 305 m³.

4.2.2. Deelgebied 2: Daken bebouwing en omliggende maaiveld op een talud

Op de daken van de woontorens wordt geen waterberging gerealiseerd. Daarnaast wordt de verharding rondom de daktuinen verhard en grotendeels op een talud uitgevoerd, waardoor hier ook geen waterberging gerealiseerd kan worden. Dit oppervlak zal dus direct afvoeren naar de waterbergende voorzieningen op maaiveldniveau in deelgebied 6. De exacte wijze van afvoer wordt in een later stadium nader uitgewerkt.

4.2.3. Deelgebied 3: Daktuin op NAP +19,5 m

Deze daktuin ligt ingeklemd tussen hogere daken en is hierdoor een op zichzelf staand dak voor het realiseren van waterberging. In figuur 4-3 is een indicatief dwarsprofiel van dit dak weergegeven.



Figuur 4-3: Indicatief dwarsprofiel deelgebied 3

Dit volledig dak wordt ingericht met verharding en groen. Dit betekent dat hieronder een onderbouw toegepast dient te worden, zodat het groen van water voorzien wordt en voldoende water beschikbaar is zodat ook bomen kunnen groeien. Naast de reguliere opbouw met verschillende substraatlagen dient hieronder retentie aangelegd te worden middels waterbergende kratjes. Middels een weergestuurd systeem kan het water vastgehouden worden tot blijkt dat een volgende neerslagsituatie plaats gaat vinden. De kratjes kunnen dan vertraagd geledigd worden. Doordat geen water afkomstig van overige dakoppervlakken wordt afgevoerd naar dit dakoppervlak kan voldaan worden met de toepassing van kratjes van 65 mm hoog (waterretentiekrat, Sempergreen).

4.2.4. Deelgebied 4: Dak commerciële ruimten op NAP +34,5 m

Dit dak is relatief hoog en wordt niet ingericht als een verblijfsdak (zie rechter dak in figuur 4-3). Dit betekent dat hier geen volledige watervoorziening gerealiseerd dient te worden, maar ook bijvoorbeeld een sedumdak toegepast kan worden. Aangehouden wordt dat dit een groendak betreft waarop circa 10 mm water vastgehouden wordt. Bij grotere buien komt het water direct tot afstroming naar het maaiveld. Wanneer het niet mogelijk of gewenst is dit dak te voorzien van waterberging, dan dient de berging volledig op maaiveld gevonden te worden. In de voorzieningen op maaiveldniveau is voldoende ruimte om ook deze 30 m³ extra te bergen.

4.2.5. Deelgebied 5: Daktuin commerciële ruimten op NAP +31,5 m

Dit dak wordt net als het dak in deelgebied 3 volledig ingericht met verharding en groen. Dit betekent dat hieronder een onderbouw toegepast dient te worden, zodat het groen van water voorzien wordt en voldoende water beschikbaar is zodat ook bomen kunnen groeien Dit kan gerealiseerd worden door de toepassing van substraatlagen met eventueel daaronder kratjes. Dit dient in een later stadium nader uitgewerkt te worden. Middels een weergestuurd systeem kan het water vastgehouden worden tot blijkt dat een volgende neerslagsituatie plaats gaat vinden. De kratjes kunnen dan vertraagd geledigd worden. Doordat geen water afkomstig van overige dakoppervlakken wordt afgevoerd naar dit dakoppervlak kan voldaan worden met de toepassing van kratjes van 65 mm hoog (waterretentiekrat, Sempergreen).

4.2.6. Samenvatting daktuinen

Op basis van de toelichting op de deelgebieden 1 t/m 5 wordt in tabel 4-2 een samenvatting gegeven van de berging die op de daken gerealiseerd wordt. Tevens komt hieruit naar voren dat bij een 60 mm bui 109 m³ van de daken afstroomt naar maaiveldniveau. Dit water dient in voorzieningen op maaiveldniveau geborgen te worden, dit wordt toegelicht in paragraaf 4.2.7.

Tabel 4-2: Totaal overzicht waterberging op daken

Deelgebied	Benodigde berging [m³]	Te realiseren berging [m³]	Afwaterend naar maaiveldniveau [m³]
1	305	305	-
2	79	-	79
3	60	60	-
4	33	3	30
5	12	12	-
Totaal	**489**	**380**	**109**

Op basis van de totaal benodigde berging over de dakoppervlakken (489 m³) en de gerealiseerde berging over de dakoppervlakken (380 m³) wordt 78% van de benodigde berging op de daken gerealiseerd. Hiermee wordt voldaan in de eis dat maximaal 25% van de berging over de daken op maaiveldniveau gevonden mag worden.

4.2.7. Deelgebied 6: Maaiveldniveau eigen terrein

Het maaiveldniveau rondom de bebouwing ligt vrij vlak op een niveau van circa NAP +15 m. Naast de benodigde berging over het verhard oppervlak (116 m³) dient ook het tekort aan waterberging van de daken hier gerealiseerd te worden (109 m³). Dit betekent dat de wateropgave op maaiveldniveau onderstaand bedraagt:

- 116 m³ + 109 m³ = 225 m³

De te realiseren en benodigde waterberging op maaiveldniveau wordt uitgesplitst in het noordelijk, noordwestelijk en zuidelijk deel. De onderverdeling van deze gebieden is weergegeven in figuur 4-4 en de benodigde berging voor deze deelgebieden is weergegeven in tabel 4-4.

Tabel 4-4: Benodigde berging voor deelgebieden op maaiveldniveau

	Noordelijk	Noordwestelijk	Zuidelijk
Afwaterend oppervlak maaiveldniveau [m²]	427	1.217	500*
Benodigde berging maaiveldniveau [m³]	26	73	30
Berging benodigd vanaf dakoppervlak [m³]	30	79	-
Totaal te realiseren berging [m³]	**56**	**152**	**30**

*inclusief de rijbaan (216 m²) ten zuiden, welke onder openbaar terrein valt

Waterbergende fundering met groeisubstraat

Ter hoogte van het noordelijk en noordwestelijk deel wordt geadviseerd waterberging te realiseren in de vorm van waterbergende fundering met groeisubstraat. Hierin kunnen bomen wortelen en het biedt tevens waterberging. De bergingscapaciteit hiervan bedraagt 35 l/m³. Dit mengsel kan zowel ter hoogte van de groenvoorzieningen als onder de verharding aangebracht worden. Om te zorgen dat de voorzieningen met elkaar in verbinding staan, wordt de fundering ook onder de verharding doorgetrokken. In figuur 4-4 zijn de locaties waar waterbergende fundering met groeisubstraat toegepast kan worden weergegeven. In tabel 4-5 zijn de specificaties van de waterberging op deze locaties weergegeven. Met een dikte van 0,5 m kan ruim voldoende waterberging gerealiseerd worden.

Tabel 4-5: Overzicht waterberging in waterbergende fundering met groeisubstraat

Omschrijving	Noordelijk deel	Noordwestelijk deel
Benodigde berging	56 m³	152 m³
Oppervlak	490 m²	1.150 m²
Dikte	0,5 m	0,5 m
Berging	35 l/m³	35 l/m³
	86 m³	**201 m³**

Verlaagde groenstroken

Ter hoogte van het zuidelijk deel is voldoende ruimte voor het realiseren van een wadi. Hierbij wordt uitgegaan van een wadi met een diepte van 0,4 m ten opzichte van het omliggende maaiveld en taluds van 1:3. De locatie van de wadi is weergegeven in figuur 4-4. In tabel 4-6 is de berging die hierin gerealiseerd kan worden weergegeven. In deze wadi zijn in het ontwerp ook bomen meegenomen. In principe kan waterberging goed gecombineerd worden met het toepassen van bomen. Aandachtspunt is wel dat een boomsoort wordt toegepast die ook tegen tijdelijk natte omstandigheden kan.

Tabel 4-6: Overzicht berging wadi

Omschrijving	Hoeveelheid
Oppervlak insteek	274 m²
Diepte	0,4 m
Talud	1:3
Bodem oppervlak	175 m²
Maximale vulling	0,4 m
Berging bij maximale vulling	**64 m³**



Figuur 4-4: Onderverdeling deelgebieden + locaties waterbergende voorzieningen

4.2.8. Deelgebied 7: Maaiveldniveau openbaar terrein

Op openbaar terrein is geen groenvoorziening aanwezig waarin waterberging gerealiseerd kan worden. Hierbij dient de waterberging ondergronds gerealiseerd te worden. De berging kan gerealiseerd worden in een waterbergende fundering of in een IT-riool (zie indicatieve locatie in figuur 4-4). In totaal dient voor een 60 mm bui 81 m³ berging gerealiseerd te worden. In tabel 4-7 is voor beide maatregelen aangegeven welke afmetingen benodigd zijn voor het realiseren van voldoende berging. Hieruit komt naar voren dat onder de rijbaan een waterbergende fundering met een dikte van 0,35 m kan worden aangebracht. Wanneer gekozen wordt voor een IT-riool dan dient dit een ø1.000 mm te zijn.

Tabel 4-7: Overzicht waterbergende fundering en IT-riool

OMSCHRIJVING	WATERBERGENDE FUNDERING	IT-RIOOL
Oppervlak / lengte rijbaan	600 m²	100 m
Porositeit	40 %	-
Dikte / diameter	0,35 m	Ø1.000 mm
Berging	**84 m³**	**79 m³**

4.2.9. Totaal overzicht voorzieningen

In tabel 4-8 wordt per deelgebied weergegeven welke maatregelen toegepast dienen te worden.

Tabel 4-8: Overzicht wijze van berging/ afvoer per deelgebied

DEELGEBIED	VOORZIENING
1	Berging onder verharding en groen; kratten met hoogte 100 mm
2	Volledig afwaterend naar maaiveldniveau
3	Berging onder verharding en groen; kratten met hoogte 65 mm
4	Sedumdak met 10 mm berging, resterend afwaterend naar maaiveld
5	Berging onder verharding en groen; kratten met hoogte 65 mm
6	Berging in waterbergende fundering met groeisubstraat
7	Berging in waterbergende fundering of IT-riool

4.3. Wijze van afwatering

De neerslag die ter hoogte van de daktuinen valt, wordt afgevoerd naar het onderliggende pakket van kratten. Hierin wordt het water tijdelijk geborgen, zodat het benut kan worden door het groen. Door het systeem te voorzien van een weergestuurd systeem kan voor een neerslagsituatie het systeem vertraagd geledigd worden naar voorzieningen op maaiveldniveau.

Op de daken waar geen waterberging gerealiseerd wordt, wordt direct afgevoerd naar de voorzieningen op maaiveldniveau. Het water dient oppervlakkig afgevoerd te worden naar de groenvoorzieningen met daaronder waterbergende fundering met groeisubstraat. De verharding rondom de groenvoorzieningen kan hier ook oppervlakkig naartoe afwateren. Vanuit de waterbergende fundering met groeisubstraat kan het water na de neerslagsituatie infiltreren in de bodem. Infiltratie is hier zeer kansrijk gezien de bodemopbouw en de lage grondwaterstand. De verharding op maaiveldniveau langs groenstroken kan hierin afwateren. Aan de zuidzijde van het plangebied wordt een wadi gerealiseerd. Na een neerslagsituatie kan het water hieruit in de bodem infiltreren.

De verharding op openbaar terrein kan geborgen worden in waterbergende fundering of een IT-riool. Het water wordt middels kolken afgevoerd naar één van deze systemen.

4.4. Hevige neerslagsituaties

Op basis van de uitgangspunten van de gemeente dient een bui van 60 mm in de voorzieningen geborgen te worden. Maar ook een bui van 90 mm mag niet tot overlast leiden. Deze bui moet op maaiveld geborgen kunnen worden, zonder dat naar buiten het plangebied wordt afgewenteld of water panden instroomt. Voor de daktuinen geldt dat deze komvormig afgewerkt worden, zodat een waterschijf van 5 cm op het dak geborgen kan worden, zonder dat het van het dak af stroomt, of een pand instroomt.

Op maaiveldniveau geldt dat de groenvoorzieningen waar waterbergende fundering met groeisubstraat onder aangebracht wordt 0,10 m wordt verlaagd opzichte van het omliggende maaiveld. In tabel 4-9 is een overzicht weergegeven voor de berging die ter hoogte van de waterbergende fundering met groeisubstraat aan de noordelijke en noordwestelijke zijde aanwezig is bij hevige neerslagsituaties. Hieruit komt naar voren dat genoeg berging aanwezig is voor een 90 mm bui.

Tabel 4-9: Overzicht benodigde en aanwezige berging ter hoogte van waterbergende fundering met groeisubstraat bij 90 mm bui

Omschrijving	Noordelijk deel	Noordwestelijk deel
Benodigde berging	84 m³	228 m³
Berging in fundering	86 m³	201 m³
Oppervlak groenvoorzieningen	161 m²	482 m²
Oppervlakkige berging in groenvoorzieningen bij 010 m verlaagd	16 m³	48 m³
Totaal aanwezige berging	**102 m³**	**249 m³**

In de wadi aan de zuidzijde is bij een 60 mm bui ruim 2x meer berging aanwezig dan benodigd. Dit betekent dat ook bij een 90 mm bui voldoende berging in de wadi aanwezig is.

Over het algemeen geldt dat het plangebied zo ingericht dient te worden dat de vloerpeilen van de bebouwing op minimaal circa 0,20 m, boven het maaiveld gerealiseerd dienen te worden en daarmee vooral boven de hoogste waterstand ten opzichte van het maaiveld. Daarnaast dient het plangebied zo ingericht te worden, dat water op het maaiveld niet direct afstroomt naar buiten het plangebied, maar allereerst oppervlakkig wordt geborgen in verlaagde groenvoorzieningen.

4.5. Grondwater en infiltratie

Ter hoogte van het plangebied is sprake van een ontwateringsdiepte van ruim 6 m. Dit betekent dat de grondwaterstand geen belemmeringen vormt voor werkzaamheden in de ondergrond ten behoeve van waterhuishouding.

Tevens hoeft hier geen rekening mee gehouden te worden met betrekking tot de aanlegpeilen.

De ondergrond bestaat uit een afwisseling van verschillende lagen zand (fijne tot grove fractie), wat ervoor zorgt dat infiltratie kansrijk is. Hemelwater kan hierdoor vanuit de groenvoorzieningen wegzakken in de ondergrond. Ter hoogte van de locaties waar waterbergende fundering met groeisubstraat wordt toegepast wordt het infiltrerend oppervlak vergroot en kan het hemelwater vanuit de voorziening infiltreren. Resultaten uit doorlatendheidsmetingen zijn niet bekend, maar gezien de bodemopbouw wordt een conservatieve aanname gedaan van 1 m/dag. Hiermee zijn de ondergrondse voorzieningen ruim binnen 1 dag weer beschikbaar voor de volgende neerslagsituatie.

4.6. Vuilwater

Het vuilwater dient aangesloten te worden op de gemeentelijke riolering. Aan de noordzijde van het plangebied zijn grote gemeentelijke riolen aanwezig. Middels een separaat vrijverval stelsel dient hierop aangesloten te worden.

De verwachtte vuilwater productie binnen het plangebied is als volgt:

- 430 wooneenheden x 2,5 inwoners x 12 l/uur/inwoner = 12,9 m³/uur = 3,6 l/s.

In overleg met de gemeente dient afgestemd te worden op welke locatie aangesloten kan worden op de bestaande riolering en op welke wijze rekening gehouden dient te worden met het stamriool in het noorden van het plangebied.

4.7. Waterveiligheid

Het plan ligt gedeeltelijk binnen de buitenbeschermingszone van de primaire waterkering. In deze zone kan voor het uitvoeren van bepaalde werkzaamheden een vergunningsaanvraag noodzakelijk zijn. Het gaat hierbij dan vooral om het uitvoeren van ontgrondingen.

05 HITTE EN SCHADUW

Door klimaatverandering wordt het vaker en langer heet in de zomer. In steden is het vaak al warmer dan de landelijke omgeving vanwege onder andere de aanwezige verhardingen, ook wel het stedelijk hitte eiland effect genoemd. Dit heeft invloed op de gezondheid, buitenruimte, leefbaarheid, water en netwerken. Om de effecten van toegenomen hitte te verminderen, zijn maatregelen te nemen gericht op de 'hittetrits': blokkeren, ventileren en verkoelen.

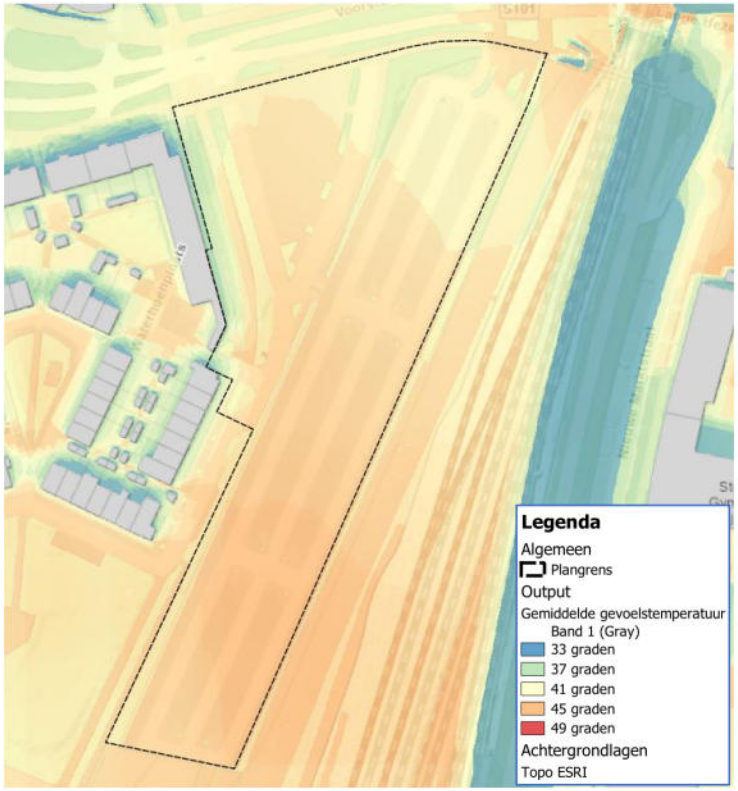
Ten aanzien van hitte c.q. schaduw worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- **Koele verblijfsplekken (gevoelstemperatuur)**: Koele, schaduwrijke verblijfsplekken (>200m2, gevoelstemperatuur <35˚C op gemiddelde warme zomerdag) zijn op loopafstand (300 meter) aanwezig en openbaar toegankelijk.
- **Schaduw**: Tenminste 30% schaduw in het plangebied op de hoogste zonnestand om 15:00 GMT+1 in de zomer (21 juni).

Met behulp van Tygron is de mate van kroonbedekking berekend en wat de gevoelstemperatuur (Physiological Equivalent Temperature (PET) is wanneer de plannen tot uitvoering gebracht zijn. Voor beide analysen is gebruik gemaakt van open data (luchttemperatuur, (zonne)straling, wind en luchtvochtigheid) waarbij de zonshoogte bepaald is aan de hand van een modelberekening.

5.1. Gevoelstemperatuur

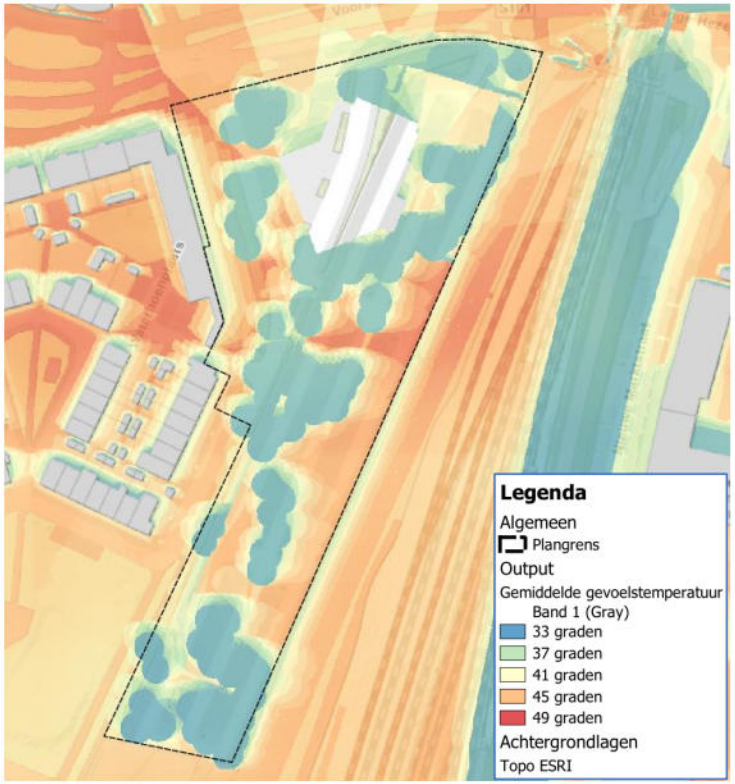
De PET-kaart geeft de toekomstig gemiddelde gevoelstemperatuur in ºC weer op een hete zomermiddag tussen 12.00 en 18.00 uur. De dag waarop de kaart is gebaseerd is 1 juli 2015. Figuur 5-1 en bijlage A toont de gevoelstemperatuur in het plangebied in de huidige situatie. Het verharde parkeeroppervlak geeft veel hitte af, gemiddeld 45 ºC. Ten noorden van het plangebied is het iets koeler door de aanwezigheid van groen.



Figuur 5-1 Gevoelstemperatuur (PET) in de huidige situatie

Figuur 5-2 en bijlage A laten de gevoelstemperatuur na planontwikkeling zien. Hoog groen geeft duidelijk verkoeling met een daling naar bijna 33 ºC. Tussen de koele plekken kan het nog wel oplopen naar bijna 49 ºC.

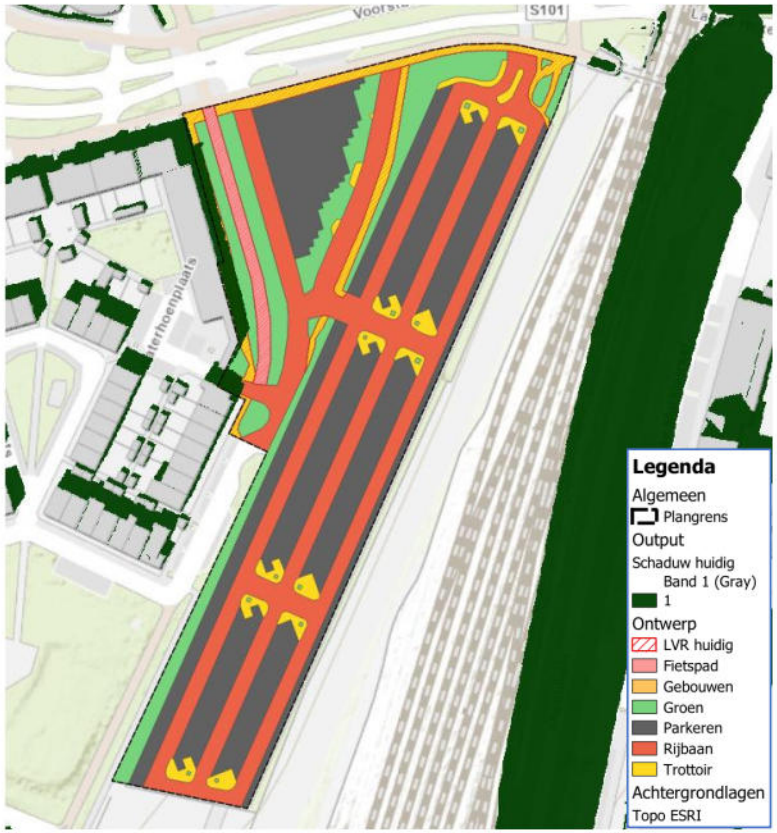
Koele groene verblijfsplaatsen
Binnen het plangebied moeten koele, schaduwrijke verblijfsplekken (>200 m², gevoelstemperatuur <35˚C op een gemiddelde warme zomerdag) aanwezig zijn op loopafstand (300 meter) en moeten deze openbaar toegankelijk zijn.
Binnen het plangebied is een grote hoeveelheid hoog groen voorzien. Hierdoor ontstaat er een groot oppervlak aan koele schaduwrijke verblijfsplekken en wordt voldaan aan de eis.



Figuur 5-2: Gevoelstemperatuur (PET) na planontwikkeling

5.2. Schaduw

Tenminste 30% schaduw moet aanwezig zijn op verblijfsplekken en langzaamverkeersroutes (LVR) binnen het plangebied tijdens de hoogste zonstand op 21 juni om 15u. Doordat de zon dan op zijn hoogst staat, is er op dat moment de minste schaduwval op het maaiveld.
De LVR en de verblijfsplaatsen van de huidige situatie zijn vanuit het ontwerp geselecteerd (zie figuur 5-3 en bijlage B). Het totale oppervlak hiervan bedraagt 1.142 m². Op basis van de schaduwmodellering wordt daarvan 175 m² bedekt door schaduw. Dat betekent dat de LVR en verblijfsplekken voor 15% in de schaduw liggen en in de huidige situatie niet voldoet aan de eis.



Figuur 5-3 Schaduw op langzaamverkeersroutes en verblijfsplekken in de huidige situatie

De LVR en de verblijfsplaatsen van de toekomstige situatie zijn ook vanuit het ontwerp geselecteerd (zie figuur 5-4 en bijlage B). Het totale oppervlak hiervan bedraagt 3.011 m². Op basis van de schaduwmodellering wordt daarvan 2.094 m² bedekt door schaduw. Dat betekent dat de LVR en verblijfsplekken voor ca. 70% in de schaduw liggen. Daarmee voldoet het plan aan de eis.



Figuur 5-4: Schaduw op langzaamverkeersroutes en verblijfsplekken na planontwikkeling

5.3. Maatregelen hitte en schaduw: blokkeren

Binnen het plangebied zijn vooral maatregelen gericht op blokkeren en verkoelen kansrijk:

Bouwkundige zonwering
Grote raamoppervlakken leveren gedurende koudere periodes welkome verwarming door binnenvallend licht als de zon schijnt. Dit kan in de zomer echter een negatief effect hebben om de binnentemperatuur door sterke opwarming. Door te kiezen voor zonwerend glas, pergola's, lamellen, screens en overstekken, kan schaduw en koelte in en rondom het gebouw gecreëerd worden.

Schaduwvoorzieningen
Op plekken waar de zon langdurig op verharding schijnt kunnen schaduwvoorzieningen aan een prettig milieu bijdragen. Deze schaduwvoorzieningen kunnen bestaan uit klimplanten over spandraden, schaduwdoeken of pergola's.

Dubbele gevel/klimaatgevel
Een dubbele gevel fungeert als een soort spouw met een luchtlaag ertussen. Deze spouw kan aan de onder- en bovenzijde geopend of juist gesloten worden waarmee de luchtstroming gereguleerd kan worden. In de winter wordt de spouw gesloten en werkt dit isolerend. In de zomer worden de openingen geopend waardoor het 'schoorsteen effect' de warmte afvoert. Dit kan tevens in combinatie met zonwering.

Bomen aanplanten
Stadsbomen vormen onder hun bladerdak ruimte, geven verkoeling, produceren zuurstof en bieden leefruimte aan veel vogels en verschillende soorten insecten. Bomen hebben maar één nadeel: ze groeien langzaam.

5.4. Verkoelen

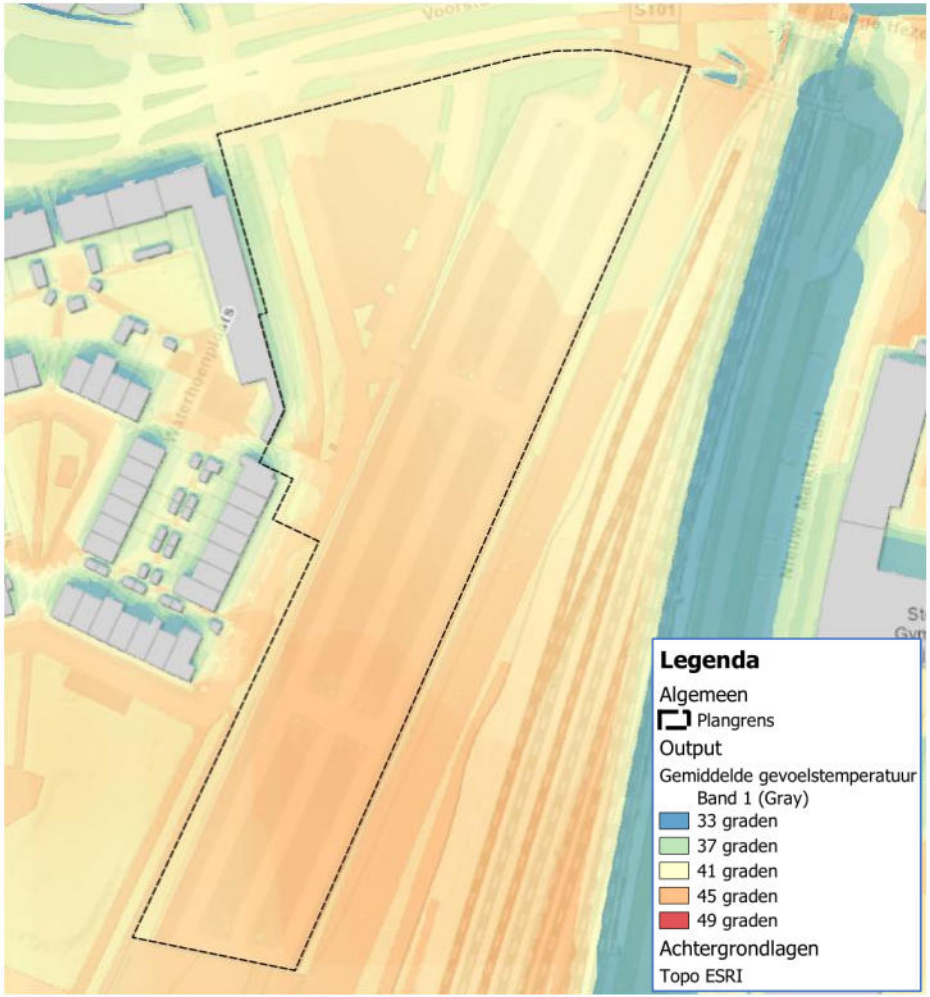
Koele gevels met hoge albedo
Lichte oppervlakken nemen de warmte van de zon minder op waardoor de oppervlakte niet als een soort van bakplaat opwarmt. Hierdoor blijven gevels, muren en ook de directe omgeving koeler en prettiger om te verblijven.

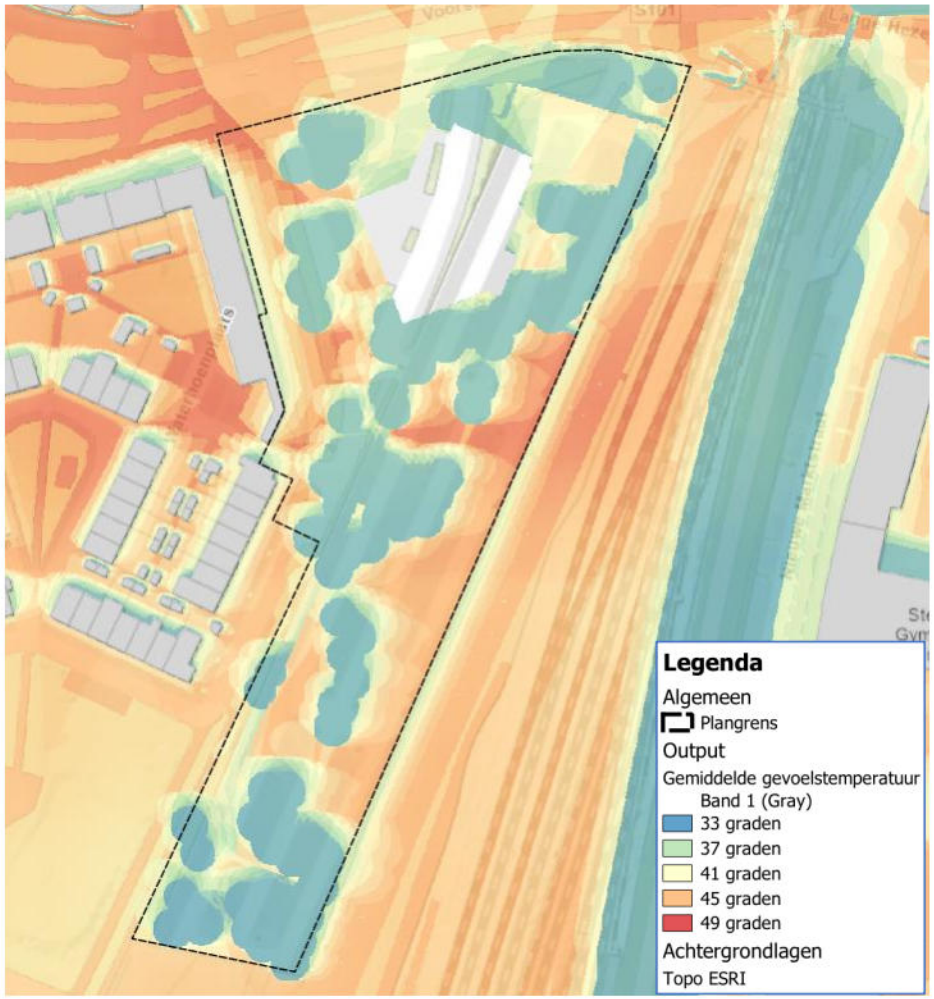
Groene gevels
Groene gevels zorgen ervoor dat gevels minder opwarmen en ook minder warmte verliezen. De planten zorgen tevens voor verdamping wat eveneens bijdraagt aan een koeler stadsklimaat. Daarnaast heeft het een geluiddempend effect en kunnen insecten zich hier vestigen. De groene gevels kunnen bestaan uit klimplanten, hangende planten of groene geveltuinen.

Groene daken
Groene daken hebben een verkoelend effect op de onderliggende panden. Ze houden minder warmte op waardoor de omgeving minder snel opwarmt en de vegetatie zorgt voor verdamping voor verkoeling. In zomer en winter hebben deze systemen een isolerende werking.

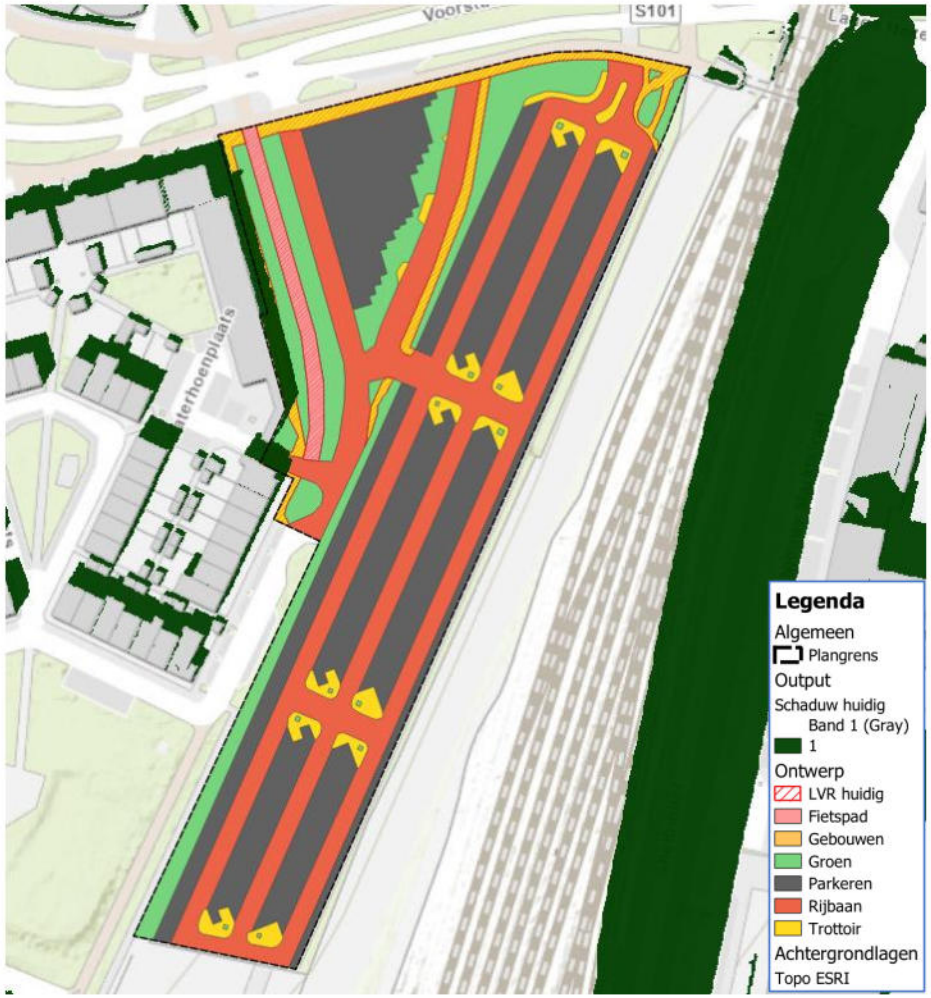
Koele verhardingsmaterialen
Lichte, water- en luchtdoorlatende verharding warmt minder snel op en houdt minder warmte vast ten opzichte van traditionele materialen als beton of asfalt. Een nadeel is de grotere vatbaarheid voor vervuiling. Voorbeelden hiervan zijn verhardingen met een lichte kleur, bijvoorbeeld lichtgrijze klinkers. Daarnaast zijn halfopen verhardingsmaterialen zoals grind, schelpen en grasbetontegels een mogelijkheid.

BIJLAGE A: GEVOELSTEMPERATUUR HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE SITUATIE





BIJLAGE B: SCHADUW HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE SITUATIE





SAMENWERKEN AAN EEN TOEKOMSTBESTENDIGE LEEFOMGEVING