

RAPPORT

Klimaattoets ontwikkeling De Hes te Arnhem

Klant: Amvest

Referentie: BF5632-MI-RP-230607-1419

Status: Concept/01

Datum: 7 juni 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Larixplein 1
5616 VB Eindhoven
Mobility & Infrastructure
Trade register number: 56515154

+31 88 348 42 50 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Klimaattoets ontwikkeling De Hes te Arnhem

Sub titel:
Referentie: BF5632-MI-RP-230607-1419
Status: 01/Concept
Datum: 7 juni 2023
Projectnummer: BF5632
Auteur(s): Hilde van Daal

Gecontroleerd door: Frank Hageman

Datum: 7 juni 2023

Goedgekeurd door: Frank Hageman

Datum: 7 juni 2023

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Huidige situatie	2
2.1	Gebiedsbeschrijving	2
2.2	Maaiveldhoogte	2
2.3	Bodemopbouw	3
2.4	Grondwater	5
2.5	Oppervlaktewater	6
2.6	Waterwingebied	11
2.7	Bestaande warmte/koude opslagsystemen	12
2.8	Riolering	13
3	Beleid	15
3.1	Beleid Waterschap Rijn en IJssel	15
3.2	Toepassing beleid waterschap	15
3.3	Beleid waterschap Vallei en Veluwe	16
3.4	Toepassing beleid waterschap	17
3.5	Beleid gemeente Arnhem	18
3.5.1	Maatregelen om wateroverlast te verminderen	19
3.5.2	Hitte in de gemeente Arnhem	20
3.6	Beleid gemeente Renkum	20
3.6.1	Water en riolering	20
3.6.2	Hitte in de gemeente Renkum	21
3.7	Overzicht waterbeleid	21
4	Toekomstige situatie	23
4.1	Beschrijving plan	23
4.2	Vuilwaterafvoer	23
4.3	Hemelwaterafvoer	24
4.4	Benodigde compensatie waterberging	26
4.5	Invulling benodigde waterberging	30
4.6	Hydrologische gevolgen grondwater	31
4.7	Hitterisico	31
4.7.1	Inleiding hitterisico	31
4.7.2	Beleid gemeenten	32
4.7.3	Situatieschets	32
4.7.4	Werkwijze en uitgangspunten	34
4.7.5	Resultaten	34

4.7.6	Invloed stedelijk gebied en invloed ontwikkeling De Hes	35
4.7.7	Conclusie en aanbevelingen	37
4.8	Droogte risico	38
4.8.1	Bodemdaling	38
4.8.2	Grondwater	39
4.8.3	Oppervlaktewater	40
5	Contactpersonen	41

Bijlagen

Bijlage 1:	Eisen en randvoorwaarden gemeente Renkum 'Rapportage en bepalingen omvang van hemelwater -c.q. infiltratievoorzieningen, versie 5 mei 2021'
Bijlage 2:	Berekening benodigde en beschikbare waterberging
Bijlage 3:	Informatie Hitte Monitor (RHDHV)

1 Inleiding

Op het voormalige KEMA-terreindeel aan de zuidzijde van de Utrechtseweg ontwikkelt Amvest het plan De Hes tot een nieuw woon- en werklandschap. De afgelopen jaren is de leegstand op het park sterk toegenomen door het vertrek en inkrimpen van gevestigde bedrijven. Het is niet meer mogelijk om de huidige functie van het park te handhaven. Samen met de gemeente Arnhem en Renkum heeft Amvest het plan opgevat om een nieuwe invulling te geven aan het park waarbij een deel van het huidige bedrijventerrein in stand wordt gehouden.

Voor de ontwikkeling van de Hes dient onderzoek uitgevoerd te worden ten behoeve van het ruimtelijke procedures en de civieltechnische (plan)uitwerking. Het uitvoeren van een watertoets is één van deze onderzoeken die doorlopen moet worden ten behoeve van de ruimtelijke procedure. In een vroeg stadium wordt bekeken wat de gevolgen zijn voor water en de ruimtelijke ordening. Deze rapportage is daarbij uitgebreid met de gevolgen voor hitte en droogte van het plan zodat meer inzicht wordt verkregen in een klimaatbestendige inrichting (klimaattoets).

In hoofdstuk 2 wordt de bestaande situatie inclusief de bestaande waterhuishouding in het plangebied beschouwd, gevolgd door het vigerende beleid van de waterschappen en de gemeenten (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 (paragraaf 4.1 t/m 4.6) worden de mogelijkheden bij de verdere planontwikkeling besproken waarbij er ook gerekend is aan de benodigde waterberging. Paragraaf 4.7 en 4.8 geeft inzicht in de risico's van het plan op hitte en droogte.

In 2021 t/m 2023 is samen met Stedenbouwkundigbureau ZUS samengewerkt aan het Stedenbouwkundig plan. Verkenningen op het gebied van water, hitte en droogte zijn daarbij uitgevoerd en op hoofdlijnen verwerkt in het stedenbouwkundige plan. Deze rapportage bevat aanvullende gedetailleerde informatie en kan gebruikt worden bij de verdere uitwerking (waterhuishoudkundige plan) en ruimtelijke procedures.

2 Huidige situatie

2.1 Gebiedsbeschrijving

Het te herontwikkelen plangebied De Hes ligt op de grens van de gemeente Arnhem en de gemeente Renkum ten oosten van de kern Oosterbeek. Aan de westzijde is het plan begrenst door de spoorlijn (Nijmegen-Arnhem), aan de noordzijde door de Utrechtseweg N225, aan de oostzijde door De Schutterij/Hesweg en aan de zuidzijde door de Klingelbeekseweg. De watergang de Slijpbeek doorsnijdt het plangebied en stroomt vanaf het noorden af richting de Nederrijn.

Het plangebied beslaat een totaal-oppervlak van ca. 13,96 ha. In figuur 1 is een overzicht gegeven van de ligging van het plangebied.

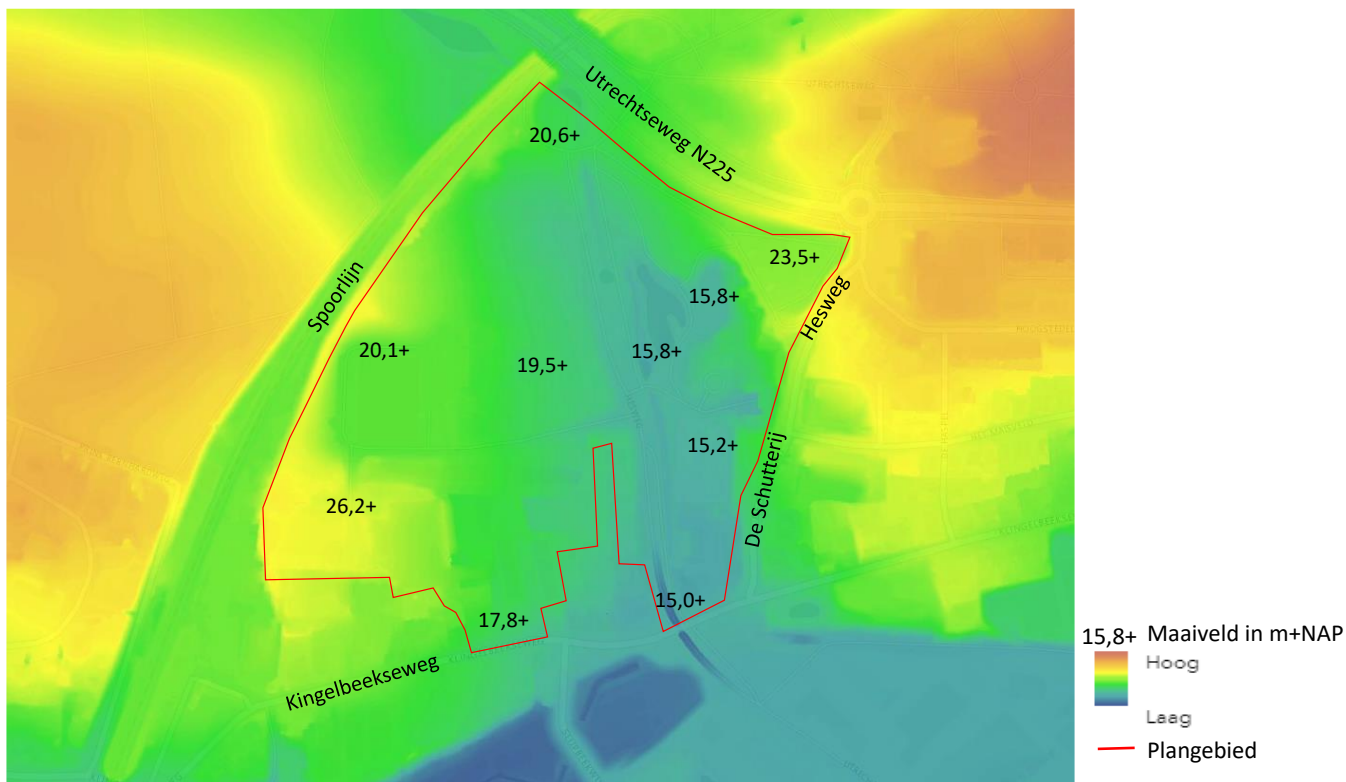


- Plangebied
- - - Gemeentegrens

Figuur 1: Ligging plangebied De Hes te Arnhem

2.2 Maaiveldhoogte

In figuur 2 is een overzicht gegeven van de bestaande maaiveldhoogten. Het plangebied is sterk geaccidenteerd met als laagste zone de Slijpbeek en hogere flanken aan de oost- en westzijde. Ter hoogte van de Slijpbeek loopt het maaiveld vanaf het noorden af van ca. NAP +20,6m naar het zuiden op ca. NAP +15,0m. Vanaf de beek loopt de oostflank op naar een maaiveld van NAP +23,5m; de westflank loopt nog verder op vanaf de beek naar een hoogte van ca. NAP +26,2m.



Figuur 2: Overzicht bestaande maaiveldhoogte plan De Hes te Arnhem (bron: AHNviewer, AHN3)

2.3 Bodemopbouw

In figuur 3 is de bodemopbouw van de locatie in een profiel weergegeven (bron: DINOloket, BRO REGIS II.2.2). Op basis van de beschikbare gegevens in DINOloket kan de ondergrond onderverdeeld worden in twee watervoerende pakketten die van elkaar gescheiden worden door een slecht-doorlatende laag. Het eerste watervoerende pakket is opgebouwd uit gestuwde afzettingen die in het algemeen gekarakteriseerd worden door grote variaties in doorlatendheid. Het is niet uit te sluiten dat dit pakket wordt doorsneden door leemlagen. Deze leemlagen maken de bovengenoemde geohydrologische situatie complexer. Enerzijds wordt de 'ondiepe' kwel bevorderd, door het voor komen van de leemlagen loopt het water moeilijker weg naar diepere lagen. Anderzijds kunnen leemschotten ter plaatse van de beek kwel vanuit het eerste waterpakket beperken. Bij nieuwe ontwikkelingen dient rekening gehouden te worden met deze leemlagen; de leemlagen dienen niet beschadigd te worden en intact te blijven, zie ook onderstaand kader bestemmingsplan Leemlagen. Het verbod strekt zich niet alleen uit tegen doorboringen maar tegen alle handelingen die tot schade van de leemlagen kunnen leiden.



Bestemmingsplan 'Leemlagen'

In delen van Arnhem-Noord is het bestemmingsplan 'Leemlagen' van kracht. Deze regels gelden om de beken in het noordelijke stadsdeel te beschermen. Hiermee voorkomen we dat de ondergrond wordt gebruikt voor minder gewenste ingrepen en toepassingen in de bovengrond.

Het bestemmingsplan sluit ontwikkelingen in de ondergrond niet uit, maar staat deze pas toe als uit gedegen onderzoek blijkt dat de leemlaag intact blijft. In het bestemmingsplan is een verbod opgenomen voor werkzaamheden dieper dan 1,5 meter onder maaiveld. De komende jaren wordt de bestemming geleidelijk overgenomen in de reguliere bestemmingsplannen. Per bestemmingsplan wordt gekeken of de standaarddiepte en de begrenzing aangepast moet worden. Dat kan dieper of ondieper zijn, maar ook een groter of kleiner gebied omvatten.




Op onderstaande kaart uit het bestemmingsplan staat de beschermde leemgrond gemarkeerd.



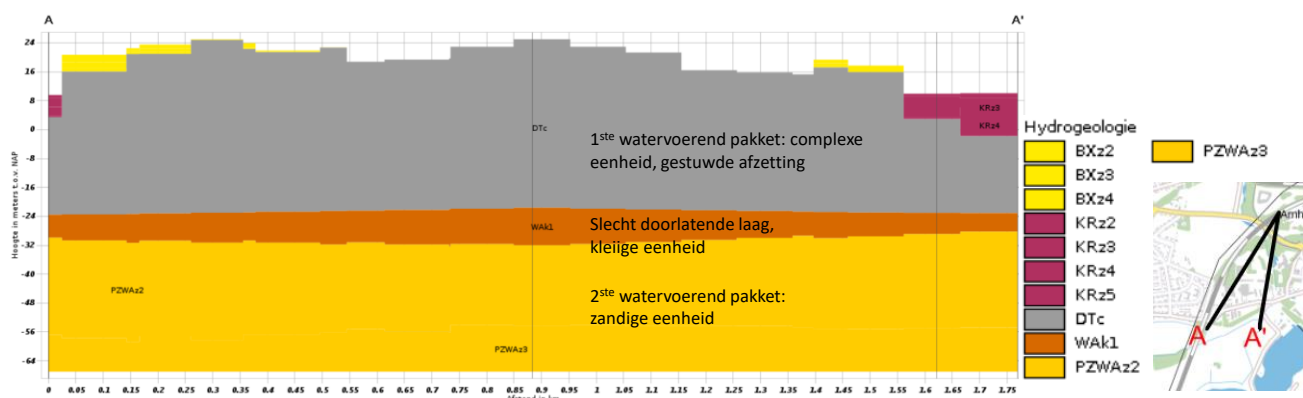
-  Beschermd leeglaag
-  Plangebied

Ook de gemeente Renkum heeft regels met betrekking tot de leemlagen. Deze zijn echter niet in een apart bestemmingsplan opgenomen maar als kaart separaat vastgesteld en wordt op deze manier opgenomen in de normale bestemmingsplannen. In onderstaande kaart is hiervan een overzicht gegeven. Om vergunning te krijgen voor een ontgraving, is het nodig om bodemonderzoek aan te leveren ter plaatse van de ontgraving (1 boring per 30 m²), waarbij aandacht gaat naar leemlagen.



-  Geen beperkingen
-  Zonder vergunning verboden om dieper te graven dan 1,5m
-  Plangebied

Aan de zuidzijde van het plan wordt lokaal een zandige eenheid van midden en fijn zand tot ca. 4m-mv aangetroffen op het eerste watervoerend pakket. Het tweede watervoerende pakket is opgebouwd uit grove zanden die gekenmerkt worden door een hoge doorlatendheid.



Figuur 3: Profiel bodemopbouw plan De Hes te Arnhem (bron: DINOloket, BRO REGIS II.2.2)

In tabel 1 zijn de hydraulische karakteristieken van de geologische eenheden opgenomen.

Tabel 1: Bodemopbouw en hydraulische karakteristieken (BRO REGIS II.2.2)

Geohydrologie	Diepte [m t.o.v. NAP]	Formatie	Sediment	Kh [m/d]	C [d]
WVP 1	Variabel	Formatie van Boxtel	Fijn tot matig fijn zand	5	n.v.t.
WVP 1	Variabel tot -22	Gestuwde afzettingen	Variabel	Niet bekend	n.v.t.
SDL 1	-23 tot -31	Waalre Klei 1	Klei	n.v.t	730
WVP 2	-31 tot -86	Formatie van Peize-Waalre	Matig grof tot grof zand	48	n.v.t
SDL 2	-86 tot -89	Waalre Klei 3	Klei	n.v.t	50
WVP 2	-89 tot -96	Formatie van Maassluis	Klei, fijn zand	n.v.t	1900

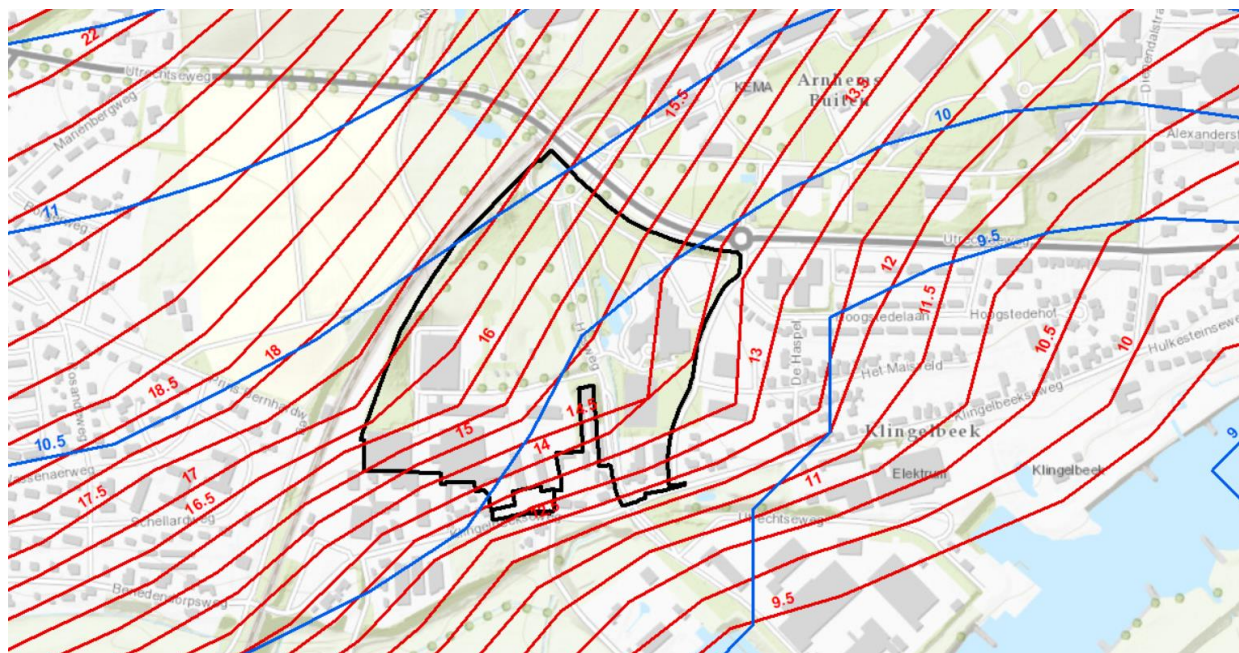
WVP – watervoerend pakket; SDL = slecht doorlatende laag

Op basis van gegevens van het bodemloket (t.b.v. plandeel in gemeente Renkum), de gemeentelijke bodeminformatiekaart en de gemeentelijke grondwater gevalcontourenkaart van de gemeente Arnhem, zijn er geen bodemverontreinigingen en grondwaterverontreinigingen binnen het plan aangetroffen. Buiten het plangebied is ca. 330m ten oosten van het plangebied aan de Klingelbeekseweg een grondwaterverontreiniging aangetroffen sterk verontreinigd met VOCL-componenten. Verder is ter plaatse van het NS-emplacement een restverontreiniging achtergebleven waarbij het grondwater sterk verontreinigd is met minerale olie en vluchtige aromaten.

2.4 Grondwater

Figuur 4 geeft de isohypsen (lijnen met gelijke stijghoogten van het grondwaterpeil) in het eerste en het tweede watervoerende pakket weer. In het eerste watervoerende pakket en het tweede watervoerende pakket stroomt het grondwater in zuidoostelijke richting. Op basis van langjarige gemiddelde grondwaterstanden (bron: TNO) loopt de gemiddelde grondwaterstand in het eerste watervoerend pakket in het noordwesten af van ca. NAP +17,0m naar een gemiddelde grondwaterstand in het zuidwesten op een hoogte van NAP +12,5m.

Op basis van de beschikbare gegevens en aangezien het gebied wordt gekenmerkt door een steile grondwatergradient, kan er geen eenduidige gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) worden vastgesteld in het plangebied.

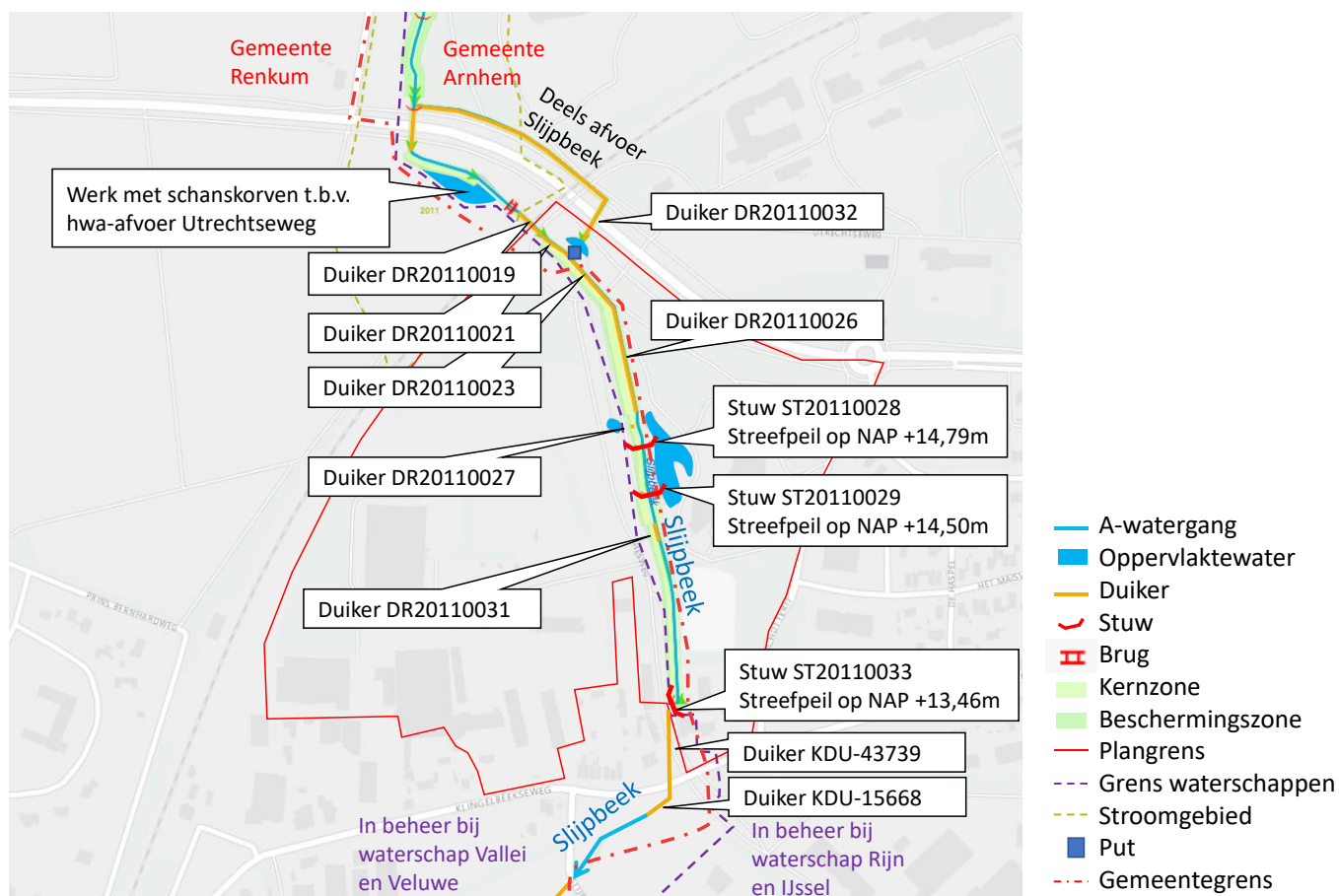


- Grondwaterstand 1^{ste} watervoerend pakket in m+NAP
- Grondwaterstand 2^{ste} watervoerend pakket in m+NAP
- Plangebied

Figuur 4: Isohyphen (lijnen met gelijke stijghoogten van het grondwaterpeil) in 1^{ste} en 2^{de} watervoerend pakket o.b.v. langjarig gemiddelde. (Bron: TNO)

2.5 Oppervlaktewater

Midden door het plangebied loopt de watergang de Slijpbeek. Deze oude gegraven sprengenbeek loopt af van het noordwesten naar het zuidoosten van het plangebied om uiteindelijk uit te komen in de Nederrijn. De Slijpbeek tot aan de Klingelbeekseweg en het gebied ten oosten daarvan is in beheer bij waterschap Rijn en IJssel; ten westen van de Slijpbeek valt het plangebied in het beheergebied van waterschap Vallei en Veluwe. In figuur 5 is respectievelijk een overzicht gegeven van het bestaande watersysteem.



Figuur 5: Overzicht bestaand watersysteem t.h.v. plan De Hes te Arnhem

Momenteel bestaat de Slijpbeek grotendeels uit een aantal vijverpartijen en loopt de Slijpbeek deels ondergronds (duikers). De beek is deels voorzien van een betonvloer en betonklinkers en is deels dichtgeslibd. Op deze manier blijft de beek watervoerend, zonder deze sliblaag of de betonvloer zou het water uit de Slijpbeek wegzijgen naar de ondergrond.

De Slijpbeek heeft een groot verval van ca. 4,5m (van ca. NAP +17,9m tot streefpeil NAP +13,46m) binnen het plangebied. Het peil wordt bepaald en gestuurd door een zestal duikers en een drietal stuwen. In tabel 2 zijn de kenmerken van de bestaande duikers opgenomen.

Tabel 2: Overzicht kenmerken bestaande duikers, zie figuur 5 voor ligging

Duiker	Afmeting	Hoogteligging (b.o.b) In- en uitstroom in m+NAP	Beheer
DR20110019	Br=1,0m, h=1,1m	17,93+ / 17,63+	WS Rijn en IJssel
DR20110021	Br=0,8m, h=1,2m	17,63+ / 17,51+	WS Rijn en IJssel
DR20110023	Br=0,8m, h=1,2m	17,51+ / 15,72+	WS Rijn en IJssel
DR20110026	Ø1000mm	15,72+ / 15,47+	WS Rijn en IJssel
DR20110027	Br=0,2m, h=0,35m	16,33+ / 16,29+	WS Rijn en IJssel
DR20110031	Br=2m, h=1m	13,54+ / 13,58+	WS Rijn en IJssel

Duiker	Afmeting	Hoogteligging (b.o.b) In- en uitstroom in m+NAP	Beheer
DR20110032	Niet bekend	Niet bekend	Onduidelijk, aangelegd door Kema Arnhems Buiten
KDU-43739	2 x Ø800mm	9,73+ / 9,68+	WS Vallei en Veluwe
KDU-15668	Ø1500mm	9,72+ / 9,71+	WS Vallei en Veluwe

De beek wordt gevoed door kwelwater verder bovenstrooms het plan. Ten noorden van de Utrechtseweg splitst de afvoer van de Slijpbeek. Een klein deel van de afvoer loopt via een lange duiker parallel aan de noordzijde van de Utrechtseweg om vervolgens onder de Utrechtseweg door te steken naar een kleine vijver/wadi en overstortput in het plangebied. De tweede (doorgaande) afvoer van de Slijpbeek wordt met een duiker onder de Utrechtseweg afgevoerd op de Slijpbeek in het plan. Aan de zuidzijde van de weg wordt de Slijpbeek langs een werk met schanskorven (in beheer bij gemeente Renkum) geleid. Het werk van schanskorven wordt ingezet om het hemelwater afkomstig van de Utrechtseweg op te vangen en te zuiveren.

De voorziening met de schanskorven bestaat uit drie compartimenten voordat het hemelwater de beek inloopt. Via een betonnen goot aan de zuidzijde van de Utrechtseweg stroomt het water compartiment 1 binnen. Dit compartiment staat niet in verbinding met de Slijpbeek en heeft een betonnen bodem. Grof vuil en zand kunnen hier bezinken. Vanuit compartiment 1 stroomt het water vervolgens compartiment 2 in. Dit compartiment is deels voorzien van een betonnen bodem. Door de deels 'open' bodem kan het water infiltreren in de bodem. In compartiment 2 zal het slib in het water bezinken.

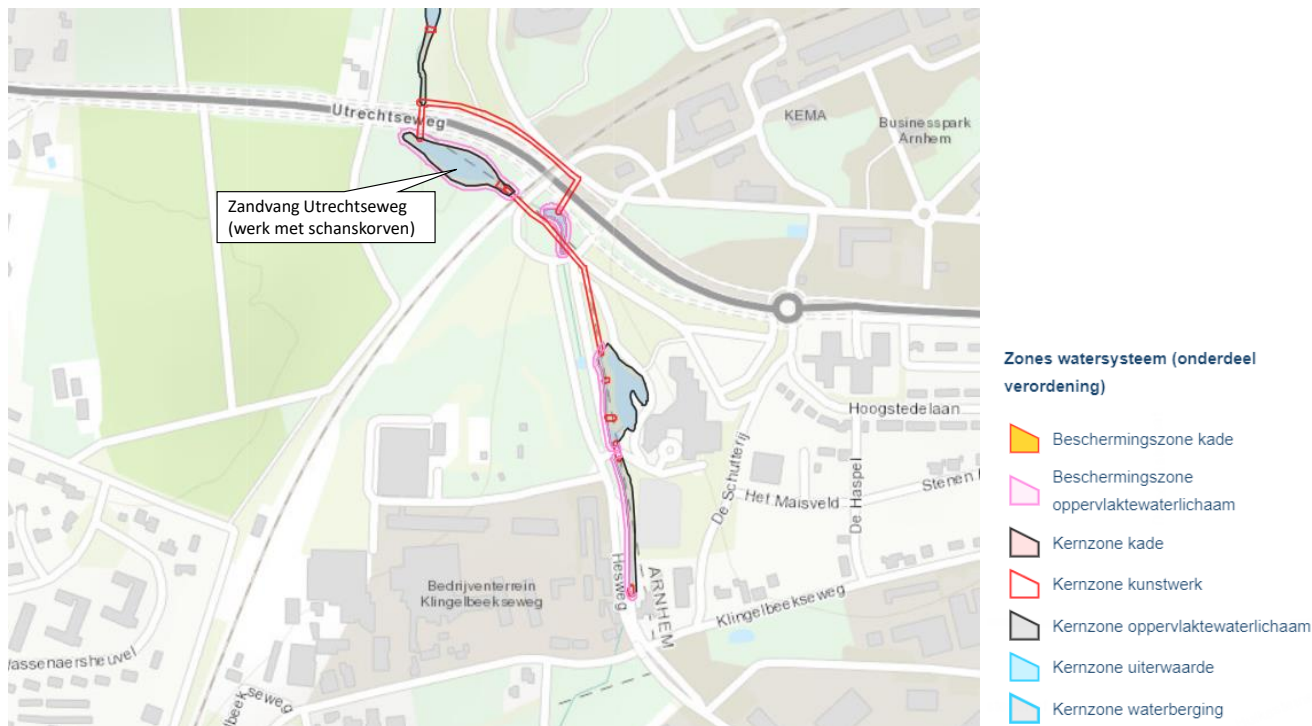
Vanuit compartiment 2 kan het water eventueel overstorten op compartiment 3. In compartiment 3 kan het water verdampen en via de bodem in de Slijpbeek terechtkomen.

Zowel compartiment 2 als 3 zijn met een schanskorf met folie gescheiden van de Slijpbeek. Alleen bij een hoge waterstand in de compartimenten zal het water vanuit de compartimenten overstorten op de Slijpbeek. In figuur 6 is een overzicht gegeven van het werk met zandkorven.



Figuur 6: Overzicht en inrichting bestaand werk met schanskorven t.b.v. opvang hemelwater afkomstig van Utrechtseweg

Rondom de Slijpbeek en oppervlaktewater zijn door het waterschap zogenaamde beperkingsgebieden aangewezen zoals beschermingszones en kernzones. In figuur 7 is hiervan een overzicht gegeven. In deze gebieden mogen alleen onder bepaalde voorwaarden van waterschap Rijn en IJssel werkzaamheden uitgevoerd worden.



Figuur 7: Overzicht beperkingsgebieden Waterschap Rijn en IJssel

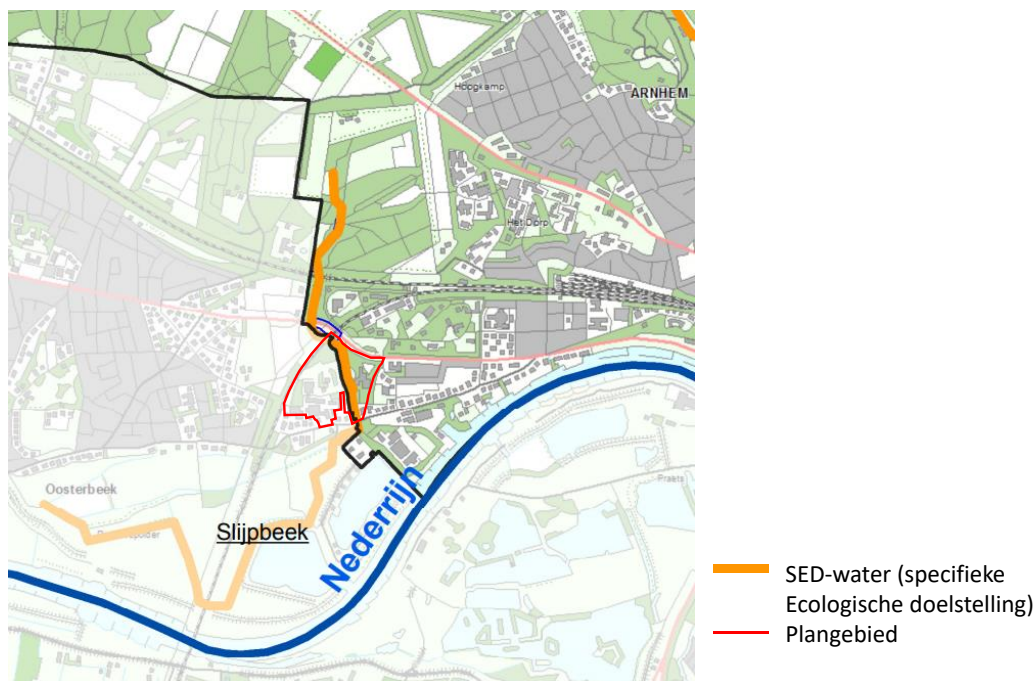
De Slijpbeek is verder een waterloop waaraan de Provincie Gelderland een specifieke ecologische doelstelling (SED-water) heeft toegekend (zie figuur 8). Een SED-water kent enige menselijke beïnvloeding, maar heeft een ecologische waarde of kan die door een relatief geringe inspanning krijgen. De provincie wil vooral de natuurwaarden herstellen en beschermen.

De inrichting en het beheer van het waterhuishoudkundige systeem is in een SED-water gericht op:

- het veiligstellen en ontwikkelen van de abiotische en biotische kwaliteit conform de streefbeeld en de doeltypen uit de kernkwaliteiten van het Gelderse Natuurnetwerk en de Groene Ontwikkelingszone;
- het minstens handhaven van de huidige waterhuishoudkundige situatie. Dit betekent ten minste 'standstill' van het totaalbeeld van de huidige situatie;
- het uitsluiten van nadelige effecten op waternatuur van het oppervlaktewaterbeheer en het grondwaterbeheer bovenstrooms en in de omgeving van de aangewezen wateren;
- het afstemmen van het oppervlaktewaterbeheer in en bovenstrooms van deze waardevolle wateren en in de omgeving daarvan op de natuurwaarden en doelen;
- het bewerkstelligen van een minimale nadelige invloed van menselijk handelen op de ecologie, kwaliteit en kwantiteit van het oppervlaktewater en grondwater (voor zover relevant);
- het realiseren van de waterkwaliteit in de SED-wateren behorend bij de kernkwaliteit natuur, streefbeeld of doeltype;
- het herstel met aandacht voor behoud van aanwezige cultuurhistorische waarden in en/of directe nabijheid van deze wateren.

Een nieuwe bedreiging zijn de gevolgen van klimaatverandering: hogere watertemperaturen, droogval of hoge piekafvoeren, die steeds vaker zullen optreden. Bij herstelmaatregelen van waternatuur zullen daarom waar mogelijk inrichtingsvormen moeten worden gekozen die de negatieve gevolgen van de klimaatverandering beperken.

Tot nu toe zijn geen van de sprengbeken in Arnhem door droge, zonnige zomers drooggevallen.



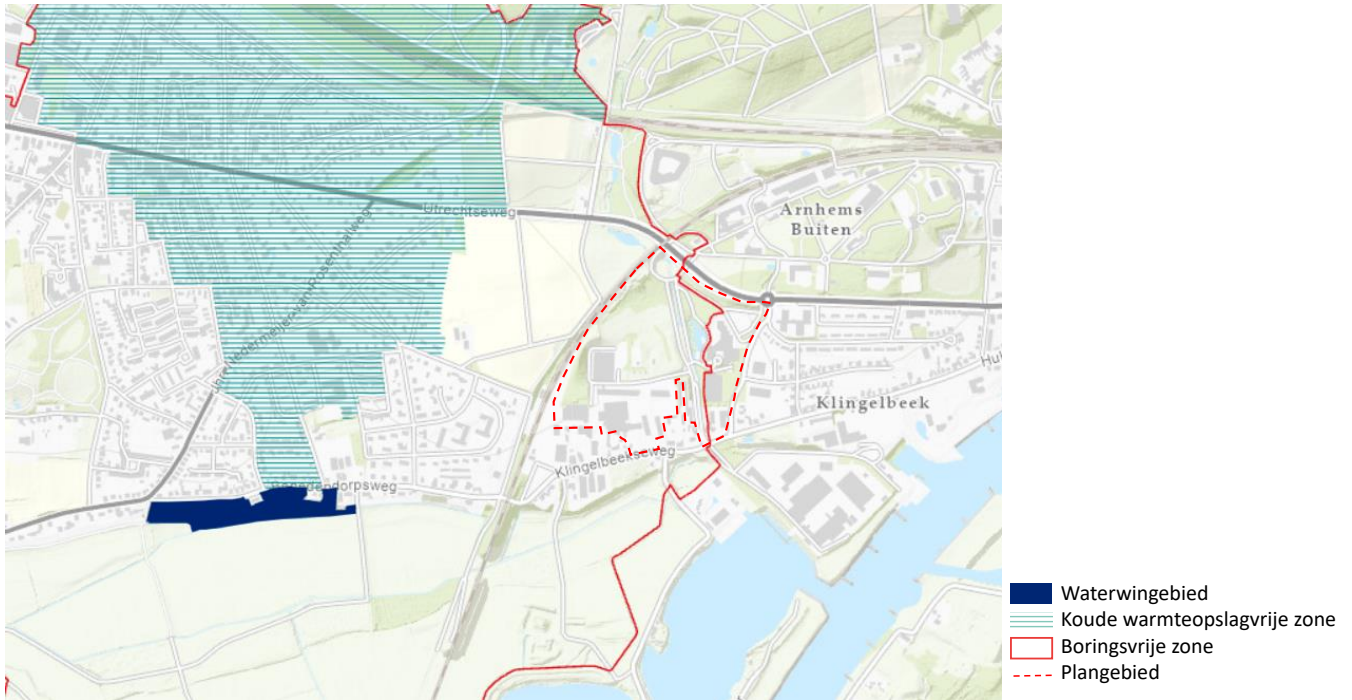
Figuur 8: Overzicht locaties SED-water (bron: waterschap Rijn en IJssel)

In januari 2019 is een landschapsvisie Slijpbeekpark opgesteld in opdracht van en in overleg met de gemeenten Renkum en Arnhem, de waterschappen Rijn en IJssel en Vallei en Veluwe, Provincie Gelderland, Geldersch Landschap en Kasteelen en de Bekenstichting. Hierin is toekomstvisie voor het stroomgebied van de Slijpbeek opgenomen. Eerder in 2007 is reeds een bekenvisie door waterschap Rijn en IJssel en de gemeente Arnhem opgesteld voor een aantal beken in de gemeente Arnhem. In deze visie zijn een tiental verbeterpunten opgenomen voor de Slijpbeek. Momenteel is onduidelijk wat de status is van deze verbeterpunten.

2.6 Waterwingebied

Figuur 9 geeft het waterwingebied en de boringsvrije van pompstation Oosterbeek weer. Het westelijke gedeelte van het onderzoeksgebied is gelegen in een boringsvrije zone. Deze zone wordt ingesteld voor diepe grondwaterwinningen die door een slecht doorlatende laag worden beschermd tegen verontreinigingen als gevolg van activiteiten aan het maaiveld. Binnen een boringsvrije zone geldt een verbod of beperking (per provincie verschillend) op het uitvoeren van boringen.

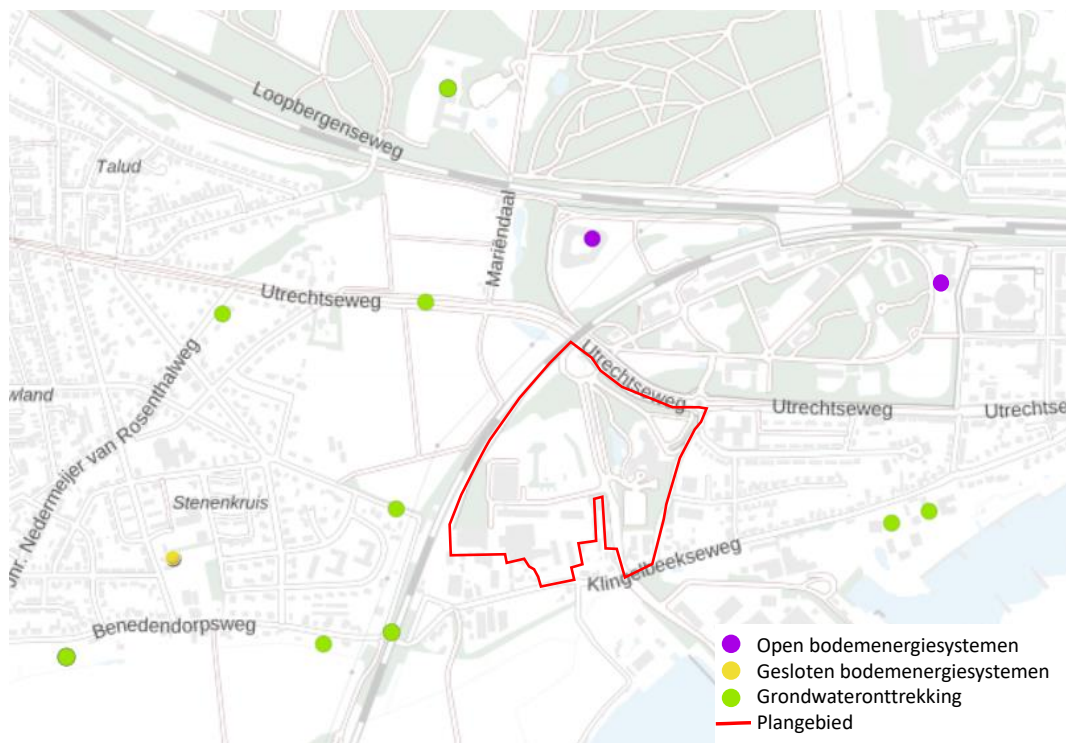
In de boringsvrije zone van Oosterbeek mogen alleen werkzaamheden uitgevoerd worden boven de kleilaag die de diepe winning van het waterbedrijf beschermd, in dit geval alleen in het eerste watervoerende pakket. Voor deze werkzaamheden dient een vergunning aangevraagd te worden (vergunning met voorwaarden).



Figuur 9: Ligging waterwingebied (bron: Provincie Gelderland)

2.7 Bestaande warmte/koude opslagsystemen

Er zijn momenteel geen warmte/koude opslagsystemen (WKO-bronnen) aanwezig op de planlocatie. Figuur 10 geeft een overzicht van de bestaande WKO-bronnen in de omgeving.

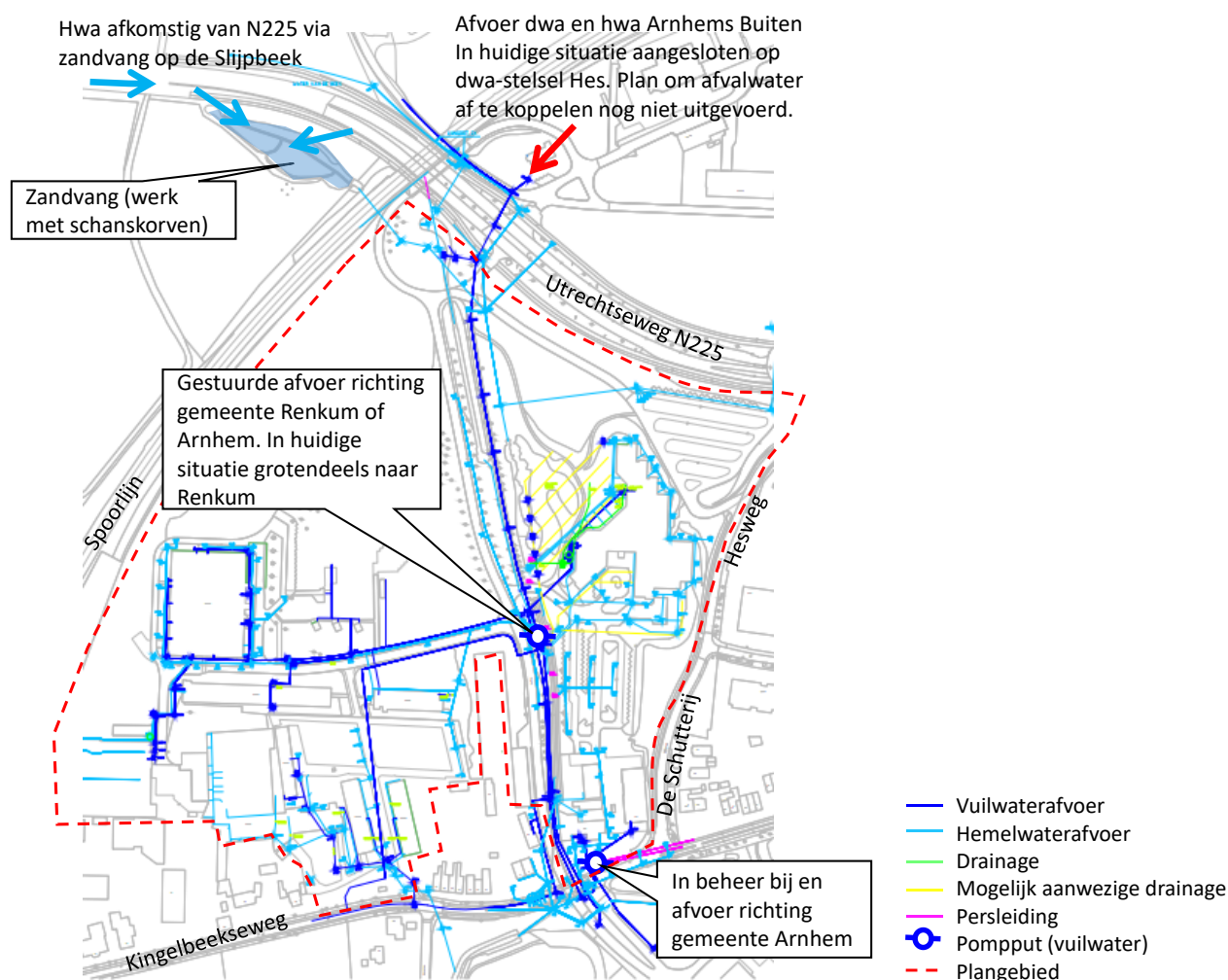


Figuur 10: Locaties bestaande bodemenergiesystemen (bron: wkotool.nl)

2.8 Riolering

In figuur 11 is de bestaande riolering in het plangebied weergegeven. In de huidige situatie ligt er in het plangebied een gescheiden stelsel. Het hemelwater rondom de bestaande panden en verhardingen wordt ondergronds ingezameld en afgevoerd naar de Slijpbeek. Aan beide zijden van de beek ligt een hemelwaterstelsel. Grondwater wordt lokaal (rond voormalig Kema-gebouw, oostzijde van beek) middels drainage afgevangen en verpompt naar de Slijpbeek.

Aan de noordzijde van het plan wordt het hemelwater afkomstig van het Renkumse deel van de Utrechtseweg opgevangen en afgevoerd naar een zandvang ten westen van het spoor. Via deze zandvang wordt dit hemelwater afgevoerd op de Slijpbeek. Hemelwater afkomstig van het Arnhemse deel van de Utrechtseweg wordt na zuivering in twee lamellenfilters ook afgevoerd naar de Slijpbeek. Zie hiervoor ook figuur 12.



Figuur 11: Bestaande riolering binnen plangebied



Figuur 12: Bestaande riolering aan noordzijde plangebied (bron: gemeente Arnhem)

Naast het hemelwaterstelsel en lokale drainage is een vuilwaterstelsel gelegen. Vanaf de panden wordt het vuilwater ingezameld en afgevoerd naar het kema-gemaal. Een klein deel van de panden is direct aangesloten op het bestaande stelsel in de Klingelbeekseweg. Het kema-gemaal heeft een gestuurde afvoer naar het stelsel in de Klingelbeekseweg (gemeente Renkum) of naar het gemaal aan de Klingelbeekseweg (in beheer bij de gemeente Arnhem). In de huidige situatie wordt het afvalwater grotendeels naar de gemeente Renkum afgevoerd.

Aangezien het bestaande stelsel in de Klingelbeekseweg afvoert naar het gemaal aan betreffende weg, wordt uiteindelijk al het vuilwater afkomstig van het terrein afgevoerd naar het gemaal aan de Klingelbeekseweg.

3 Beleid

3.1 Beleid Waterschap Rijn en IJssel

Het waterbeleid van Waterschap Rijn en IJssel is verwoord in:

- *Keur Waterschap Rijn en IJssel*
Om te zorgen voor schoon en voldoende water, maakt het waterschap gebruik van (wettelijke) regels wat er wel en niet mag in een gebied. Deze regels zijn nu vastgelegd in 'de Keur (de basisverordening van het waterschap) en in 'algemene regels'. Voor de Omgevingswet zet het waterschap per ingang van de nieuwe omgevingswet (begin 2022) al deze regels voortaan in één nieuw juridisch document zetten: de Waterschapsverordening. Tot die tijd blijven de huidige Keur, Algemene regels en beperkingengebieden van kracht.
- *Handreiking Watertoetsprocedure en standaard waterparagraaf voor Bestemmingsplannen (versie 2012)*
Het waterschap heeft een handreiking ontworpen waarbij een initiatiefnemer zelf kan bepalen voor welke plannen en in welke mate het waterschap betrokken dient te worden bij het opstellen van een waterparagraaf. Voor meer complexe ontwikkelingen kan deze handreiking voor het waterschap en de initiatiefnemer als leidraad en geheugensteun gelden in het ontwerpproces. Gezamenlijk wordt er invulling gegeven aan de wateraspecten en kan water een positieve bijdrage leveren aan de leefomgeving. Als er overeenstemming is over de inhoud van de waterparagraaf kan de gemeente de tekst opnemen in de toelichting van het ruimtelijk plan.
- *Notitie 'Water in ruimtelijke plannen, uitgangspunten van waterschap Rijn en IJssel', d.d. 18-3-2021*
In 2015 is de beleidsnotitie Water Raakt! bestuurlijk vastgesteld. De waterschappen Vechtstromen (WVS), Drents Overijsselse Delta (WDOD) en Rijn en IJssel (WRIJ) hebben in Water Raakt! beschreven wat hun visie is ten aanzien van stedelijk waterbeheer. In deze uitgangspuntennotitie wordt dit uitgewerkt tot concrete uitgangspunten voor de wegging van het waterbelang bij ruimtelijke plannen (watertoets). Ook de uitgangspunten voor waterbeheer in het landelijk gebied zijn hierin opgenomen.

3.2 Toepassing beleid waterschap

In ruimtelijke plannen met een toename van verharding zijn infiltratie- of waterbergende voorzieningen nodig om het plan waterneutraal te maken. Uitgangspunten voor het ontwerp van infiltratie- en waterbergingsvoorzieningen zijn:

- In landelijk gebied is een regenbui $T=10+10\%$ maatgevend (extra 10% i.v.m. klimaatverandering). De hoeveelheid neerslag die valt in deze bui moet in het plangebied worden geborgen, waarna dit kan infiltreren of vertraagd wordt afgevoerd.
- In bebouwd gebied is een regenbui $T=100+10\%$ (extra 10% i.v.m. klimaatverandering) maatgevend voor de dimensionering van de waterhuishoudkundige voorzieningen. Hierbij mag het waterpeil vanuit het oppervlaktewater tot aan straatpeil stijgen, waarbij geen waterschade aan bouwwerken, hoofdinfrastructuur en spoorwegen mag ontstaan.
- Waterschap hanteert de laatst beschikbare klimaatstatistiek. Bij nieuwe gegevens worden de nieuwe statistiek toegepast (dit geldt voor elke KNMI-update en/of afgeleide publicaties van de Stowa). De meest recente neerslagstatistiek is gebaseerd op de KNMI klimaatscenario's van 2014 en is nader uitgewerkt in het Stowa rapport 2015 – 10a.;
- De maatgevende afvoer voor stedelijk gebied is 0,8 l/s/ha. Dit is de afvoer die gemiddeld 1 à 2 dagen per jaar optreedt. De toegestane afvoer voor een $T=100$ situatie bedraagt 2 x de maatgevende afvoer (1,6 l/s/ha);
- Waterschap houdt rekening met 3 mm berging op straat/dak/etc;

- De benodigde watercompensatie is 80mm voor de toename aan verhard oppervlak in het gebied (T=100 met 10% toeslag voor klimaatverandering).

Verder:

- Kan het waterschap vragen om waterhuishoudkundig plan bij ontwikkelingen met een toename van verharding groter dan 1500 m². Plan moet aantonen dat de wijze van berging effectief is, en dat er geen effecten zijn op het omliggende gebied. Daarnaast vraagt in stedelijk gebied ook de interactie met riolering om bijzondere aandacht.
- Adviseert het waterschap om bewust te zijn van de gevolgen van (kortdurende) extreme buien met een intensiteit van 60 – 150 mm/uur. Door middel van een stresstest kan een beeld gevormd worden van de robuustheid en klimaatbestendigheid van het systeem.
- Streeft het waterschap naar afkoppeling van bestaand verhard oppervlak van het rioolstelsel om zo het rioolstelsel en de rioolwaterzuiveringen te ontlasten en de kans op vervuilende overstorten van het gemengd riool te verminderen. Bij afkoppeling van bestaand verhard oppervlak moet minimaal 20 mm hemelwater in een infiltratievoorziening geborgen worden. Als de overlaat van het hemelwaterrioolstelsel op dezelfde watergang loost als voorheen de gemengde overstort, dan is geen extra berging noodzakelijk. Als de overlaat loost op een andere watergang, dan zal bui T=100+10% vertraagd afgevoerd moeten worden.
- Wordt bij voorkeur natte en laaggelegen gebieden, beekdalen, regionale waterbergingsgebieden en overstromingsvlaktes niet bebouwd. In waterbergingsgebieden zijn ontwikkelingen enkel toegestaan, als ze het functioneren van het waterbergingsgebied niet belemmeren.

3.3 Beleid waterschap Vallei en Veluwe

Het waterbeleid van Waterschap Vallei en Veluwe is verwoord in:

- *Keur Waterschap Vallei en Veluwe*
De keur is een verordening met regels die het waterschap hanteert bij de bescherming van waterkeringen, watergangen (sloten, beken en rivieren) en bijbehorende kunstwerken (gemalen, stuwen). De wetten en regels hebben tot doel de doorstroming van de wateren in Nederland te waarborgen, overstromingen te voorkomen, droogte tegen te gaan en de leefbaarheid in ons land met en rondom het water te kunnen blijven garanderen. Voor sommige werkzaamheden zijn in de keur algemene regels opgesteld. Als aan deze regels wordt voldaan, is *geen* watervergunning nodig. De werkzaamheden moeten wel bij het waterschap worden gemeld;
- *Uitgangspuntennotitie 'Beleidskader bij stedelijke ontwikkelingen'*, d.d. 4 mei 2017, Waterschap Vallei en Veluwe
In deze notitie wordt per thema (waterveiligheid, voldoende en schoon oppervlaktewater, waterketen) een toelichting gegeven op de belangen vanuit het waterbeheer op de ruimtelijke ordening.
- *Blauwe Omgevingsvisie (BOVI2050)*, Waterschap Vallei en Veluwe, www.bovi2050.nl
Omgevingsvisie die voor ruimtelijke plannen is ontwikkeld in de geest van de nieuwe omgevingswet. In deze visie staat een duurzame samenleving centraal waarbij water gezien wordt als ordenend principe.
- *Blauw Omgevingsprogramma (BOP)*, Waterschap Vallei en Veluwe. Het BOP is het waterbeheerprogramma van Waterschap Vallei en Veluwe voor de planperiode 2022-2027.

3.4 Toepassing beleid waterschap

Voor de afvoer van het hemelwater geldt het uitgangspunt 'hydrologisch neutraal ontwikkelen'. Dit houdt in dat het hemelwater dat op daken en verhardingen valt, niet versneld mag worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Voor dit hemelwater geldt de waterkwantiteitstrits (1. is meest wenselijk; 4. het minst wenselijk):

1. Hergebruik van hemelwater;
2. Vasthouden/infiltreren;
3. Bergen;
4. Afvoeren naar oppervlaktewater.

De waterhuishoudkundige situatie mag in principe niet verslechteren door uitbreiding van verhard oppervlak. Waterschap Vallei en Veluwe is voorstander van het in de bodem brengen van hemelwater, mits dit niet tot overlast leidt. Hemelwater dat door de aanleg van extra verharding niet kan infiltreren en versneld tot afvoer komt, dient binnen het plangebied te worden vastgehouden.

De mogelijkheden voor het vasthouden van hemelwater zijn niet onbegrensd en het waterschap stelt daarom dat het hemelwater conform een neerslaggebeurtenis die eens in de 100 jaar voorkomt in het plangebied vastgehouden moet worden.

Daar waar het water het plangebied verlaat, zal worden getoetst aan de landelijke afvoernorm. Normaal gesproken geldt voor stedelijk gebied een algemene afvoernorm van 1,5l/s/ha en bij een T=100 situatie 3l/s/ha. Buiten het stedelijk gebied geldt een afvoernorm van 0,2l/s/ha (bij T=100 situatie 0,4l/s/ha).

Vanuit waterschap Vallei en Veluwe gelden de volgende uitgangspunten bij nieuwe ontwikkelingen:

1. Bij nieuwe lozingen vanaf verhard oppervlak op oppervlaktewater geldt dat de hoeveelheid te lozen water geen nadelig effect mag hebben op het ontvangende watersysteem.
2. Aan het in het eerste lid gestelde wordt in ieder geval voldaan wanneer:
 - a) het verharde oppervlak niet groter is dan 1500 m² in stedelijk en 4000 m² in het buitengebied, of;
 - b) er niet meer dan de plaatselijk geldende landelijke afvoer vanuit het plangebied geloosd wordt, (conform afvoernormenkaart in het plangebied 3l/s/ha; 26mm/dag) of;
 - c) er een berging van 600m³ per hectare verhard oppervlak wordt gerealiseerd, of;
 - d) het nadelige effect op het watersysteem wordt gecompenseerd, of;
 - e) er geloosd wordt vanaf verhard oppervlak dat hiervoor was aangesloten op het gemengd stelsel (afkoppelen) en het ontvangende oppervlaktewaterlichaam voldoende capaciteit heeft.
3. De in het tweede lid genoemde berging kan o.a. worden gerealiseerd door middel van
 - a. een statische berging met een capaciteit van 600m³ per hectare (oftewel 60mm per m²) afwaterend verhard oppervlak; Dit komt overeen met 87mm in T=100-situatie – 2 x landelijke afvoernorm van 1,5l/s/ha);
 - b. een dynamische berging waarbij rekening wordt gehouden met infiltratie. De mate van infiltratie waarmee rekening gehouden mag worden, dient door de initiatiefnemer te worden aangetoond.
4. De in het tweede lid onder d genoemde compensatie kan o.a. worden gerealiseerd door het benutten of creëren van overcapaciteit in het ontvangende watersysteem, onder andere door de inzet van stuwconstructies.

Bij het bepalen van de toename van verhard oppervlak zijn de volgende punten van belang:

- Sportvelden of kunstgrasvelden worden niet als verhard oppervlak aangemerkt;
- (Half) Open verharding bij parkeerplaatsen wordt niet als verhard oppervlak aangemerkt;
- Vegetatiedaken (met voldoende opvangcapaciteit) worden niet aangemerkt als verhard oppervlak;
- Tuinen op particuliere percelen worden voor 50% toegerekend aan verhard oppervlak;

Vanuit de visie van BOVI2050 van het waterschap zijn er geen specifieke aandachtspunten voor dit plangebied. Verder is er geen BOP-doel vanuit het Blauw Omgevingsprogramma (BOP) planperiode 2022-2027 gespecificeerd vanuit het waterschap.

Uitgangspunten grondwater

Uitgangspunt bij een stedelijke uitbreiding is dat in principe wordt aangesloten bij de huidige grond- en oppervlaktewaterpeilen. Ten gevolge van de inrichting van het betreffende gebied mogen geen negatieve effecten op de omgeving ontstaan (verdroging of vernatting). Daarbij gaat het waterschap uit van de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) of representatieve hoogste grondwaterstand (RHG).

Gangbare normen voor de ontwateringsdiepte en drooglegging zijn (bron: waterschap Vallei en Veluwe):

Voor ontwateringsdiepte

- | | |
|-----------------------------------------|------------|
| • Woningen met kruipruimte | 0,7m-mv |
| • Woningen zonder kruipruimte | 0,5m-mv |
| • Vloerpeil van woningen | 0,3m+mv |
| • Tuinen en openbare groenvoorzieningen | 0,5m-mv |
| • Primaire wegen | 0,9 – 1,0m |
| • Secundaire wegen + woonstraten | 0,7m |

Drooglegging bij normaal waterpeil 1,0 – 1,2m

Het waterschap staat in principe geen nieuwe onderbemalingen (drainage) toe t.b.v. het realiseren van voldoende ontwateringsdiepte bij nieuwbouwprojecten.

Grondwateronttrekking t.b.v. bijvoorbeeld bronnering 3000m³/dag of langer dan zes maanden zijn vergunningsplichtig. Minder intensieve onttekkingsen kunnen volstaan met een melding.

Uitgangspunten berging in oppervlaktewater

Om de benodigde bergingscapaciteit te kunnen realiseren wordt uitgegaan van het waterpeil onder normale omstandigheden en het laagst gelegen maaiveld. Bij de maximaal benodigde berging (T=100) mag het peil in het oppervlaktewater stijgen tot 10cm onder het laagst gelegen maaiveld. Daarbij geldt in stedelijk gebied een afvoernorm van 1,5 l/s/ha bij T=10 en 3l/s/ha bij T=100. Om de afvoer te kunnen regelen geeft het waterschap de voorkeur aan vaste V-stuwen.

3.5 Beleid gemeente Arnhem

In de 'Strategie Klimaatadaptatie Arnhem 2020-2030' is vastgelegd hoe de gemeente de komende 10 jaar de stad klimaatbestendiger gaat maken en waar ze dat kunnen doen door klimaatadaptatie te combineren met vergroening. Bedoeling is dat de gemeente dat samen met de bewoners, bedrijven, organisaties en instellingen voor elkaar gaat krijgen. In de bijbehorende Uitvoeringsagenda (september 2021) zijn de beleidsmatige maatregelen van deze strategie opgenomen.

Daarnaast is er sinds kort een door de gemeenteraad vastgestelde bodemenergieplan. Hierdoor zijn boringen vanwege bestaande leemlagen verboden op delen van het grondgebied van de gemeente in Arnhem Noord.

3.5.1 Maatregelen om wateroverlast te verminderen

Om de ambitie ten aanzien van wateroverlast te kunnen realiseren, heeft de gemeente voor wat betreft de maatregelen een indeling gemaakt in verschillende deelgebieden. Het heuvelachtige gebied van Arnhem-Noord is onderverdeeld in brongebieden, overgangsgebieden en putgebieden. Arnhem Zuid wordt als afzonderlijk gebied gezien.

Algemene maatregelen om wateroverlast te verminderen:

- bij nieuwbouw dient al het regenwater afgekoppeld te worden;
- bij renovatie dient maximaal afgekoppeld te worden; de haalbaarheid wordt per geval beoordeeld, hierbij geldt dat minimaal 40 mm op eigen terrein moet worden verwerkt;
- bij omgevingsvergunningen dient extra aandacht aan vloerpeilen en drempelhoogtes van gebouwen besteed te worden;
- de openbare ruimte dient zo ingericht te worden dat zware buien zo min mogelijk overlast veroorzaken.

Aangezien het plangebied in Arnhem noord ligt, wordt hieronder alleen ingegaan op de maatregelen voor dit gebied.

Maatregelen brongebieden:

- van alle openbare ruimte dient 90% afgekoppeld te worden.

Maatregelen overgangsgebieden:

- het afstromende regenwater dient afgevangen geïnfiltreerd of gebufferd te worden, waardoor voorkomen wordt dat putgebieden extra belast worden met water uit de brongebieden;
- waterstromen dienen afgeleid te worden naar parken en groenvoorzieningen en zo ingericht te worden dat ze kunnen fungeren als tijdelijk buffergebied.

Maatregelen putgebieden:

- de openbare ruimte dient afgekoppeld te worden: uitgangspunt is een bui van 40 mm die verwerkt moet kunnen worden op de locatie;
- naast infiltratievoorzieningen worden ook bergingslocaties ingericht waarin water opgeslagen kan worden en waarmee het groen in de buurt van water kan worden voorzien;
- extra aandacht wordt gegeven aan het straatprofiel zodat afstromend water naar (tijdelijke) opslaglocaties geleid kan worden.

Na overleg met de gemeente worden hieronder de specifieke randvoorwaarden voor dit plangebied weergegeven:

- Afkoppelen regenwater bij nieuwbouw. Bij bestaande bouw zoveel mogelijk afkoppelen (in dit plan is de bestaande bebouwing al afgekoppeld);
- Het watersysteem dient een bui van 40mm in 45 minuten (bui 10+10%) te kunnen bergen. Bij een bui meer dan 40mm in 45 minuten mag het water over de rijbaan stromen;
- Regenwater bovenstrooms afvoeren. In verband met foutaansluitingen en zichtbaarheid preferereert gemeente bovengrondse afvoer boven ondergrondse afvoer;
- De aanwezige leemlagen mogen niet beschadigd worden (vastgelegd in bestemmingsplan).

Aandachtspunten plangebied:

- De Slijpbeek is een SED-water. Naast de chemische kwaliteit van het afvoerende water op de beek dient ook rekening gehouden te worden met de thermische kwaliteit van het water.

- De wens van de gemeente is om de twee bestaande putten (tussen fietspad en Utrechtseweg) uitgevoerd met lamellenfilters mee te nemen in het ontwerp. Betreffende putten liggen net in openbaar gebied, maar regenwater vanuit het noordelijk gebied wordt via deze twee putten afgevoerd op de Slijpbeek. Mogelijk is een wadi met afvoer op de Slijpbeek in te passen die in plaats van de lamellenfilters als bodempassage kan dienen.

3.5.2 Hitte in de gemeente Arnhem

De Strategie klimaatadaptatie Arnhem 2020-2030 beschrijft de Arnhemse aanpak op het gebied van hitte als een van de vier belangrijkste gevolgen van de klimaatverandering. Het gaat, naast verbeteringen in bestaande situaties, nadrukkelijk ook om ruimtelijke ontwikkelingen waarmee de stad weerbaarder maken tegen de gevolgen van klimaatverandering. Hitterisico's treden met name op in stedelijke gebieden, waarbij extra aandacht nodig is bij kwetsbare doelgroepen. Met name de hoge nachttemperaturen zijn risicovol en kunnen leiden tot verhoogde sterfteskansen. Middels de hitte-attentiekartat zijn stadsdelen ingedeeld naar hittestatus en -doelstelling. De projectlocatie De Hes ligt in een relatief gunstig gebied met als doelstelling het behouden van de bestaande situatie.

3.6 Beleid gemeente Renkum

3.6.1 Water en riolering

Het beleid van de gemeente Renkum is vastgelegd in het 'Beheerplan Water en Riolering, gemeentelijk Rioleringsplan 2022-2026'. In dit plan is opgenomen welke activiteiten nodig zijn voor het water- en rioleringsbeheer in Renkum in deze planperiode en welke ambities de gemeente onder andere heeft voor hemelwatervoorzieningen en klimaatadaptatie. In 2050 moet Renkum klimaatbestendig en waterrobuust zijn ingericht. Voor hemelwater betekent dat er zoveel mogelijk afgekoppeld wordt en niet aankoppelen een verplichting is in nieuwbouwsituaties. Het aantal hemelwatervoorzieningen zal dan ook in de periode tot 2050 flink toenemen.

In de 'Rapportage en bepalingen omvang van hemelwater -c.q. infiltratievoorzieningen, versie 5 mei 2021' zijn de uitgangspunten en randvoorwaarden opgenomen voor hemelwater- en infiltratievoorzieningen. Zie hiervoor bijlage 1.

De volgende uitgangspunten met betrekking tot hemelwaterafvoer worden daarbij gehanteerd:

1. Hemelwater mag niet op de riolering geloosd worden; hemelwater hoort in principe niet in een buis;
2. In de gemeente Renkum is niet aankoppelen bij nieuwbouw verplicht. Het hemelwater dat op een perceel valt, wordt op hetzelfde perceel/op eigen terrein verwerkt. De bergingseis is minimaal 40mm/m²/uur verhard terreindelen, bebouwingen en hellingen steiler dan 5%;
3. Het verwerken van hemelwater vindt bij voorkeur in het zicht plaats;
4. Hemelwater wordt verwerkt in voorzieningen die bestaan uit een combinatie van berging en infiltratie. Om te zorgen dat de berging weer beschikbaar is bij een volgende neerslaggebeurtenis moet de berging na maximaal 24 uur weer beschikbaar zijn.

Nadere toelichting op de bergingseis (punt 2):

- De bergingseis is afgeleid van bui T=10 uit de leidraad riolering +10%, gedurende 45 minuten; de gemeente heeft dit afgerond naar de 40mm/m²/uur;
- De inloop en het eventuele leidingwerk naar de voorziening toe moet een piek van 82,5mm/h/m² c.q. 231 l/s/ha gedurende 10 min kunnen verwerken zonder dat er problemen ontstaan met de afvoer naar de voorziening. Gebaseerd op de piek van de standaardbui +10%. 75mm/h/m² *1,1 = 82,5mm piek of 210 l/s/ha *1,1 = 231 l/s/ha;
- Bij de bepaling van de wateropgave dient gerekend te worden met het totaal verhard oppervlak (open en gesloten verharding) en afstromend groen (het deel met meer dan 5% afschot);
- Geen rechtstreekse aansluiting op het gemeentelijk rioleringsstelsel toegestaan. Slechts de calamiteit die optreedt (dit is een bui die groter is dan de eis) mag afstromen naar gemeentelijk terrein. Dit mag alleen via oppervlakkige afstroming. Er mag geen directe koppeling met het gemeentelijk riool gemaakt worden.
- Reductie van de gestelde bergingseis (40mm/m²/uur) is mogelijk bij goed doorlatende grond. In dat geval dient een rapportage aangeleverd te worden waarin de reductie wordt onderbouwd op basis van k-waarden van de grond bepaald middels korrelgrootte-analyses. (Gemeente heeft aangegeven dat voor dit plan geen k-waarden bepalingen uit het veld nodig zijn.)

De berekening van de dynamische berging in relatie tot de leeglooptijd dient per locatie aangeleverd te worden.

Uitgangspunt is dat de korrelgroottesamenstelling op locatie voor meer dan 80% uit zand of grind bestaat. Gemiddelde doorlatendheid (k-waarde) in de gemeente Renkum: 5m/dag, dit is globaal over de gemeente. Indien er geen projectspecifieke k-waarde aangetoond wordt, dan mag er niet tot vermindering worden overgegaan. Het is dan ook niet toegestaan om met de gemiddelde k-waarde te rekenen. Er dient dan met 40mm/m² gerekend te worden.

Voor de vermindering van de wateropgave op basis van de k-waarde wordt verwezen naar de notitie in bijlage 1 ('Rapportage en bepalingen omvang van hemelwater -c.q. infiltratievoorzieningen, versie 5 mei 2021').

3.6.2 Hitte in de gemeente Renkum

Zover als bekend is er binnen de gemeente Renkum geen specifieke informatie hierover beschikbaar, wel staat het voorkomen en verminderen van hittestress benoemd als doel in de Omgevingsvisie 2040.

3.7 Overzicht waterbeleid

In tabel 3 is een overzicht gegeven van het waterbeleid van de twee waterschappen en twee gemeenten waarbinnen het plangebied valt.

Op 20 april 2022 heeft een overleg plaatsgevonden met de twee waterschappen, Amvest en RHDHV waarbij de diverse beleidsuitgangspunten zijn besproken. Aangezien beide gemeenten daarbij niet aanwezig kon zijn, heeft op 18 mei 2022 een tweede overleg op de projectlocatie plaatsgevonden waarbij beide de gemeenten aanwezig waren

Tijdens deze overleggen is besloten om voor dit plangebied het beleid van de gemeente Renkum te hanteren. Dit betekent dat er 40mm per m² verhard oppervlak (inclusief afstromend groen waarbij de helling groter is dan 5%) aan benodigde waterberging aangebracht dient te worden. Eventueel kan deze wateropgave gereduceerd worden bij een goede waterdoorlatendheid van de ondergrond (dynamische waterberging).

Tabel 3: Overzicht beleid waterschappen en gemeenten

	Waterschap Rijn en IJssel	Waterschap Vallei en Veluwe	Gemeente Arnhem	Gemeente Renkum
Berging T100 (stedelijk gebied)				
Benodigde berging	Bui T=100+10% (48 uur) moet geborgen kunnen worden. → 80mm per m2 verhard oppervlak Bij >500m2 verhard oppervlak	bij > 1.500m2 verhard oppervlak: 60mm per m2 verhard oppervlak	Bui 40mm in 45 minuten op eigen terrein. Infiltreren, bufferen, hergebruik. Leegloop binnen 24 uur.	40mm per m2 verhard oppervlak <i>inclusief afstromend groen (deel > 5% afschot)</i> . Leegloop binnen 24 uur. Reductie als gevolg van infiltratie toegestaan mits k-waarde bepaald op terrein (dynamische berging)
Landelijke afvoernorm	T100: 1,6 l/s/ha (28mm bij buiduur van 48 uur)	T100: 3 l/s/ha (26mm/dag)		
Berging tot	Tot aan straatpeil	10cm onder laagste maaiveld		
Bij afkoppelen bestaand verhard oppervlak	Min. 20mm hemelwater verwerken in berging/infiltratievoorziening			
Extreme buien				
Gevolgen inzichtelijk maken	bij bui-intensiteit van 60-150mm/uur		Waterstromen afleiden naar parken en groenvoorzieningen	Beschouwing maken o.b.v. hoogtegegevens
Grondwater				
Ontwateringsdiepte - Woningen - Groen en tuinen - Primaire wegen - Secundaire wegen		0,7m-mv 0,5m-mv 0,9 – 1,0m-mv 0,7m-mv		

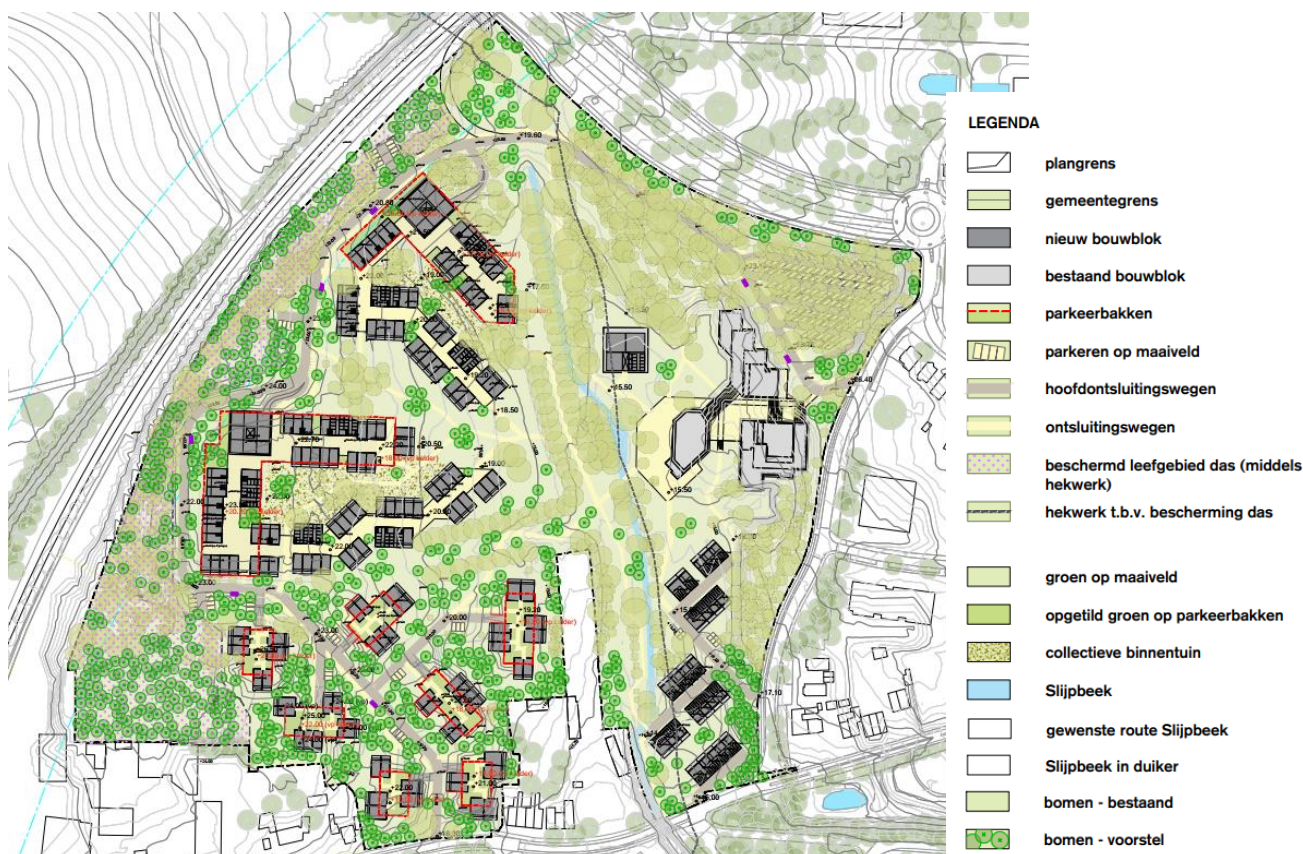
4 Toekomstige situatie

4.1 Beschrijving plan

Amvest heeft het voornemen om op het voormalige KEMA-terrein in Arnhem te ontwikkelen tot een nieuw woon- en werklandschap (De Hes). Bij deze nieuwe ontwikkeling wordt een nieuwe invulling gegeven aan het park en worden ca. 400 stuks woningen/appartementen gebouwd en gecombineerd met een commerciële werkplint onder een appartementsgebouw of door ontwikkeling van woon-werkwoningen.

Het unieke landschap van de Hes met de grote hoogteverschillen en de Slijpbeek vormt hierbij de basis. Bebouwing, infrastructuur en parkeren is zodanig ontworpen, dat het landschap altijd zichtbaar is voor een optimale landschappelijke beleving, maar ook voldoende ruimte geeft voor wonen, verblijven en recreëren.

In figuur 13 is een overzicht gegeven van het stedenbouwkundige plan van ZUS (mei 2023).



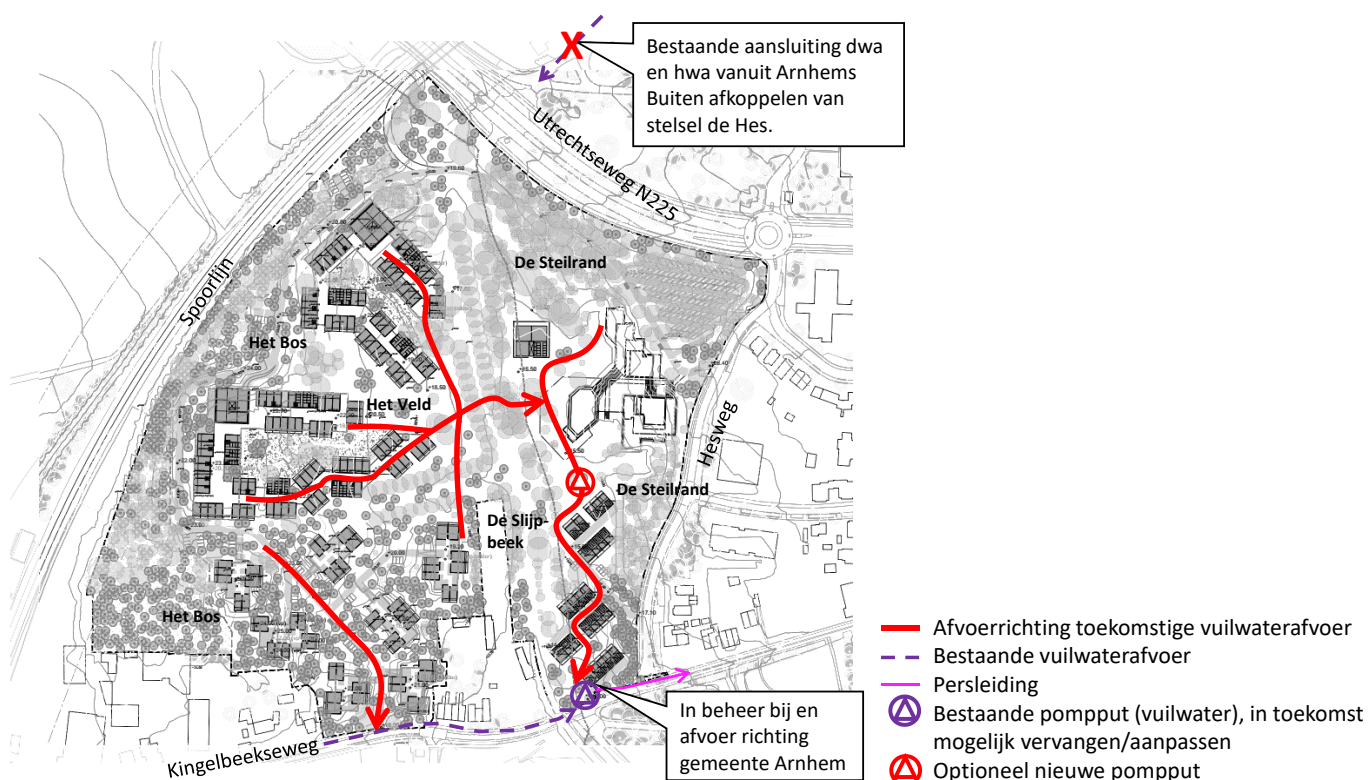
Figuur 13: Stedenbouwkundig plan, ZUS, d.d. 4 mei 2023

4.2 Vuilwaterafvoer

In de toekomstige situatie wordt het vuilwater gescheiden ingezameld van het hemelwater afkomstig van daken en verhardingen. Het vuilwater wordt zoveel mogelijk onder vrijval afgevoerd naar het bestaande gemengde rioolstelsel deels in de Klingelbeekseweg en deels naar het bestaande pompemaal eveneens gelegen aan de Klingelbeekseweg. Beiden voeren het vuilwater af naar het gemeentelijke stelsel van de gemeente Arnhem.

Het vuilwaterstelsel wordt daarbij indien mogelijk onder de nieuwe verhardingen aangelegd. De toekomstige ligging van het stelsel zal daarbij afgestemd dienen te worden op de locatie van de woonblokken, de ondergrondse parkeergarages en de planhoogten. Gezien de hoogteverschillen in oost en west-richting maar ook in noord en zuid-richting zal bij de verdere uitwerking nader bekeken dienen te worden of aanleg volledig onder vrijerval mogelijk is.

In figuur 14 is het principe voorstel weergegeven van de vuilwaterafvoer in het plangebied De Hes. Hierbij wordt het zuidelijke deel van Het Bos direct aangesloten op het bestaande stelsel in de Klingelbeekseweg. Het vuilwater van het noordelijke deel van Het Bos en Het Veld worden naar de oostzijde (ten oosten van Slijpbeek) van afgevoerd. Samen met het vuilwater van De Steilrand zal in een latere fase bekeken dienen te worden of afvoer onder vrijerval naar de bestaande pompput in de Klingelbeekseweg mogelijk is of dat een extra pompmaal nodig is.



Figuur 14: Principevoorstel vuilwaterafvoer plangebied De Hes

4.3 Hemelwaterafvoer

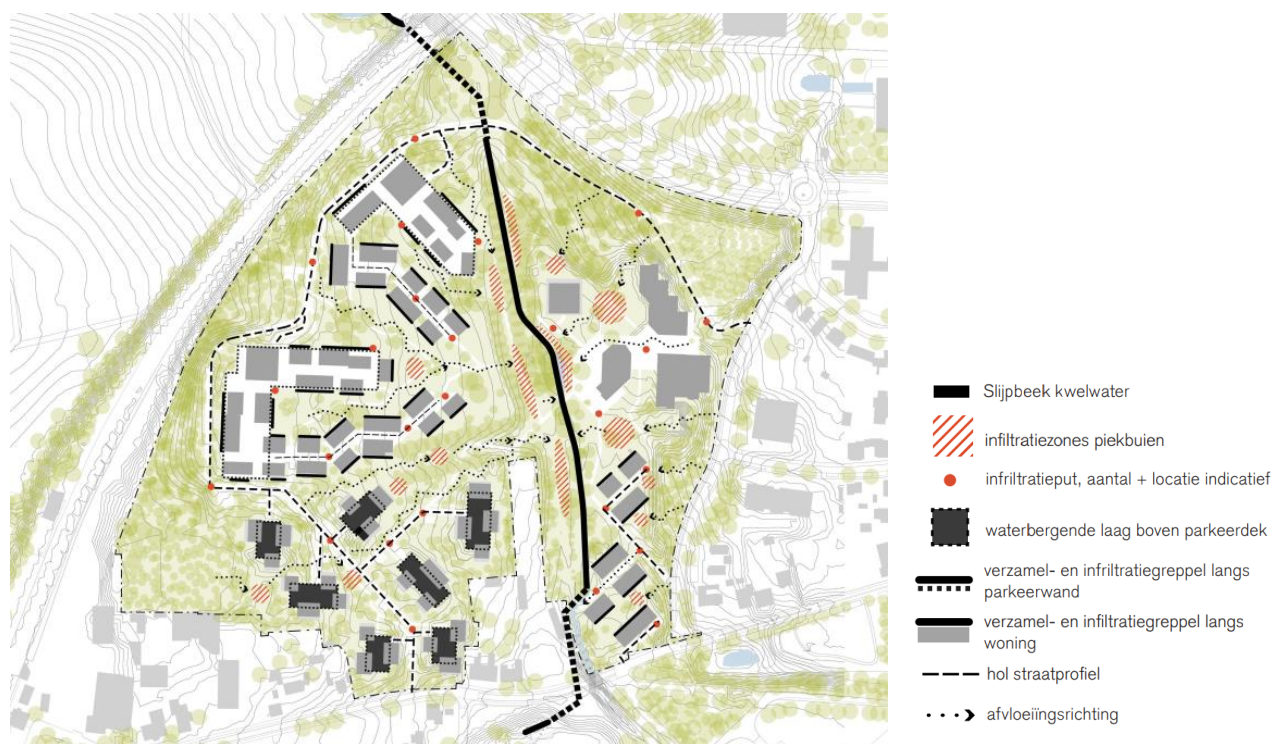
Zoals hierboven aangegeven wordt het hemelwater afkomstig van daken en verhardingen gescheiden ingezameld van het vuilwater.

Uitgangspunt is om het hemelwater van de daken en de verhardingen binnen het plangebied zoveel mogelijk direct naast de bouwvlakken op te vangen, te bergen en te infiltreren. Hiervoor worden verzamelen en infiltratiegreppels naast de bouwvlakken aangelegd en infiltratieputten verdeeld over het plangebied aangebracht. Hemelwater afkomstig van daken en verhardingen in de bouwblokken worden bovengronds afgevoerd naar deze lokale voorzieningen.

De ontsluitingsweg wordt met een hol profiel aangelegd met afvoer naar diverse infiltratieputten. Indien de lokale capaciteit van de voorzieningen onvoldoende is om de regenbui op te vangen, wordt het water bovengronds afgevoerd naar bovengrondse infiltratiezones gelegen naast de Slijpbeek maar ook aan de lage zijde van de bouwblokken. De infiltratiezones vangen, indien nodig, ook het hemelwater op van de afstromende groene oppervlakken. Deze zones worden voldoende groot gedimensioneerd zodat hevige buien opgevangen kunnen worden. Alleen bij zeer extreme buien zal vanuit de infiltratiezones regenwater overstorten op de Slijpbeek. Doordat de infiltratiezones ingericht worden met graskruiden zal het regenwater daarnaast ook natuurlijk gezuiverd worden. Leegloop van de wadi's vindt plaats via infiltratie in de bodem.

Het heeft verder niet de voorkeur van de gemeente om water te bergen op daken van woningen en gebouwen (groen-blauwe daken). Wel is het de wens om groene daken aan te leggen indien mogelijk.

In figuur 15 is een overzicht gegeven van het principe voorstel van de hemelwaterafvoer binnen het plan.



Figuur 15: Principevoorstel hemelwaterafvoer plangebied De Hes (bron: stedenbouwkundig plan De Hes, mei 2023, Zus)

In figuur 16 is een overzicht gegeven van de principewerking van het watersysteem in het plangebied De Hes.



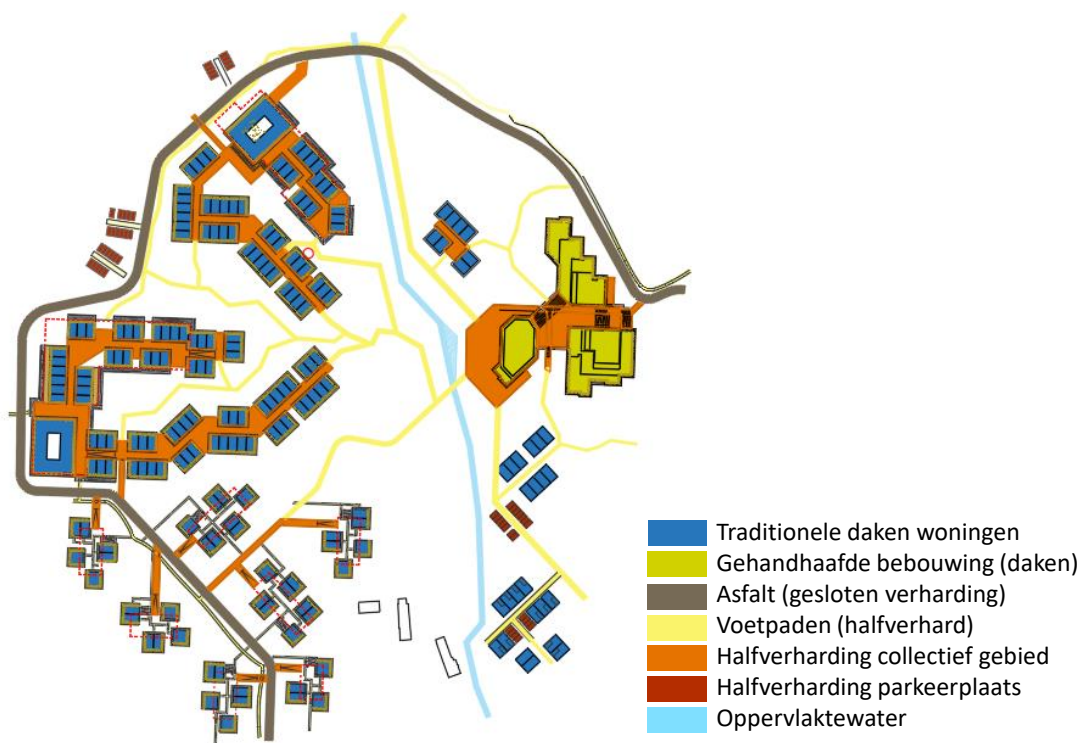
Figuur 16: Principe werking watersysteem plangebied De Hes

4.4 Benodigde compensatie waterberging

Zoals aangegeven is in overleg met de waterschappen en de gemeenten afgesproken om voor dit plan het beleid van de gemeente Renkum te hanteren.

De gemeente Renkum stelt dat bij nieuwe ontwikkelingen 40mm per m² verhard oppervlak, inclusief afstromend groen waarbij de helling groter is dan 5%, aan benodigde waterberging aangebracht dient te worden. Een eventuele reductie van de wateropgave is mogelijk indien een goede waterdoorlatendheid van de ondergrond kan worden aangetoond middels het bepalen van de k-waarden van de ondergrond op basis van korrelgrootte-analyses. De berekening van de dynamische berging in relatie tot de leeglooptijd dient per locatie aangeleverd te worden.

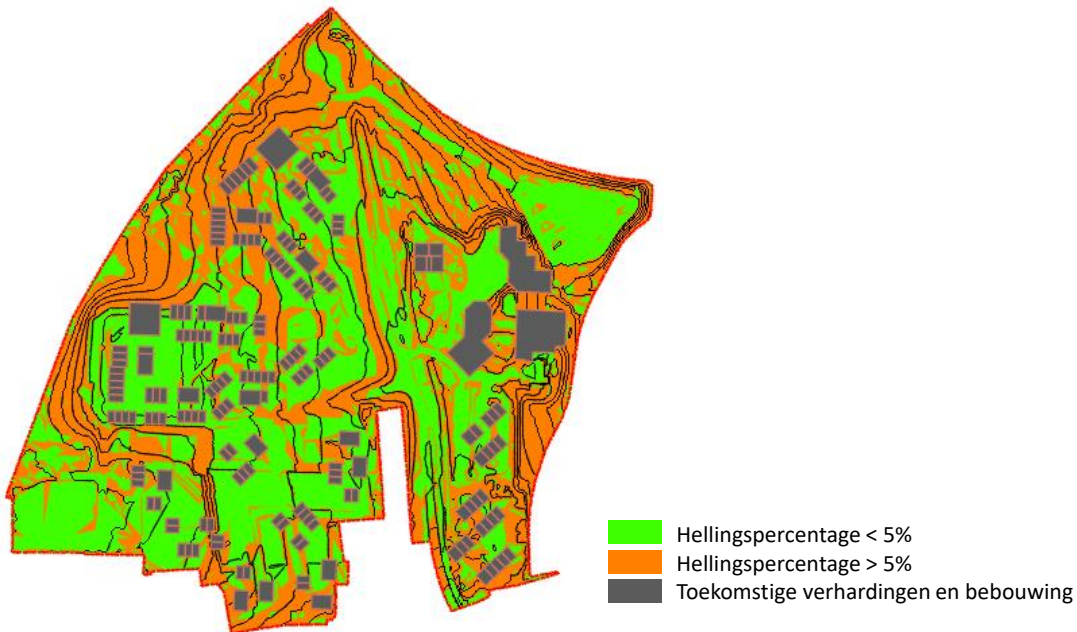
Voor de bepaling van de benodigde waterberging dient als eerste inzicht verkregen te worden in de toekomstige oppervlakken waarbij een onderverdeling wordt gemaakt in verharde oppervlakken en onverharde oppervlakken. Het stedenbouwkundig plan van ZUS d.d. mei 2023 is daarbij het uitgangspunt. In figuur 17 is de verdeling weergegeven van de toekomstige oppervlakken.



Figuur 17: Overzicht verhardingen o.b.v. stedenbouwkundig plan, ZUS, d.d. mei 2023

Vervolgens is een analyse van het percentage onverharde oppervlakken op een helling >5% uitgevoerd. Deze is in eerste instantie bepaald op basis van de bestaande maaiveldhoogte (AHN3 met rastergrootte 0,5*0,5m). Bij de verdere uitwerking van het plan in een latere fase zal een nadere analyse worden uitgevoerd op de toekomstige maaiveldhoogte; bij de bouw van de woningen/gebouwen zal het maaiveld namelijk nog gewijzigd kunnen worden.

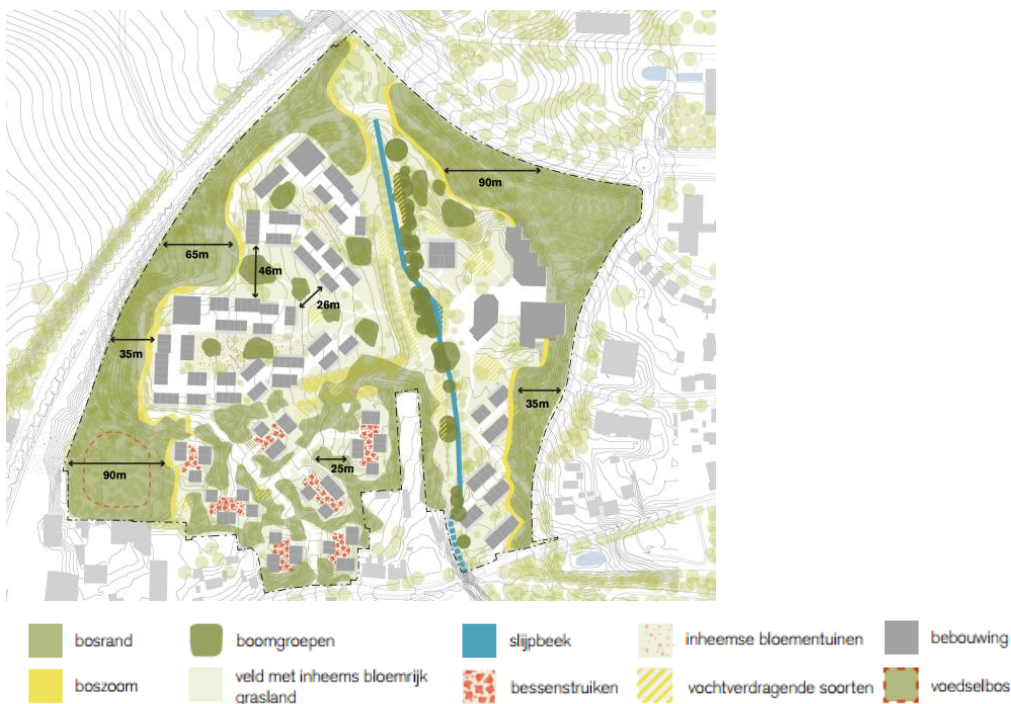
Na vermindering van het toekomstige verhard oppervlak (verhardingen en daken) in het plan, ligt ca. 55% van het groen op een helling >5%. In figuur 18 is een overzicht gegeven van de oppervlakken onder- en boven een hellingspercentage van 5% voor zowel het verharde- als het onverharde oppervlak.



Figuur 18: Overzicht oppervlakken onder- en boven een hellingspercentage van 5% o.b.v. bestaand maaiveld AHN3 (0.5*0.5m)

De reden dat de gemeente Renkum het onverharde oppervlak met een helling groter dan 5% in de wateropgave meegenomen wil zien worden, is om wateroverlast op hellende gebieden te voorkomen. In dit geval is het openbare groen in het plan voorzien als bos met bomen en struiken of als bloemrijk grasland (ruig hoog gras) met struiken waarbij ecologisch, en in dit geval, extensief beheer zal worden toegepast (zie figuur 19).

Door de ruige structuur is de verwachting dat er weinig tot geen afstroming van hemelwater in het openbaar groen zal plaatsvinden tijdens hevige regenbuien. Deze verwachting wordt ondersteunt door de minimale afstroming in de huidige situatie.



Figuur 19: Overzicht groeninrichting plangebied de Hes (bron: stedenbouwkundig plan De Hes, Zus d.d. 4 mei 2023)

Het collectieve groen tussen en rondom de bouwblokken sluit met de groeninrichting aan op het openbare groen. Echter op deze locaties zal intensiever beheer worden uitgevoerd waardoor eventueel hellende groene oppervlakken >5% zullen gaan afwateren tijdens hevige regenbuien.

Op basis van bovenstaande wordt voorgesteld om het openbare groen met een hellingpercentage van >5% *niet* mee te nemen als 'verhard' oppervlak in de wateropgave en het collectieve groen tussen en rondom de bouwblokken *wel* mee te nemen. Voor deze laatste wordt in dat geval in deze fase uitgegaan dat ca. 55% van het groen op een hellingspercentage van 5% ligt. Zoals aangegeven wordt bij de verdere uitwerking van het plan een nadere analyse uitgevoerd op het hellingspercentage op de toekomstige maaiveldhoogte.

In tabel 4 is een overzicht gegeven van de toekomstige oppervlakken waarbij een onderverdeling is gemaakt tussen de gemeente Renkum en gemeente Arnhem.

Tabel 4: Overzicht toekomstige (verhard) oppervlakken o.b.v. stedenbouwkundig plan ZUS mei 2023

	Verhard oppervlak toekomstige situatie [m ²]	
	Renkum	Arnhem
Daken traditioneel	11.202	1.740
Bestaande daken (traditioneel)		3.020
Halfverharding	10.237	5.337
Verharding	2.957	1.253
Oppervlak afstromend collectief groen met helling >5% *	14.554	2.247
Totaal	38.950	13.597

*Collectief groen oppervlak met een hellingspercentage groter dan 5% wordt in de wateropgave als verhard oppervlak meegerekend.

Op basis van de eisen van de gemeente Renkum is vervolgens de benodigde waterberging bepaald. In de berekening van de wateropgave is het oppervlak aan halfverharding hierbij als verhard oppervlak meegenomen.

Daarnaast is zoals hierboven aangegeven het openbare groen met een hellingpercentage van >5% niet meegenomen in de wateropgave. Het collectieve groen tussen en rondom de bouwblokken is wel meegenomen waarbij is uitgegaan dat ca. 55% van dit groen op een hellingspercentage van 5% ligt.

Verder is bij de bepaling van de wateropgave in deze fase uitgegaan van een reductie op de benodigde waterberging als gevolg van infiltratie in de bodem. Deze reductie is in deze fase van het project gebaseerd op gegevens uit Dinoloket waarbij de bovengrond in het zuidelijke deel voornamelijk bestaat uit fijn tot matig zand (zie paragraaf 2.3). In het noordelijke deel bestaat de bovengrond uit gestuwde afzettingen die in het algemeen gekarakteriseerd worden door grote variaties in doorlatendheid. Zeker in dit deel maar ook in het zuidelijk deel van het plan zal de doorlatendheid van de ondergrond bij de verdere uitwerking van het plan nader bepaald dienen te worden.

Voor deze fase wordt in eerste instantie aangenomen dat de ondergrond van het plan bestaat uit fijn tot matig fijn zand. Op basis van de notitie 'Bepalingen omvang van hemelwater- c.q. infiltratievoorzieningen', versie 5 d.d. 5 mei 2021 van de gemeente Renkum mag in dat geval 15mm op de benodigde waterberging van 40mm in vermindering worden gebracht. De benodigde waterberging wordt in dit geval 25mm over het verhard oppervlak.

Bij de bepaling van de wateropgave is vooralsnog geen rekening gehouden met groene daken hoewel dit de ambitie is om deze toe te passen. Er komen vooralsnog alleen waterretentiesystemen voor daktuinsituaties op gebouwde parkeervoorzieningen. De daktuinen op de gebouwde parkeervoorzieningen zijn in de wateropgave als onverhard oppervlak meegenomen.

In tabel 5 is een overzicht gegeven van de benodigde waterberging in het plangebied. In het overzicht is een onderverdeling gemaakt in de benodigde waterberging op het Renkumse deel en het Arnhemse deel. In het Renkumse deel is de benodigde waterberging bepaald op 974m³; in het Arnhemse deel is de benodigde waterberging bepaald op 340m³. In totaal zal er 1.314m³ aan waterberging aangebracht dienen te worden.

Tabel 5: Benodigde waterberging plangebied De Hes te Arnhem

	Oppervlak [m ²]	Afvoerpercentage [%]	Benodigde waterberging *** [mm]	Benodigde waterberging [m ³]
Renkum				
Daken traditioneel	11.202	100	25	213
Halfverharding *	10.237	100	25	256
Verharding	2.957	100	25	74
Oppervlak afstromend collectief groen met helling >5% **	14.554	100	25	364
Totaal Renkum	38.950			974
Arnhem				
Bestaande daken (traditioneel)	3.020	100	25	76
Daken traditioneel	1.740	100	25	44
Halfverharding	5.337	100	25	133
Verharding	1.253	100	25	31
Oppervlak afstromend collectief groen met helling >5% **	2.247	100	25	56
Totaal Arnhem	13.597			340
TOTAAL				1.314

*Halfverharding (paden en verharding in collectief deel van plan) zijn in wateropgave als 100% verhard meegenomen in wateropgave. Deels ligt dit oppervlak op een hellingpercentage van >5% en zal gaan afstromen bij hevige regenbuien.

**Collectief groen oppervlak met een hellingspercentage groter dan 5% wordt in de wateropgave als verhard oppervlak meegerekend.

***Benodigde waterberging na aftrek reductie op basis van de doorlatendheid van de bodem (k-waarde).

Zoals aangegeven dient bij de verdere uitwerking van het plan de doorlatendheid van de ondergrond ter plaatste van de infiltratievoorzieningen nader bepaald te worden middels korrelgrootte-analyses. Op basis van deze bepaling kan dan onderbouwd worden of de aangenomen reductie van de benodigde waterberging als gevolg van infiltratie in de bodem terecht is.

4.5 Invulling benodigde waterberging

Het voorstel is om de benodigde waterberging in het plan te vinden in infiltratiegreppels, infiltratieputten en infiltratiezones. Gelet op de bodemopbouw waarbij de bovenste laag bestaat fijn tot matig zand (zuidelijk deel) en uit gestuwde afzettingen met grote variaties in de doorlatendheid (noordelijk deel), is het de verwachting dat met de juiste ligging van de greppels, putten en infiltratiezones regenwater zal infiltreren in de bodem. De gemiddelde grondwaterstand wordt op ca. 3m-mv ingeschat (zie paragraaf 2.4).

Op basis van het stedenbouwkundig plan mei 2023 (zie figuur 15) is een eerste verkenning uitgevoerd op de beschikbare waterberging in het plangebied. Een overzicht van de beschikbare waterberging is opgenomen in tabel 6. Hierbij is een onderverdeling gemaakt in het Renkumse deel en het Arnhemse deel. In bijlage 3 is de gedetailleerde berekening per deelgebied opgenomen.

Bij de bepaling van de beschikbare waterberging is voor de afmeting van de infiltratiegreppels uitgegaan van een bodembreedte van 0,5m, een talud van 1:1 en een waterbergingshoogte van 0,3m. Voor de infiltratiezones is uitgegaan van een waterbergingshoogte van 0,5m. Voor de berging in de infiltratieputten is gerekend met een putdiameter van 2m, een hoogte van 3m hoog en een omliggend lavapakket van 15m³ met een 40% holle ruimte.

De beschikbare waterberging in het Renkumse deel is daarbij bepaald op 1.584m³. Uitgaande van een benodigde waterberging van 974m³ (gebaseerd op 25mm waterberging: 40mm – 15mm reductie i.v.m. infiltratie), wordt er een overschot van 611 m³ aan waterberging berekend. Voor het Arnhemse deel is de beschikbare waterberging bepaald op 920m³. Uitgaande van een benodigde waterberging van 340m³, wordt er in dit deel een overschot van 580 m³ aan waterberging berekend.

Tabel 6: Beschikbare waterberging op basis van stedenbouwkundig plan De Hes te Arnhem (Zus mei 2023)

	Lengte [m]	Stuks [st]	Oppervlak [m ²]	Beschikbare waterberging [m ³]	Benodigde waterberging **** [m ³]	Overschot [m ³]
Renkum						
Infiltratiegreppel *	688	-	-	165		
Infiltratieput **	-	16	-	247		
Infiltratiezone ***	-	-	2.345	1.173		
<i>Totaal Renkum</i>				1.584	974	611
Arnhem						
Infiltratiegreppel *	138	-	-	33		
Infiltratieput **	-	10	-	154		
Infiltratiezone ***	-	-	1.465	733		
<i>Totaal Arnhem</i>				920	340	580
TOTAAL				2.504	1.314	1.190

*Uitgaande van een bodembreedte 0,5m, talud 1:1 en een maximale waterhoogte van 0,3m.

**Uitgaande van een maximale waterhoogte van 0,5m x oppervlak.

***Uitgaande van bergingscapaciteit per put van 15m³ (diameter put 2m, 3m hoog, rondom 15m³ lava met 40% holle ruimte)

****Benodigde waterberging gebaseerd op 25mm (40mm – 15mm reductie i.v.m. infiltratie)

Indien op basis van nadere analyses van de doorlatendheid van de ondergrond bij de verdere uitwerking blijkt dat er geen reductie van de waterbergingsopgave mogelijk is dan zal er 40mm per verhard oppervlak geborgen dienen te worden. In principe is er in dat geval voldoende waterberging aanwezig maar zal nader naar de verdeling van hemelwater over de voorzieningen gekeken dienen te worden. De aanvullende berekeningen van deze variant zijn opgenomen in bijlage 3.

Verder kunnen zonder extra bergingsvoorzieningen zeer intensieve buien (60mm in 1 uur en 100mm in 1 uur) niet geborgen worden in het plan zonder dat deze gaan overstorten op de Slijpbeek.

Conform de eisen van de gemeente Renkum zullen de infiltratievoorzieningen (greppels, putten en zones) binnen 24 uur weer beschikbaar moeten zijn voor de volgende regenbui.

4.6 Hydrologische gevolgen grondwater

Gelet op de bodemopbouw waarbij de bovenste laag bestaat uit gestuwde afzettingen met grote variaties in de doorlatendheid, wordt verwacht dat met de juiste ligging van de vijvers en wadi's regenwater zal infiltreren in de bodem. In de huidige situatie is er in droge periodes weinig kwelwater aanwezig om de Slijpbeek te voorzien van water in het plangebied.

Door ter plaatse van de vijvers in de Watertuin bij hevige regenbuien water te infiltreren in de bodem, heeft dit een positief effect op het grondwater (stijging) en dus ook de Slijpbeek.

Verwacht wordt dat het afvoerende regenwater relatief schoon is; enkel daken, voetpaden en extensief gebruikte rijbanen worden op het hemelwatersysteem aangesloten. Door het grote hoogteverschil zal bij intensieve buien ook een deel van de onverharde oppervlakken (groen) gaan afwateren richting de vijver.

4.7 Hitterisico

4.7.1 Inleiding hitterisico

Hitte is een klimaatrisico met impact op de gezondheid van inwoners en op de leefbaarheid van de openbare buitenruimte. Tijdens hittegolven is er in bebouwde gebieden sprake van een extra hitterisico ten gevolge van het zogenoemde hitte-eilandeffect (urban heat island, UHI): de bebouwing en verharde oppervlakken warmen overdag meer op en geven die warmte 's avonds en 's nachts weer af.

De herontwikkeling van De Hes houdt in dat bestaande bebouwing gedeeltelijk wordt gesloopt en nieuwe ervoor in de plaats komt. Daarnaast verandert de ruimtelijke inrichting van het terrein, zoals groen, water en verhardingen. De herontwikkeling heeft daardoor een invloed op de hoeveelheid warmte die wordt vastgehouden.

Door RHDHV is met behulp van hitteberekeningen onderzocht:

- Welke hitterisico's zijn aan de orde in het projectgebied?
- Welke invloed heeft de ontwikkeling van De Hes op de hitterisico's?
- Welke oplossingsrichtingen zijn er voor optimalisatie van het ontwerp?

In 2021 t/m 2023 is samen met Stedenbouwkundigbureau ZUS samengewerkt aan het Stedenbouwkundig plan. Verkenningen op het gebied van hitte zijn daarbij uitgevoerd en op hoofdlijnen verwerkt in het stedenbouwkundige plan. In onderstaande paragrafen is de eerste verkenning opgenomen.

Voor het beleid van de gemeente Arnhem en Renkum wordt verwezen naar paragraaf 3.5.2 respectievelijk paragraaf 3.6.2,

4.7.2 Beleid gemeenten

Hitte in de gemeente Arnhem

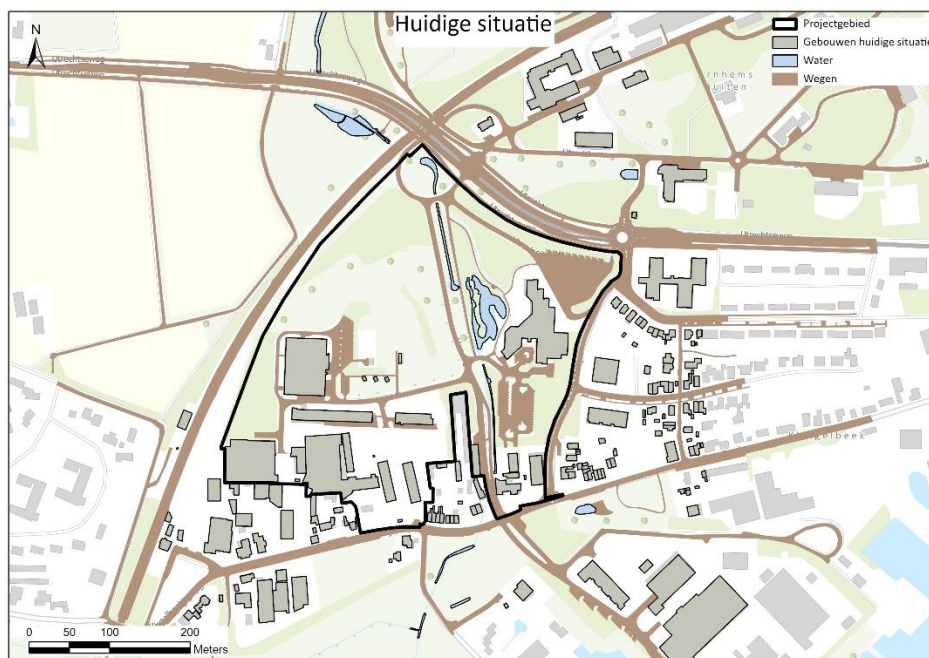
De Strategie klimaatadaptatie Arnhem 2020-2030 beschrijft de Arnhemse aanpak op het gebied van hitte als een van de vier belangrijkste gevolgen van de klimaatverandering. Het gaat, naast verbeteringen in bestaande situaties, nadrukkelijk ook om ruimtelijke ontwikkelingen waarmee de stad weerbaarder maken tegen de gevolgen van klimaatverandering. Hitterisico's treden met name op in stedelijke gebieden, waarbij extra aandacht nodig is bij kwetsbare doelgroepen. Met name de hoge nachttemperaturen zijn risicovol en kunnen leiden tot verhoogde sterftetekansen. Middels de [hitte-attentiekarta](#) zijn stadsdelen ingedeeld naar hittestatus en -doelstelling. De projectlocatie De Hes ligt in een relatief gunstig gebied met als doelstelling het behouden van de bestaande situatie.

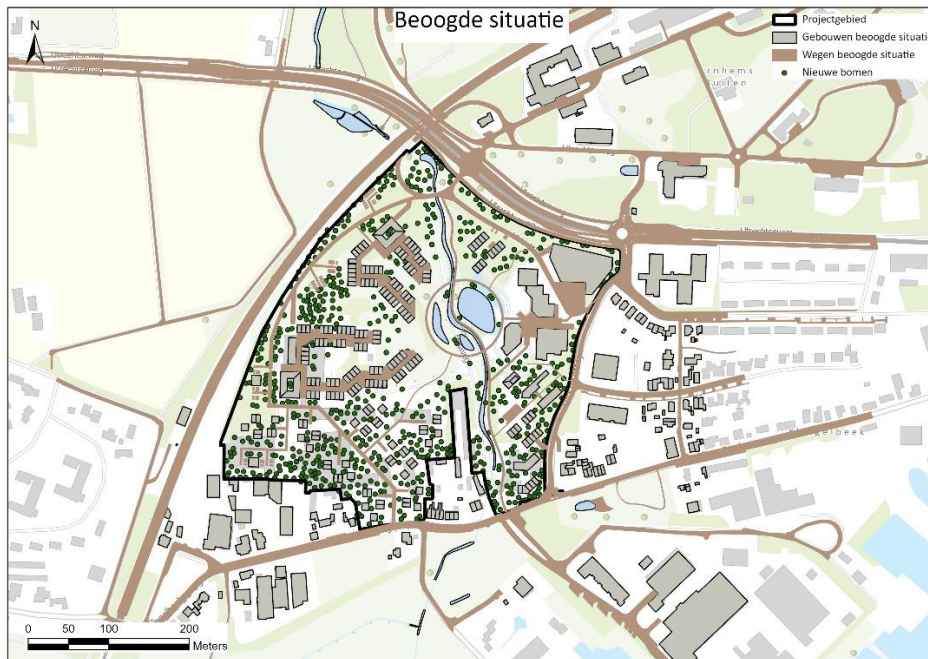
Hitte in de gemeente Renkum

Zover als bekend is er binnen de gemeente Renkum geen specifieke info beschikbaar, wel staat het voorkomen en verminderen van hittestress benoemd als doel in de Omgevingsvisie 2040.

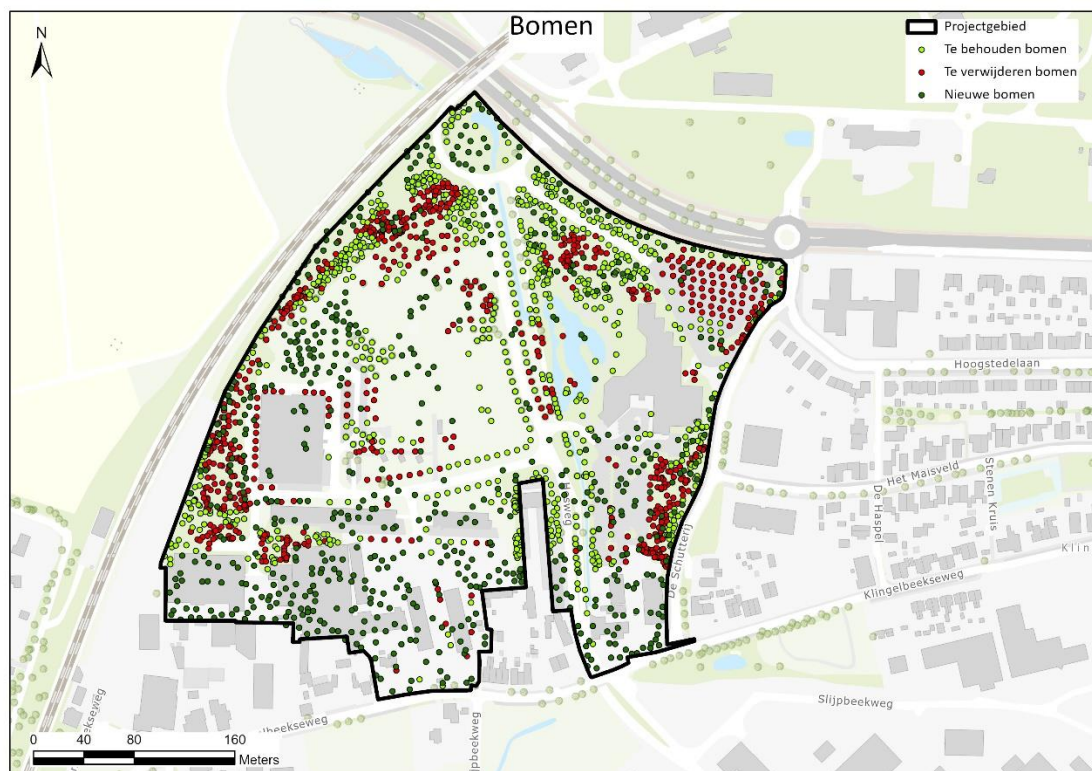
4.7.3 Situatieschets

In figuren 18 en 19 is weergegeven hoe de ruimtelijke indeling van gebouwen en buitenruimte wijzigt. De bestaande bebouwing wordt deels gesloopt en vervangen door nieuwbouw. De buitenruimte wordt eveneens gewijzigd, waaronder de indeling van groen, bomen, water en verhardingen.





Figuur 18: Huidige en beoogde situatie (SP versie 2022) projectlocatie De Hes



Figuur 19: Overzicht bestaande, nieuwe en te verwijderen bomen

4.7.4 Werkwijze en uitgangspunten

Hitteberekeningen zijn uitgevoerd om de impact van de ruimtelijke veranderingen op de hiterisico's in beeld te brengen. Deze zijn uitgevoerd met de Hitte Monitor van RHDHV. Meer informatie over deze methodiek is opgenomen in bijlage 3.

De rekenmethodiek maakt gebruik van klimaatdata van KNMI, in dit project afkomstig van meetstation Deelen. Dit is het meest nabijgelegen KNMI-metstation waarvoor klimaatdata beschikbaar is voor het huidige klimaat (referentie 1980-2010) en prognoses voor verschillende klimaatscenario's. Voor de hitteberekeningen en analyses voor het toekomstige klimaat is uitgegaan van scenario WH50. Dit is het warmste scenario in de verschillende scenario's die het KNMI heeft uitgewerkt, geldig voor het klimaat rond 2050.

Daarnaast maakt de rekenmethodiek gebruik van openbare geo-informatie. De nieuwe projectsituatie is op basis van ontwerptekeningen¹ verwerkt als gewijzigde modelinvoer (tabel 7).

Tabel 7: Geo-informatie gebruikt in hittemodellering

Onderdeel	Bestaande situatie	Projectsituatie
Gebouwen	BAG3D	Ontwerptekening Stedenbouwkundig plan ² (in combinatie met bestaand)
Wegen, verhardingen	BGT data (PDOK)	Ontwerptekening (in combinatie met bestaand)
Water	BGT data (PDOK)	Ontwerptekening (in combinatie met bestaand)
Vegetatie	Hoog-resolutie luchtfoto in RGB en NIR (Nationaal Georegister)	Ontwerptekening ³ (in combinatie met bestaand)
Weerkaatsingsvermogen (albedo)	Sentinel data (Google Earth Engine)	Handmatig aangepast voor de nieuwe gebouwen o.b.v. literatuur (in combinatie met bestaand)

4.7.5 Resultaten

Klimaatdata Arnhem (meetstation Deelen)

Onderstaand zijn enkele klimaatstatistieken weergegeven voor meetstation Deelen. De klimaatdata zijn representatief voor de landelijke (groene) omgeving van Arnhem, dus zonder invloed van de stedelijke bebouwing.

Uit de data blijkt dat het aantal tropische dagen en -nachten in het toekomstige klimaat rond 2050 behoorlijk zullen toenemen ten opzichte van het huidige klimaat. Het aantal hittegolven neemt toe van eens per 2 tot 3 jaar naar gemiddeld 2 per jaar.

¹ Ontvangen d.d. 4-10-2022, afdeling Mobility & Infrastructure - Regional Development & Infrastructure Eindhoven: betreft ontwerpplocaties gebouwen, wegen, bomen (nieuw en bestaand) en waterdelen.

² 368_De Hes_Stedenbouwkundig Plan_LQ.pdf, d.d. juni 2022; gebruikt voor het inschatten van de gebouwhoogtes. Per zone uitgegaan van één vaste hoogte (3 meter per verdieping): zone A: 9 meter, zone B: 18 meter, zone C: 15 meter, zone D: 9 meter

³ Uitgangspunt nieuwe bomen: een kruindiameter van 6 meter is verondersteld (medium volgroei).

Tabel 8: Tropische dagen in huidig en toekomstig klimaat (KNMI-station Deelen)

Tropische dagen (Tmax 30 °C of hoger)	Huidig klimaat (Referentie '80-'10)	Toekomstig klimaat (WH50)
Gemiddeld aantal per jaar	5	14
Maximaal aaneengesloten	8	15
Aantal hittegolven	1x per 2-3 jaar	2x per jaar

Tabel 9: Tropische nachten in huidig en toekomstig klimaat (KNMI-station Deelen)

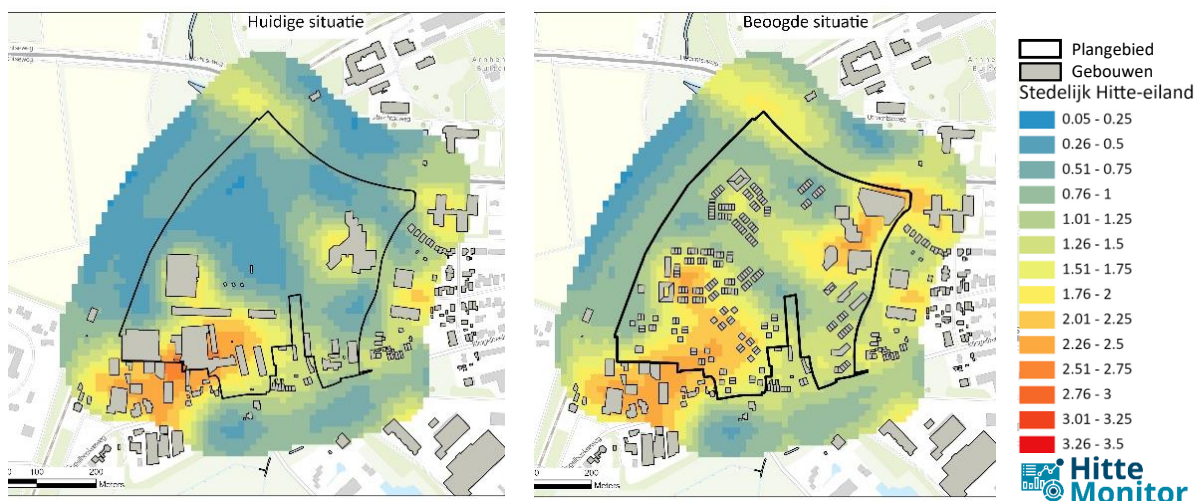
Aantal tropische nachten (Tmin 20 °C of hoger)	Huidig klimaat (Referentie '80-'10)	Toekomstig klimaat (WH50)
Gemiddeld aantal per jaar	1x per 6 jaar	3

4.7.6 Invloed stedelijk gebied en invloed ontwikkeling De Hes

Hitte-eilandeffect

Het hitte-eilandeffect is een belangrijk effect in de bepaling van hiterisico's. Het is een versterkend effect op de landelijk aanwezige hiterisico's tijdens een hittegolf en het wordt direct beïnvloed door de inrichting en ontwerp van bebouwde gebieden. Het effect is in het huidige en toekomstige klimaat gelijk (zie bijlage 1 voor meer achtergrondinformatie).

Het hitte-eilandeffect op onderstaande kaarten geeft het 24-uursgemiddelde van de luchttemperatuur weer, als verschil ten opzichte van een (fictieve) 100% groene referentie. Deze parameter laat het extra verwarmende effect zien van de stad in vergelijking het omliggende rurale gebied.



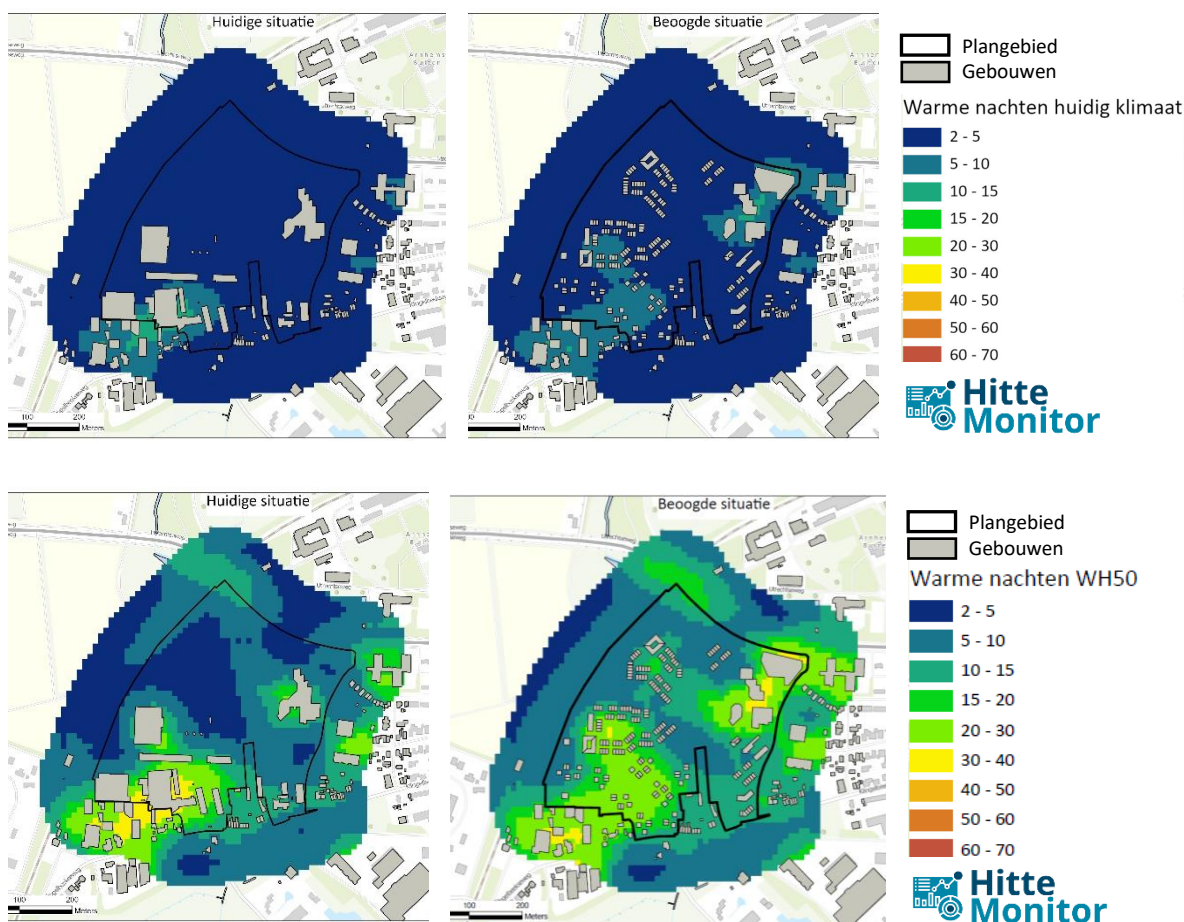
Figuur 20: Hitte-eilandeffect (°C) voor de bestaande situatie (links) en projectsituatie (rechts)

Uit figuur 20 blijkt dat het hitte-eilandeffect verandert in de projectsituatie: het maximum aan de zuidwestkant in het gebied wordt lager en de lage waarden in de rest van het gebied worden hoger. Het gebied zal gemiddeld warmer worden in de projectsituatie. Dit is het gevolg van het toevoegen van bebouwing in het gebied.

Tropische nachten in huidig en toekomstig klimaat

Een direct en belangrijk gevolg van het hitte-eilandeffect is dat het aantal tropische nachten, waarbij de temperatuur niet onder de 20°C uitkomt, toeneemt. Het hitte-eilandeffect is namelijk vooral sterk aanwezig in de avond en nacht, waarbij de bebouwde omgeving de opgeslagen warmte van overdag weer afgeeft aan de omgeving. Dit geeft nachtelijke hittestress (“plaknachten”) waarbij bewoners minder goed slapen. Het beperkt ook de mogelijkheid om de hitte in gebouwen te koelen door middel van ventilatie.

Het aantal tropische nachten op onderstaande kaarten geeft het totale aantal weer, dus wat al in de klimaatdata zit (zie paragraaf 4.7.5) en de toename vanwege het hitte-eilandeffect. Het geval is namelijk dat tropische nachten in het buitengebied een zeldzaamheid zijn (gemiddeld eens per 6 jaar). In het toekomstige klimaat neemt dit toe naar enkele nachten per jaar. In bebouwde gebieden werkt het hitte-eilandeffect echter sterk door, waardoor het totaal fors kan toenemen tot maximaal 10-15 nachten (huidig klimaat, beide situaties) en 30-40 nachten (toekomstig klimaat, beide situaties) zoals in figuur 21 is weergegeven.



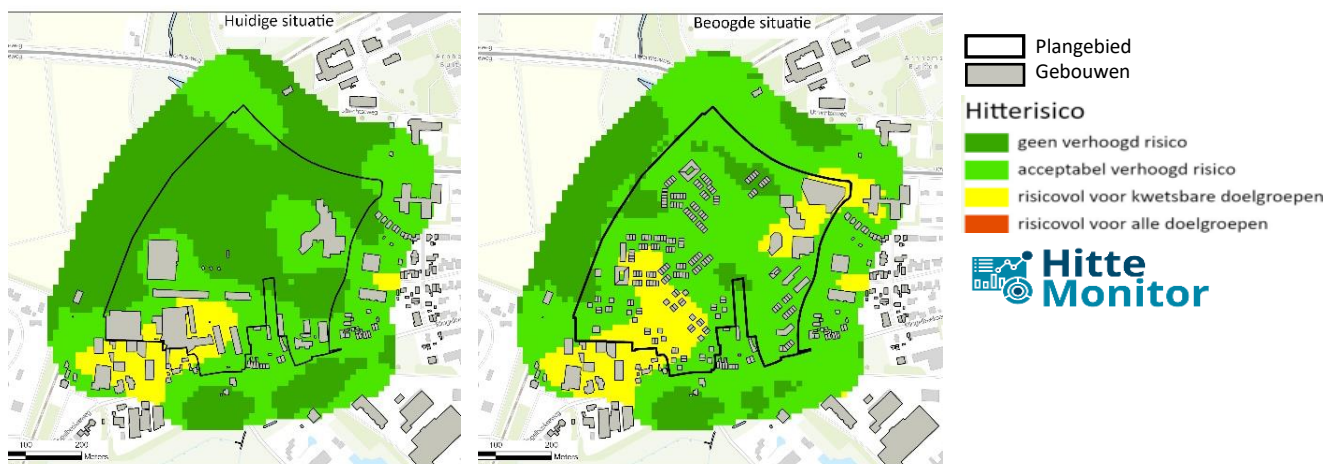
Figuur 21: Tropische nachten bestaande situatie (links) en projectsituatie (rechts), in het huidige klimaat (boven) en toekomstig klimaat rond 2050 (WH50, onder).

Uit figuur 21 blijkt dat het aantal tropische nachten verandert in de projectsituatie: het maximum aan de zuidwestkant in het gebied wordt lager en de lage waarden in de rest van het gebied worden hoger. Het gebied zal gemiddeld dus vaker nachtelijke hittestress optreden in de projectsituatie. Dit is het gevolg van het toevoegen van bebouwing in het gebied.

Hittegezondheidsrisico's

De combinatie van hitte overdag en te weinig koelte in de avond en nacht maakt dat hittestress optreedt met potentiële gezondheidsrisico's. In bijlage 1 wordt nadere toelichting op gegeven op welke wijze we de hittegezondheidsrisico's bepalen en beoordelen.

Onderstaande kaarten geven de potentiële gezondheidsrisico's weer door middel van risicoklassen. De uiteindelijke risico's hangen af van de functies en doelgroepen in het gebied.



Figuur 22: Hittegezondheidsrisico's door bebouwde omgeving, bestaande situatie (links) en projectsituatie (rechts)

Uit figuur 22 blijkt dat het grootste deel van het gebied nagenoeg geen verhoogde risico's aan de orde zijn (groene kleuren). In enkele delen van het gebied is sprake van een verhoogd risico, hetgeen vooral voor kwetsbare doelgroepen relevant is (gele kleuren). In die gebieden is extra aandacht nodig wanneer ouderen, zorgbehoevenden of jonge kinderen daar verblijven.

4.7.7 Conclusie en aanbevelingen

Uit het hitte-onderzoek volgt:

- Hittetolgen zullen in het toekomstig klimaat vaker voorkomen en langer duren, blijkt uit de klimaatdata van KNMI.
- Het projectgebied ligt relatief gunstig met veel groen in de omgeving en in het projectgebied. Hittegezondheidsrisico's door de bebouwde omgeving zijn in grote delen van projectgebied niet aan de orde.
- Een deel van het gebied heeft vanwege de bebouwing te maken met het hitte-eilandeffect dat doorwerkt in het aantal tropische nachten en in de potentiële gezondheidsrisico's voor kwetsbare doelgroepen. In de projectsituatie neemt dit risicogebied in omvang toe.

Aanbevelingen

Hitterisico's kunnen op meerdere manieren worden verminderd:

- Optimalisatie van ontwerp. Het gebied bevat al behoorlijk veel groen. Eventuele verdere mogelijkheden voor optimalisatie liggen in de keuze voor materialen en kleuren in het ontwerp. Daarnaast kan de impact van hitte op en in gebouwen worden verkleind met gevelaanpassingen en schaduwwerking.

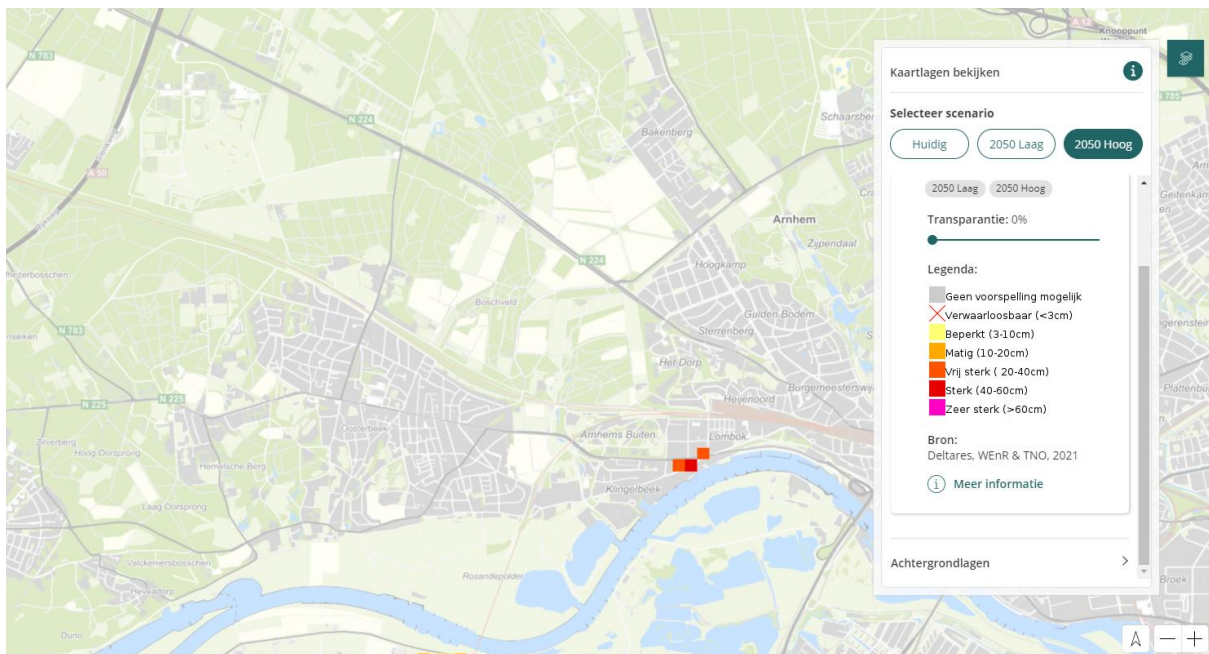
- Inrichting van buitenruimte: met het inrichten van toegankelijke schaduwrijke plekken in de groene buitenruimte wordt voorzien in aangename verblijfsplekken voor inwoners om te ontsnappen aan de warmte.
- Extra aandacht voor doelgroepen: afhankelijk van welke doelgroepen zich zullen vestigen zijn er veel manieren om te voorkomen dat bewoners hittestress zullen ondervinden.
- Middels een schaduwanalyse kan het inzicht ontstaan op welke locaties binnen het projectgebied het overdag aangenaam is om te verblijven om aan de hitte te ontsnappen (aspect leefbaarheid overdag tijdens hittegolven).

4.8 Droogte risico

De impact van droogte op het gepresenteerde plan voor de Hes is beschouwd aan de hand van het stedenbouwkundig plan en de Klimateffectatlas. Om de mogelijke gevolgen van klimaatverandering te beoordelen is gekeken naar KNMI scenario 2050 (hoog). Deelonderwerpen die besproken worden zijn het effect op bodemdaling, risico's op het grondwatersysteem en het oppervlaktewatersysteem.

4.8.1 Bodemdaling

Het risico op bodemdaling in het plangebied wordt als miniem beschouwd. Volgens de analyses van Deltares, WenR, TNO (2021) is bodemdaling op de locatie van plangebied de Hes verwaarloosbaar klein. Verder wijst het stedenbouwkundig plan erop dat de morfologie en het natuurlijke reliëf van het plangebied behouden wordt, wat duidt op geen significante verhogingen of verlagingen van het landschap. Ook gezien de bodemopbouw, bestaande uit een gestuwd complex van zand en leemlagen, wordt het risico op bodemdaling als miniem beschouwd.



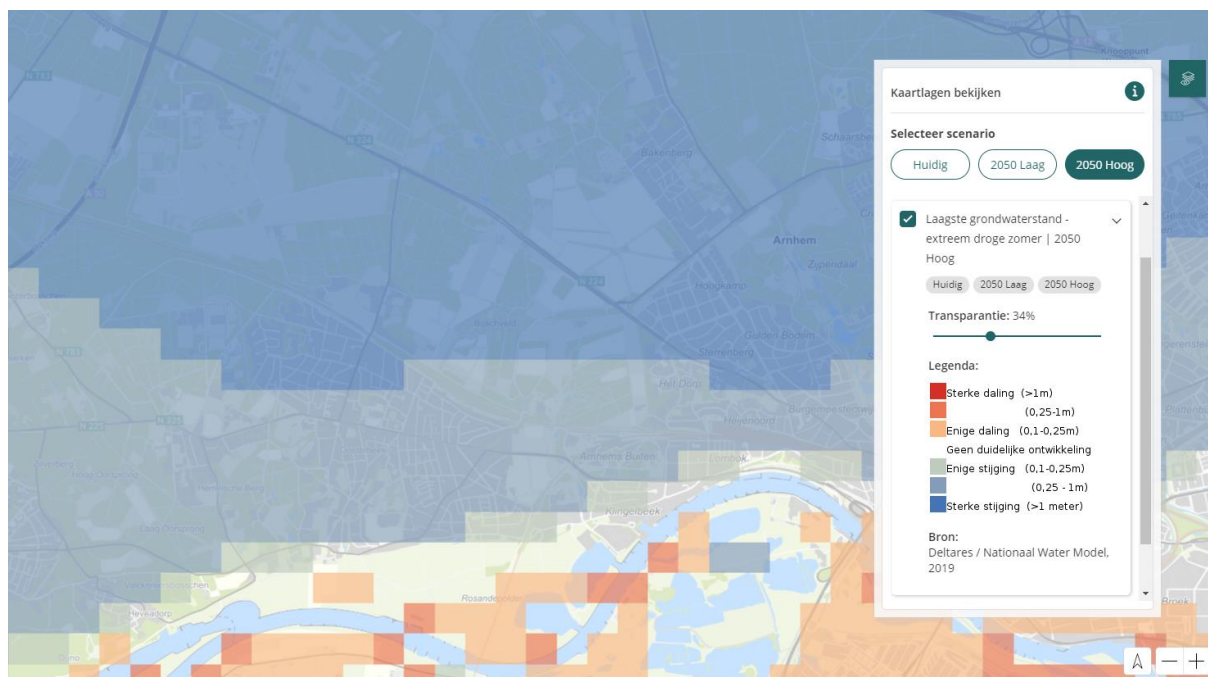
Figuur 23: Bodemdaling 2020-2050 bij KNMI Klimaatscenario hoog (bron: Klimateffectatlas)

4.8.2 Grondwater

Doorgaans gaat een lange periode van droogte gepaard met een toename van verdamping. Als gevolg daalt de grondwaterstand veelal tot de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). De toename in verdamping is onder anderen afhankelijk van de diepte onder maaiveld waar de grondwaterstand zich bevindt. Bij een relatief diepe grondwaterstand (>2 m-mv) zal de toename van verdamping beperkt zijn ten opzichte van een relatief ondiepe grondwaterstand (<1 m-mv).

Plangebied de Hes bestaat uit een erosiedal waar de Slijpbeek doorheen stroomt. De Slijpbeek is een sprenghoeve waar onder druk staand grondwater naar boven komt in de vorm van kwel. Verder ligt de locatie op de rand van de Veluwe dat gekenmerkt wordt door hoge zandgronden waar de grondwaterstand relatief ver onder het maaiveld ligt (>2 m-mv). De grondwaterstand rondom de Slijpbeek staat dicht bij het maaiveld dan in de hoger gelegen Steilrand en het Bos. Uitgaande van een droge periode zal een toename van verdamping het meest effect hebben rondom de Slijpbeek. In de Steilrand en het Bos heeft een toename van verdamping relatief weinig effect op de grondwaterstand aangezien deze vrij diep ligt. Daarom worden de gevolgen van droogte op de Steilrand en het Bos als verwaarloosbaar beschouwd.

De Slijpbeek zelf ligt in een zogenoemde overgangszone waar de grondwaterstand beïnvloed wordt door een toename van verdamping. In extreem droge periodes kan hier de grondwaterstand verder uitzakken waardoor droogteschade kan optreden. In droge periodes is dit al eens waargenomen bij de Slijpbeek wanneer er te weinig kwelwater opkomt om de Slijpbeek te voorzien van water. De voorgestelde plannen in het stedenbouwkundig plan (aanleg van wadi's, groen en meer oppervlaktewater) zullen een positief effect hebben op infiltratie in het plangebied en watertoevoer richting de Slijpbeek. Het grondwatersysteem zal door de nieuwe plannen beter bestendig zijn tegen droogte.



Figuur 14: Laagste grondwaterstand bij extreem droge zomers bij KNMI klimaatscenario hoog

4.8.3 Oppervlaktewater

Het plangebied bevat twee oppervlaktewatersystemen 1) het hemelwaterafvoersysteem en 2) de Slijpbeek (spreng), beide staan beschreven in paragraaf 4.3. De interactie tussen beide systemen is via een mogelijke overstort vanuit de infiltratiezones in de laagtes nabij de Slijpbeek.

Daarnaast is er water dat via de infiltratieputten en wadi's infiltreert en als kwel opkomt in de Slijpbeek. In het geval van een lange droge periode profiteert de Slijpbeek en de natuur eromheen van een lange stabiele aanvoer van kwelwater.

5 Contactpersonen

Tabel 10: Contactpersonen plangebied De Hes te Arnhem

Instantie	Contactpersoon	
Waterschap Vallei en Veluwe	Evert Jansen (beleidsmedewerker planvorming)	055 – 527 29 11 EJansen@Vallei-Veluwe.nl
Waterschap Rijn en IJssel	Henk Meulenveld Specialist Watersystemen Jan Bosch (aanspreekpunt Slijpbeek)	h.meulenveld@wrij.nl J.Bosch@wrij.nl
Gemeente Arnhem	Ronald Bos Jurryt Koenekamp (riolering)	026 - 377 42 17 06 – 50 19 40 35 ronald.bos@arnhem.nl Jurryt.Koenekamp@arnhem.nl
Gemeente Renkum	Manon Wille (senior projectmanager water) Frank Velmans (Riolering)	m.wille@renkum.nl 06 - 310 42 118 f.velmans@renkum.nl 026 33 48 111

Bijlage 1

**Eisen en randvoorwaarden gemeente
Renkum 'Rapportage en bepalingen
omvang van hemelwater -c.q.
infiltratievoorzieningen, versie 5 mei
2021'**

Rapportage en bepalingen omvang van hemelwater- c.q. infiltratievoorzieningen

Gemeente Renkum

Versie 5

Datum: mei 2021

De gemeente Renkum heeft ten aanzien van de omgang met hemelwater een aantal uitgangspunten geformuleerd. Deze uitgangspunten zijn terug te vinden in de vastgestelde beleidsstukken over onderwerpen water, riolering en klimaatadaptatie. Hieronder volgt een kort overzicht. In deze memo wordt dit nader uitgewerkt en beschreven.

Uitgangspunten, beknopt:

- Hemelwater mag niet op de riolering geloosd worden; hemelwater hoort in principe niet in een buis.
- In de gemeente Renkum is niet aankoppelen bij nieuwbouw verplicht. Het hemelwater dat op een perceel valt, wordt op hetzelfde perceel/op eigen terrein verwerkt. Minimaal 40mm/m²/uur verhard terreindelen, bebouwingen en hellingen steiler dan 5%.
- Het verwerken van hemelwater vindt bij voorkeur in het zicht plaats
- Hemelwater wordt verwerkt in voorzieningen die bestaan uit een combinatie van berging en infiltratie. Om te zorgen dat de berging weer beschikbaar is bij een volgende neerslaggebeurtenis moet de berging na maximaal 24 uur weer beschikbaar zijn.

Om voor zowel interne als externe projecten binnen de gemeente Renkum (voor zowel particulieren als bedrijven, bouwers, ontwikkelaars, aannemers e.d.) aan te geven waar hemelwater- c.q. infiltratievoorzieningen aan moeten voldoen is deze rapportage opgesteld. Deze rapportage heeft als doel om voorafgaand aan en tijdens een project duidelijkheid te scheppen in de eisen en de omvang van de voorzieningen.

Rapportage:

Eisen aan ontwerp infiltratievoorzieningen en rapportage met verplichte inhoudsopgave van minimaal te beschrijven onderdelen t.b.v. ontwerp en goedkeuring infiltratievoorzieningen.

Inhoudsopgave aan te leveren rapportage:

<i>1. Beschrijving project en oplossingsrichting ontwerp</i>	<i>1</i>
<i> a) Korte beschrijving van het project en de locatie</i>	<i>1</i>
<i> b) Essentie en werking van het ontwerp</i>	<i>2</i>
<i> c) Afstroming en invloed omgeving</i>	<i>2</i>
<i>2. Onderbouwing en berekeningen</i>	<i>2</i>
<i> a) Uitgangspunten berekeningen</i>	<i>2</i>
<i> b) Reductie</i>	<i>3</i>
<i> c) Uitwerking per locatie van de reductie en de gekozen oplossing.</i>	<i>3</i>
<i> d) Beschrijving van beheer en onderhoud van de systemen per systeem.</i>	<i>3</i>

Toelichting en beschrijving:

1. Beschrijving project en oplossingsrichting ontwerp

a) Korte beschrijving van het project en de locatie

De locatie van het project, de omvang van het project en de beschrijving van alle oppervlakken. In tabelvorm het totaal van alle m2 onderverdeeld in de categorieën:

Verhard daken, hellend in m2

Verhard daken, vlak in m2

Verhard wegen, gesloten verharding, vlak (afschot 1% of minder) in m2 (inclusief in/opritten)

Verhard wegen, gesloten verharding, hellend (afschot meer dan 1%) in m2 (inclusief in/opritten)

Verhard wegen, open verharding, vlak (afschot 1% of minder) in m2 (inclusief in/opritten)

Verhard wegen, open verharding, hellend (afschot meer dan 1%) in m2 (inclusief in/opritten)

Groen vlak, (afschot 5% of minder) in m2

Groen, hellend (afschot meer dan 5%) in m2

Bovenstaande categorieën op een tekening middels gekleurde vlakken aangeven, inclusief afschot percentages en stroomrichting van de categorieën wegen en groen.

Op dezelfde tekening voldoende hoogtegegevens van de bestaande situatie en de hoogtegegevens van de nieuwe situatie aangeven in m NAP.

In de legenda de vlakken per categorie aangeven inclusief de m2.

Tekening als bijlage bij het rapport voegen.

b) Essentie en werking van het ontwerp

Middels een tekstuele beschrijving aangeven wat de essentie van de hemelwaterriolering is en hoe het ontwerp in hoofdlijnen is opgebouwd en hoe met calamiteiten (de bui die groter is dan de vereiste bui van 40mm/m2.uur) wordt omgegaan en hoe overlast op percelen van derden voorkomen wordt.

c) Afstroming en invloed omgeving

Een beschouwing maken op basis van hoogtegegevens en informatie van de gemeente of hemelwater vanuit de aanliggende omgeving invloed heeft op het ontwerp en zo ja hier in het ontwerp rekening mee gehouden wordt.

2. Onderbouwing en berekeningen

a) Uitgangspunten berekeningen en ontwerp

Vaststellen en beschrijven van de bergingsomvang conform de eisen van de gemeente:

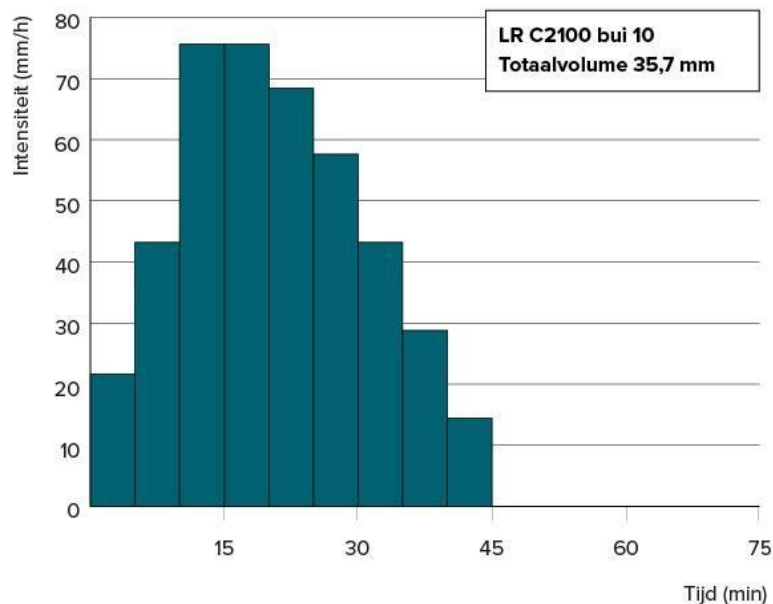
- *Bergingseis gemeente is 40mm/m2 (bui t=10 uit de leidraad riolering +10%, gedurende 45 minuten. De gemeente Renkum heeft dit afgerond naar 40mm/m2/uur).*

- *De inloop en het eventuele leidingwerk naar de voorziening toe moet een piek van 82,5mm/h/m2 c.q. 231 l/s/ha gedurende 10 min kunnen verwerken zonder dat er problemen ontstaan met de afvoer naar de voorziening. Gebaseerd op de piek van de standaardbui +10%. 75mm/h/m2 *1,1 = 82,5mm piek of 210 l/s/ha *1,1 = 231 l/s/ha*

- *Te rekenen met het totaal verhard oppervlak (open en gesloten verharding) en afstromend groen (het deel met meer dan 5% afschot).*

- *Geen rechtstreekse aansluiting op het gemeentelijk rioleringsstelsel toegestaan. Slechts de calamiteit die optreedt (dit is een bui die groter is dan de eis) mag afstromen naar gemeentelijk terrein. Dit mag alleen via oppervlakkige afstroming. Er mag geen directe koppeling met het gemeentelijk riool gemaakt worden.*

- *Aandacht en oplossingen voor afstromend water uit de omgeving . - Aangevuld met de vigerende eisen van het waterschap en eventuele andere randvoorwaarden/eisen van andere bevoegde gezagen.*
- *Systeem/voorziening dient bereikbaar en onderhoudbaar te zijn.*
- *Bij het ontwerp rekening houden met voorkomen van vervuiling in de voorziening. Te denken aan voorkomen van blad, zand e.d. in de voorziening.*
- *Leegloop bergingsvoorziening binnen 24 uur aantonen middels een berekening.*



b) Reductie

Onderbouwing van een reductie van de gestelde mm-eis.

Ten behoeve van het gebruik van goede doorlatende bodem is het gewenst om het ontwerp te minimaliseren en de kosten zo laag mogelijk en de voorziening zo klein mogelijk te houden. Reductie onderbouwen door het aanleveren van k-waarden bepalingen uit het veld op de toekomstige locaties van de infiltratievoorzieningen. Dus geen algemeen k-waarden onderzoek uit de omgeving. Op basis van de beschrijving in de bijlage de reductie onderbouwen en ter goedkeuring aan de gemeente voorleggen, middels een rapportage met verplichte inhoudsopgave.

c) Uitwerking per locatie van de reductie en de gekozen oplossing.

Bij de onderbouwing inzicht geven in de berekening van de dynamische berging in relatie tot de gemeten c.q. bepaalde reductie en de leeglooptijd. Berekeningen als bijlagen toevoegen. In de rapportage in tabelvorm de diverse voorzieningen in een overzicht bij elkaar zetten. In de tabel in ieder geval vermelden van categorie, m2 oppervlak, m3 vereiste berging, reductie in m3, capaciteit voorziening in m3.

Beschrijving per infiltratielocatie van de gevolgen c.q. risico's van het ontwerp bij een bui groter dan de gestelde eis.

d) Beschrijving van beheer en onderhoud van de systemen per systeem.

Dit dienen project specifieke en concrete beschrijvingen van het toekomstig onderhoud te zijn per systeem en hoe onder andere de bereikbaarheid geregeld is, dus geen productfolders. Uitgangspunt dient een goed beheersbaar en onderhoudbaar systeem dat binnen de gestelde eis niet tot overlast of hinder leidt op openbaar terrein of terreinen derden. Waarbij vervuiling van het systeem voorkomen moet worden.

BIJLAGE beschrijving bepaling reductie bergingsvoorziening

Bepalingen omvang infiltratievoorzieningen t.o.v. 40mm berging o.b.v. bepaling korrelfractie en/of k-waarden onderzoek

Uitgangspunt is dat de korrelgroottesamenstelling op locatie voor meer dan 80% uit zand of grind bestaat. Gemiddelde k-waarde in de gemeente Renkum: 5m/dag, dit is globaal over de gemeente. Indien er geen project specifieke k-waarde aangetoond wordt, dan mag er niet tot vermindering worden overgegaan. Het is dan ook niet toegestaan om met de gemiddelde k-waarde te rekenen. Er dient dan met 40mm/m2 gerekend te worden.

Een methode om de k-waarde ter plaatse van de toekomstige locatie van de voorziening te schatten is op basis van het bepalen van de korrelgrootte:

Bepaal op twee plaatsen de kleinste fractie van gemiddelde korrelgrootte (de fracties die samen voor meer dan 50% aanwezig zijn) van het materiaal ter hoogte van een halve meter boven de bodem van de toekomstige infiltratievoorziening en een halve meter onder de bodem van de toekomstige infiltratievoorziening met behulp van de zandlineaal, waarbij het materiaal voor meer dan 80% groter moet zijn dan 63 µm. Deze resultaten van de zandlineaal en locaties van proefneming aanleveren aan de gemeente. Voor elke voorziening deze proefneming gedaan te worden. De gemeente behoudt zich het recht voor om controle metingen van de korrelfractie uit te voeren.

Andere wijze van k-waarde bepaling zijn ook toegestaan, mits de k-waarde bepaling maar op de betreffende locatie is gedaan t.b.v. het project.

In de tabel staat aangegeven met hoeveel millimeter de voorziening verkleind mag worden ten opzichte van de vereiste bui van 40 mm. De laatste kolom is de bijbehorende k-waarde waarmee bij de onderbouwing van de infiltratievoorziening gerekend mag worden. Let op: er mag niet dubbel gerekend worden. Of er wordt gerekend met minder mm of er wordt gerekend met 40mm en de bijhorende k-waarde.

Ondergrens	Bovengrens	Fractie	Vermindering in mm	Rekenwaarde k-waarde voor onderbouwing voorziening
≥ 2,0 mm		Grind	33	200
≥ 1,40 mm	2,0 mm	zeer grof zand	30	100
≥ 1,0 mm	1,4 mm	zeer grof zand	28	50
≥ 710 µm	1,0 mm	grof zand	25	30
≥ 500 µm	710 µm	grof zand	22	25
≥ 355 µm	500 µm	matig fijn zand	18	20
≥ 250 µm	355 µm	matig fijn zand	15	5
≥ 180 µm	250 µm	fijn zand	10	1
≥ 125 µm	180 µm	fijn zand	6	0,01
≥ 90 µm	125 µm	zeer fijn zand	2	0,001
≥ 63 µm	90 µm	zeer fijn zand	0	0,0001

Grondsoort	Gemiddelde korreldiameter	K_{hor} [m/dag]
Grind	> 2 mm	> 200
Grof zand met fijn grind	1,0 - 2,2	50 – 200
Grof zand	0,2 - 1,1 mm	10 – 100
Fijn zand	63 μ m - 0,2 mm	1 – 10
Leem		0,01 – 1
Zeer fijn zand	0,09 – 0,12 mm	$1,0 \cdot 10^{-03}$ – 1
Zandige klei		$1,0 \cdot 10^{-05}$ – $5,0 \cdot 10^{-03}$
Klei	< 2 μ m	< $1,0 \cdot 10^{-05}$

Tabel 2.1 Richtwaarden verzadigde horizontale doorlatendheid

Bron: Kennisbank riolering: Tabel A Richtwaarden verzadigde horizontale doorlatendheid

Ter vergelijking is draineerzand uit de standaard 2010 als referentie gesteld (fracties 50% groter dan 250 μ m en een k-waarde van 12 m/dag). Bij standaard draineerzand mag het aantal millimeters voor de berekening met 20mm verminderd worden. Voor een gelijkwaardig zand met een k-waarde van 5 m/dag verminderen met 15 mm. Uiteraard dient bij aanbrengen van beter doorlatend zand de inhoud van de holle ruimte van het betere zand voldoende groot te zijn om aan de eis te voldoen. Dit dient aangetoond te worden middels een berekening/onderbouwing.

Indien leem, klei of andere soort versmering aanwezig is in het materiaal dan de millimeters ophogen met 4 mm tot een maximum van 40mm. Uitgangspunt blijft dat de korrelgroottesamenstelling wel minimaal voor 80% uit zand en/of grind bestaat. Let op: Fijne deeltjes in grofzand kunnen de k-waarde zeer nadelig beïnvloeden.

Bovenstaande berekening is op basis van praktijkervaring beschreven. Te allen tijde geldt dat elke infiltratievoorziening c.q. project maatwerk is. Altijd dienen bijzonderheden, omstandigheden en de nabije omgeving beschouwd te worden om tot een goed en efficiënt ontwerp te komen. Hoe groter het contactoppervlak hoe beter de infiltratie werkt. Voorkom dat tijdens de bouwfase de bodem dichtgereden wordt en uitgevoerd onderzoek niet meer representatief kan zijn.

Verder geldt dat het hemelwater voldoende gemakkelijk in de voorziening moet komen. Ook kijken naar de risico's op dichtslibben van de ontvangstvoorzieningen. Denk aan blad en vuil. Ook blad en vuil welke vanuit de omgeving aangevoerd wordt.

Indien het hemelwater met kolken opgevangen wordt rekening houden met maximaal 130m² oppervlak per kolk.

Voor alle voorzieningen geldt dat altijd een bereikbare zand- en vuilvang aanwezig aangebracht wordt in het ontwerp.

Bijlage 2

Berekening benodigde en beschikbare waterberging

Wateropgave De Hes per deelgebied

d.d. 1-6-2023

Uitgangspunten

- Wateropgave conform beleid gemeente Renkum
- Wateropgave zonder reductie infiltratie
- Wateropgave betreft inclusief afstromend groen: deel >5% afschot.
- Reductie bergingseis obv k-waarde
 - * doorlatendheid bovenste bodemlaag
- verharding paden zijn gelijkmatig verdeeld over deelgebieden Renkum en Arnhem
- afvoerpercentage paden en halfverhardingen
- afvoerpercentage daken en verhardingen
- percentage groen vve MET helling >5%
- afvoerpercentage groen vve met helling >5%
- afvoerpercentage groen (openbaar) met helling >5%
- totaal oppervlak plangebied

40 mm over verhard oppervlak

15 mm (obv tabel reductie, gemeente Renkum)

5 m/d (obv gegevens Dinoloket fijn tot matig fijn zand)

100 %

100 %

100 %

100 %

0 %

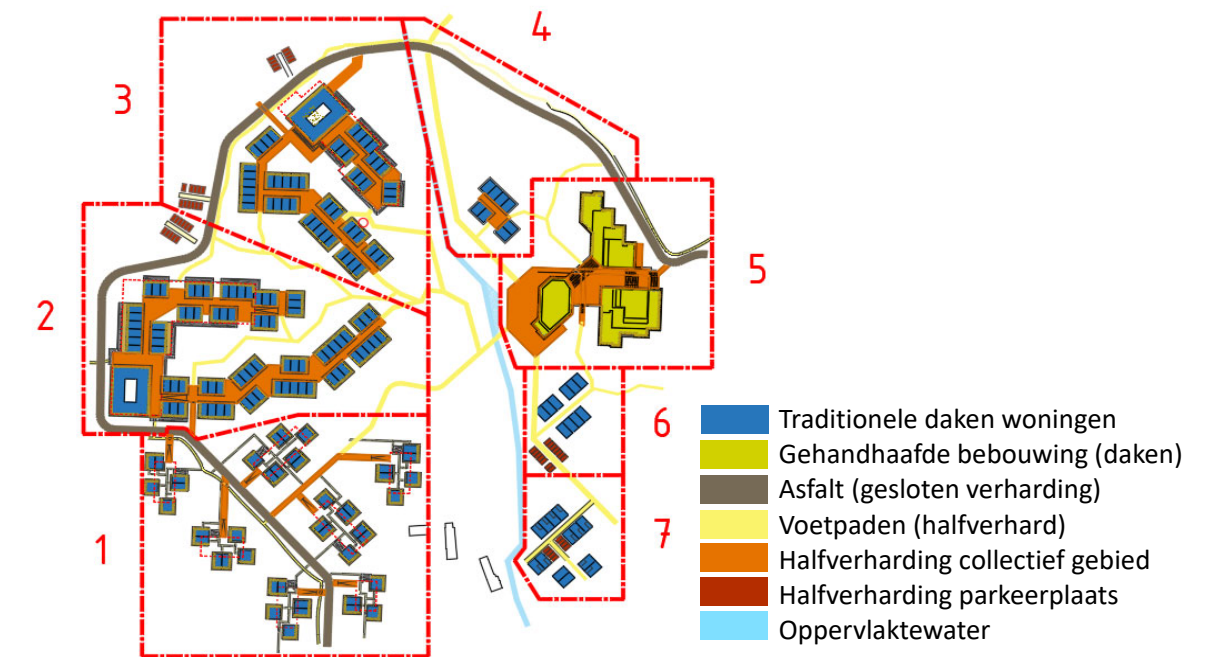
139.563 m²

In de tabel staat aangegeven met hoeveel millimeter de voorziening verkleind mag worden ten opzichte van de vereiste bui van 40 mm. De laatste kolom is de bijbehorende k-waarde waarmee bij de onderbouwing van de infiltratievoorziening gerekend mag worden. Let op: er mag niet dubbel gerekend worden. Of er wordt gerekend met minder mm of er wordt gerekend met 40mm en de bijhorende k-waarde.

Ondergrens	Bovengrens	Fractie	Vermindering in mm	Rekenwaarde k-waarde voor onderbouwing voorziening
≥ 2,0 mm		Grind	33	200
≥ 1,40 mm	2,0 mm	zeer grof zand	30	100
≥ 1,0 mm	1,4 mm	zeer grof zand	28	50
≥ 710 µm	1,0 mm	grof zand	25	30
≥ 500 µm	710 µm	grof zand	22	25
≥ 355 µm	500 µm	matig fijn zand	18	20
≥ 250 µm	355 µm	matig fijn zand	15	5
≥ 180 µm	250 µm	fijn zand	10	1
≥ 125 µm	180 µm	fijn zand	6	0,01
≥ 90 µm	125 µm	zeer fijn zand	2	0,001
≥ 63 µm	90 µm	zeer fijn zand	0	0,0001

Deelgebied	Verhardingen [m ²]	Afvoerpercentage [%]	Benodige waterberging [mm]	Benodige waterberging [m ³]	Benodige waterberging incl. groen h>5% [m ³]
1 Renkum					
Daken tradioneel	2.679	100	25	67,0	
Halfverharding	1.955	100	25	48,9	
Verharding	931	100	25	23,3	
<i>Totaal</i>	<i>5.565</i>			<i>139,1</i>	
incl afstr. Groen>5% collectief vve (openbaar groen geen afstroming)	4.851	100	25	121,3	260,4
2 Renkum					
Daken traditioneel	4.969	100	25	124,2	
Halfverharding	4.471	100	25	111,8	
Verharding	1.080	100	25	27,0	
<i>Totaal</i>	<i>10.520</i>			<i>263,0</i>	
incl afstr. Groen>5% collectief vve (openbaar groen geen afstroming)	4.851	100	25	121,3	384,3
3 Renkum					
Daken traditioneel	3.554	100	25	88,9	
Halfverharding	3.812	100	25	95,3	
Verharding	946	100	25	23,7	
<i>Totaal</i>	<i>8.312</i>			<i>207,8</i>	
incl afstr. Groen>5% collectief vve (openbaar groen geen afstroming)	4.851	100	25	121,3	329,1
Totaal Renkum	38.950				973,8

Deelgebieden



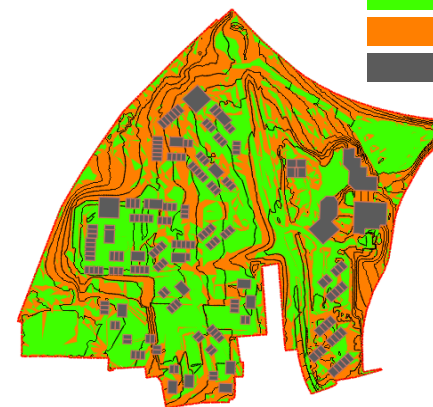
Deelgebied	Verhardingen [m2]	Afvoerpercentage [%]	Benodigde waterberging [mm]	Benodigde waterberging [m3]	Benodigde waterberging incl. groen h>5% [m3]
4 Arnhem					
Daken traditioneel	432	100	25	10,8	
Halfverharding	801	100	25	20,0	
Verharding	811	100	25	20,3	
<i>Totaal</i>	<i>2.044</i>			<i>51,1</i>	
incl afstr. Groen>5% collectief vve (openbaar groen geen afstroming)					
	562	100	25	14,0	65,1
5 Arnhem					
Daken (bestaand)	3.020	100	25	75,5	
Halfverharding	3.067	100	25	76,7	
Verharding	442	100	25	11,1	
<i>Totaal</i>	<i>6.529</i>			<i>163,2</i>	
incl afstr. Groen>5% collectief vve (openbaar groen geen afstroming)					
	562	100	25	14,0	177,3
6 Arnhem					
Daken traditioneel	540	100	25	13,5	
Halfverharding	772	100	25	19,3	
Verharding	-	100	25	0,0	
<i>Totaal</i>	<i>1.312</i>			<i>32,8</i>	
incl afstr. Groen>5% collectief vve (openbaar groen geen afstroming)					
	562	100	25	14,0	46,8
7 Arnhem					
Daken traditioneel	768	100	25	19,2	
Halfverharding	697	100	25	17,4	
Verharding	-	100	25	0,0	
<i>Totaal</i>	<i>1.465</i>			<i>36,6</i>	
incl afstr. Groen>5% collectief vve (openbaar groen geen afstroming)					
	562	100	25	14,0	50,7
Totaal Arnhem	13.597				339,9
TOTAAL	35.746	Zonder groen helling>5%		894 m3	
		met groen helling >5% collectief vve		1.314 m3	

Bepaling groenoppervlak met helling >5%

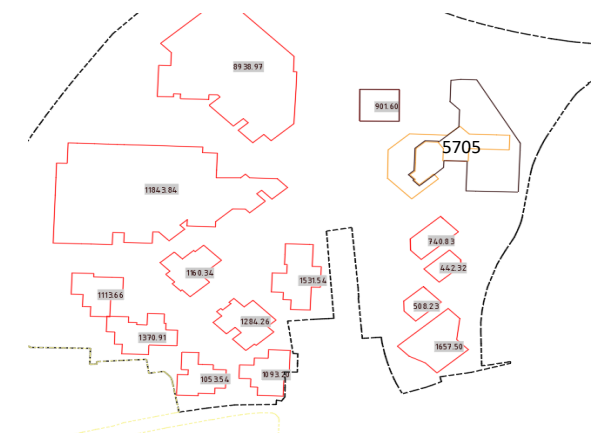
Uitgangspunten:

- obv AHN met civil3D percentage >5% bepaald 55%
- * hiervan renkum-deel 67%
- * hiervan arnhem-deel 33%

Totaal plangebied	139.563 m2
Totaal verhard	35.746 m2
Oppervlak slijpbeek	1.530 m2
Resterend groen	102.287 m2
Verhard Renkum	14.837 m2 (daken en halfverharding, geen asfalt en paden)
Verhard Arnhem	7.709 m2 (daken en halfverharding, geen asfalt en paden)



- Hellingspercentage < 5%
- Hellingspercentage > 5%
- Toekomstige verhardingen en bebouwing



	55% m2	waarvan openbaar groen m2	waarvan collectief totaal vve m2	waarvan collectief groen vve m2
Renkum	37.505	22.951	29.391	14.554
Arnhem	18.753	16.506	9.956	2.247
Totaal groen >5%	56.258	39.457	39.347	16.801

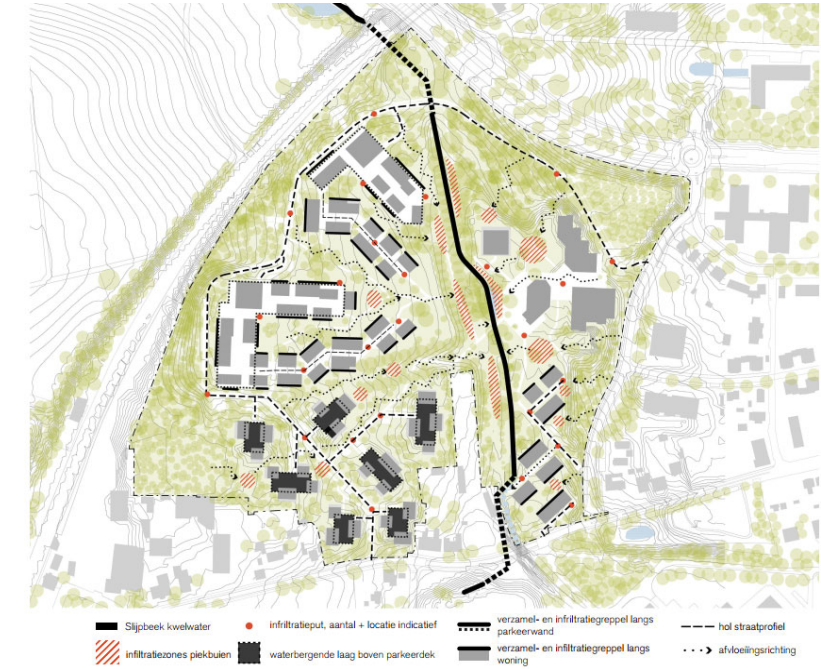
Beschikbare waterberging

d.d. 1-6-2023

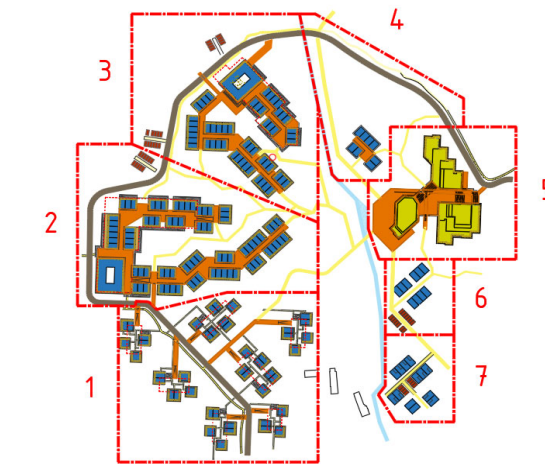
Uitgangspunten:

- hoogte gemiddelde grondwaterstand ca. 3 m-mv
- bodembreedte infiltratiegreppel 0,5 m
- talud greppel 1:
- vulling greppel 0,3 m
- beschikbare berging in infiltratieputten incl. in lava 15 m3 (ø2m, 3m hoog, lava 15m3 a 40% holle ruimte)
- hoogte infiltratiezone 0,5 m

Deelgebied	benodigde berging (25mm-reductie infiltratie)		breedte bodem		talud		aantal infiltratieputten		oppervlak [m]	hoogte [m]	beschikbare berging [m3]	Overshot [m3]	benodigde berging (40mm zonder reductie) [m3]	benodigde berging (60mm zonder reductie)		benodigde berging (100 mm zonder reductie) [m3]	
	[m3]	[m]	[m]	[1:x]	[m]	[st]	[m3]	[m3]						[m3]			
1 Renkum																	
Infiltratiegreppel											0						
Infiltratieput							4				62						
Infiltratiezone									1050	0,5	525						
Totaal	260										587	326	417	625	1042		
2 Renkum																	
Infiltratiegreppel		413	0,5	1	0,3						99						
Infiltratieput							6				93						
Infiltratiezone									920	0,5	460						
Totaal	384										652	267	615	922	1537		
3 Renkum																	
Infiltratiegreppel		275	0,5	1	0,3						66						
Infiltratieput							6				93						
Infiltratiezone									375	0,5	187,5						
Totaal	329										346	17	526	790	1316		
4 Arnhem																	
Infiltratiegreppel											0						
Infiltratieput							2				31						
Infiltratiezone									500	0,5	250						
Totaal	65										281	216	104	156	261		
5 Arnhem																	
Infiltratiegreppel											0						
Infiltratieput							3				46						
Infiltratiezone									815	0,5	407,5						
Totaal	177										454	277	284	425	709		
6 Arnhem																	
Infiltratiegreppel		49,5	0,5	1	0,3						11,88						
Infiltratieput							2				31						
Infiltratiezone									100	0,5	50						
Totaal	47										93	46	75	112	187		
7 Arnhem																	
Infiltratiegreppel		88	0,5	1	0,3						21,12						
Infiltratieput							3				46						
Infiltratiezone									50	0,5	25						
Totaal	51										92	42	81	122	203		
TOTAAL	1.314										2.504	1.190	2.102	3.152	5.255		



Deelgebieden



Verhardingen De Hes Arnhem

d.d. 1-6-2023

Uitgangspunt:

- Schetsontwerp maart 2023 (368_SP_verhardingen)
- Slijpbeek is grens Arnhem/Renkum

Onderdeel	Renkum	Arnhem	
	m2	m2	
woningen (daken)	11202	1740	
groene daken		0	
asfalt	2957	1253	
halfverharding	6076	2674	
paden	3785	2388	
parkeren halfverharding	376	275	
bebouwing behouden	0	3020	
Totaal	24396	11350	35746

Hieronder per blok verhardingen verdeeld uitgezonderd de paden

Deelgebied 1	m2	
woningen (daken)	2679	
groene daken		
asfalt	931	
halfverharding	693	
paden	0	1262
parkeren halfverharding	0	
bebouwing behouden	0 incl. paden	
Totaal	4303	5565

Deelgebied 2	m2	
woningen (daken)	4969	
groene daken	0	
asfalt	1080	
halfverharding	3071	
paden	0	1262
parkeren halfverharding	138	
bebouwing behouden	0 incl. paden	
Totaal	9258	10520

Deelgebied 3	m2	
woningen (daken)	3554	
groene daken	0	
asfalt	946	
halfverharding	2312	
paden	0	1262
parkeren halfverharding	238	
bebouwing behouden	0 incl. paden	
Totaal	7050	8312

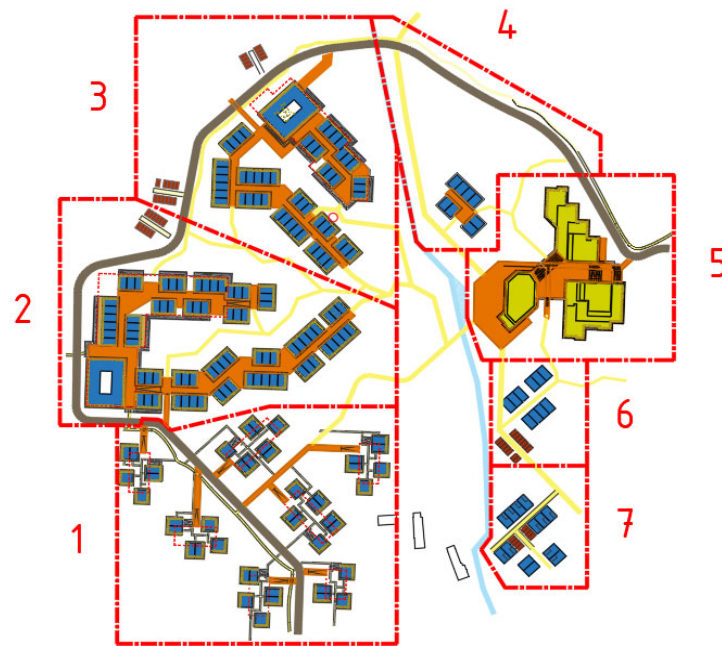
Deelgebied 4	m2	
woningen (daken)	432	
groene daken	0	
asfalt	811	
halfverharding	204	
paden	0	597
parkeren halfverharding	0	
bebouwing behouden	0 incl. paden	
Totaal	1447	2044

Deelgebied 5	m2	
woningen (daken)	0	
groene daken	0	
asfalt	442	
halfverharding	2470	2470
paden	0	597
parkeren halfverharding	0	
bebouwing behouden	3020 incl. paden	
Totaal	5932	6529

Deelgebied 6	m2	
woningen (daken)	540	
groene daken	0	
asfalt	0	
halfverharding	0	
paden	0	597
parkeren halfverharding	175	
bebouwing behouden	0 incl. paden	
Totaal	715	1312

Deelgebied 7	m2	
woningen (daken)	768	
groene daken	0	
asfalt	0	
halfverharding	0	
paden	0	597
parkeren halfverharding	100	
bebouwing behouden	0 incl. paden	
Totaal	868	1465

TOTAAL	29.573	35.746
--------	--------	--------



Bijlage 3

Informatie Hitte Monitor (RHDHV)

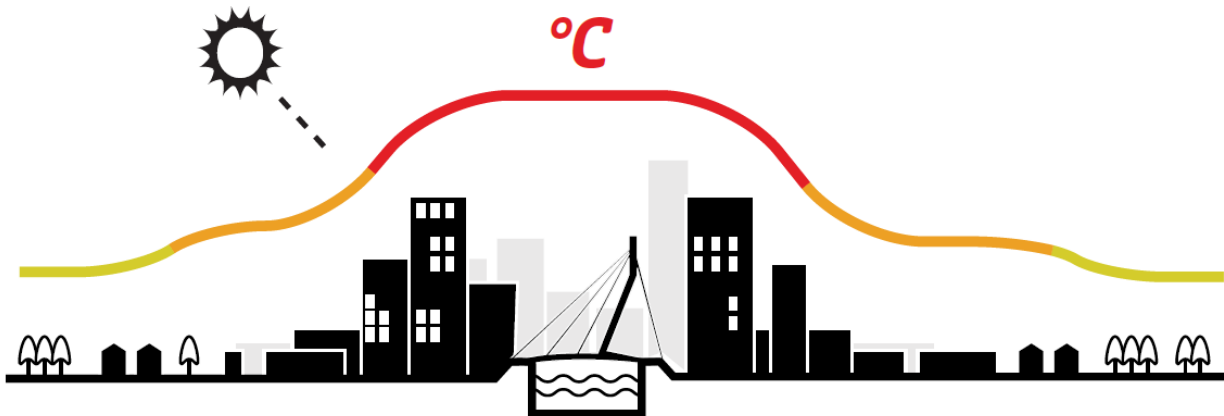
Hittegolven en de Hitte Monitor rekenmethodiek

Hittegolven

Een hittegolf zorgt voor een warme deken over het land, maar de bebouwde omgeving zorgt voor een extra dikke deken. Dit wordt het hitte-eilandeffect genoemd, zoals geïllustreerd in onderstaand figuur. De warmte gaat in gebouwen zitten en inwoners kunnen moeilijk afkoelen. Met name 's avonds en 's nachts treden grote verschillen op, met daardoor meer nachtelijke hittestress tijdens warme nachten. Juist deze vorm van hitte zorgt voor een beperking van het herstelvermogen van mensen die zijn blootgesteld aan de hitte overdag en is daarmee een sterk gezondheidsrisico. Deze vorm van hittestress is preventief aan te pakken middels goede ruimtelijke ordening: de inrichting van woonwijken en ruimte voor groen/blauwe maatregelen. Hiervoor is een betrouwbare inschatting van temperatureffecten en een goede duiding wanneer iets moet gebeuren, essentieel.

De volgende kaartlagen zijn opgenomen:

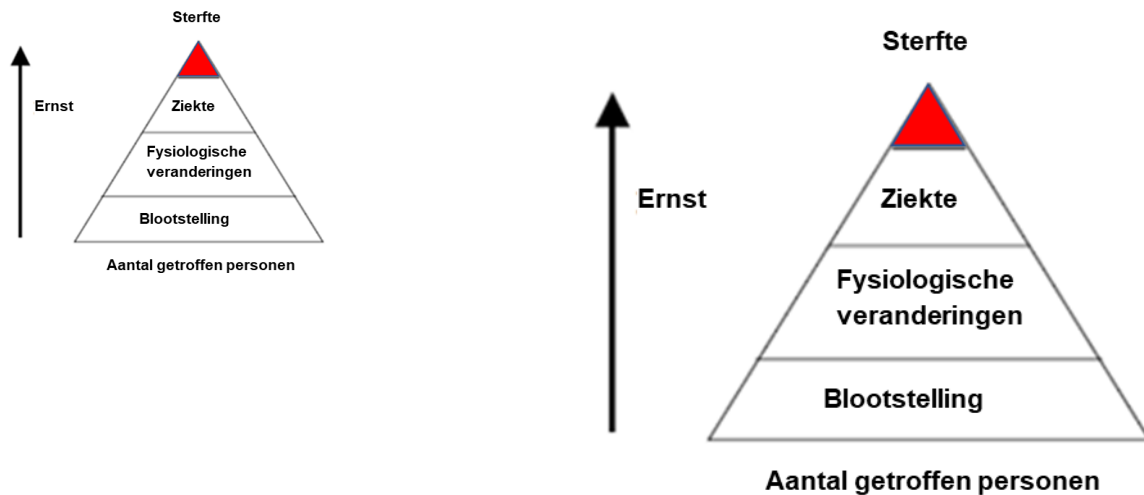
- hitte-eilandeffect (UHI),
- het aantal warme nachten, in huidig en toekomstig klimaat
- verhoogde hittegezondheidsrisico's als gevolg van de bebouwde omgeving.



Figuur 1. Hitte-eilandeffect: bebouwde gebieden zijn warmer dan hun omgeving (bron: Rotterdamse adaptatiestrategie)

Hitterisico's voor volksgezondheid

Gezondheidseffecten door hitte vinden over een brede range plaats, variërend van milde effecten (hoofdpijn, benauwdheid, concentratieproblemen) voor een grote groep tot meer ernstige effecten (cardiovasculaire problemen, ziekenhuisopnamen) voor kleinere groepen. Het meest extreme effect dat de kleinste groep ondervindt, is sterfte. In onderstaande figuur 7 is deze range aan effecten vereenvoudigd weergegeven. Onze inschatting is dat wanneer de sterfte (of sterftkans) toeneemt, de rest van de effectenpiramide eveneens toeneemt. Sterfte(kans) is daarmee te beschouwen als indicator voor een brede range van gezondheidseffecten.



**geen hitte-eilandeffect
gezondheidsrisico's door hittegolf**

**hitte-eilandeffect
gezondheidsrisico's versterkt door UHI**

Figuur 2. Brede range van gezondheidseffecten bij getroffen personen (WHO, 2006, bewerkt). Sterfte(kans) beschouwen we als indicator voor de rest van de piramide. Als de sterfte(kans) toeneemt, is het aannemelijk dat de totale piramide groter is.

Uit wetenschappelijke studies blijkt dat verhoogde sterfte(kansen) optreedt (optreden) tijdens hittegolven. Een voorspeller (indicator) voor de relatie tussen blootstelling aan hitte en verhoogde sterfte(kansen), is de etmaalgemiddelde temperatuur^{1 2 3}. Dit is te verklaren doordat de etmaalgemiddelde temperatuur een goede weerspiegeling is van zowel de piekblootstelling overdag als de afkoelingsperiode 's nachts. Tijdens een afkoelingsperiode kunnen mensen herstellen van piekblootstelling aan de hogere temperaturen overdag⁶. Is de temperatuur tijdens een afkoelingsperiode echter hoog, dan is het aannemelijk dat mensen minder goed herstellen en dus vatbaarder zijn voor hitte.

In noordwest Europa stijgt de mortaliteit significant bij een overschrijding van een etmaalgemiddelde temperatuur van ongeveer 21,5 °C⁶. Elke graad overschrijding boven deze drempeltemperatuur resulteert in een toename van de sterftetekans (mortaliteit) met circa 2,1%⁶.

Om het risico van het UHI te beoordelen, is in het UCAM-project een vergelijking gemaakt met het risico van ozon. De concentratie ozon vormt, net als de hoge temperatuur tijdens een hittegolf, een risico voor de gezondheid bij kortdurende blootstelling aan hoge piekwaarden. De Europese Unie heeft richtlijnen opgesteld voor de concentratie ozon, waarmee consensus bestaat dat bepaalde concentratieniveaus (o.a. vanwege de verhoogde sterftetekans) risicovol zijn. Het onderscheid dat wordt gemaakt met betrekking tot de kwetsbaarheid van bevolkingsgroepen, sluit aan bij de risico's die optreden door hitte.

¹ Huynen M.T.E. et al., *The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population. Environmental Health Perspectives VOLUME 109, NUMBER 5, May 2001.*

² Hajat, S., Kovats, R. S., Atkinson, R. W., en Haines, A., *Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach. Journal of Epidemiology and Community Health, 56(5), 367-372, 2002.*

³ Armstrong, B. G., Chalabi, Z., Fenn, B., Hajat, S., Kovats, S., Milojevic, A., en Wilkinson, P., *The association of mortality with high temperatures in a temperate climate: England and Wales. Journal of Epidemiology and Community Health, jech-2009, 2010.*

De verhoogde temperatuur tijdens een hittegolf levert dus in het hele land een potentieel hittegezondheidsrisico. Hoe groot dit risico is hangt af van hoe ernstig de hittegolf is: hoe langer en heter de hittegolf is, des te hoger is het potentiële gezondheidsrisico. De ene hittegolf is dus minder risicovol dan de andere hittegolf. In bebouwde gebieden is door het hitte-eilandeffect sprake van een *extra* verhoogd gezondheidsrisico, welke afhangt van de wijze waarop de bebouwde omgeving is ingericht.

Op basis van het etmaalgemiddelde UHI is berekend welke verhoogde sterftekans optreedt, als gevolg van de wijze waarop de bebouwde omgeving is ingericht. Dit is weergegeven in de hitte-*risicokaarten*:

- Het extra risico dat de wijk (bebouwde omgeving) toevoegt aan de risico's tijdens een hittegolf. Met andere woorden: hoeveel extra hittestress optreedt.
- Het risico is gebaseerd op de hitte-gerelateerde verhoging van sterfte (mortaliteit), als indicator voor de brede range aan gezondheidsrisico's (figuur 7).
- Om onderscheid te maken in verschillende doelgroepen, is dezelfde indeling aangehouden als voor smogsituaties. In de berekeningen zijn de volgende risicoprofielen opgesteld op basis van het etmaalgemiddelde UHI:

UHI tussen 0 – 0,9 °C	<u>Comfortabel</u> (geen merkbare risico's door bebouwde omgeving, geen extra verhoging van de hittegolfrisico's).
UHI tussen 0,9 en 1,9 °C	<u>Acceptabel</u> (lichte toename van risico door bebouwde omgeving, acceptabel tot 25 dagen per jaar).
UHI tussen 1,9 en 2,8 °C	<u>Risicovol voor kwetsbare doelgroepen</u> (extra risico door bebouwde omgeving, vergelijkbaar met informatiedrempel ozon).
UHI hoger dan 2,8 °C	<u>Risicovol voor iedereen</u> (extra risico door bebouwde omgeving, vergelijkbaar met smogalarm).

Voor hitte zijn de volgende kwetsbare doelgroepen relevant vanwege de mogelijke gezondheidsimpact:

- Ouderen:
 - o Bejaardentehuizen;
 - o Verpleegtehuizen.
- Zorgbehoevenden:
 - o Verzorgingstehuizen;
 - o Ziekenhuizen.
- (Jonge) kinderen:
 - o Scholen;
 - o Kinderdagverblijven.

Rekenmethode

Centraal in de aanpak met de Hitte Monitor staan de temperatuurberekeningen, welke worden uitgevoerd met de UCAM-methode^{4 5 6}. De berekeningen zijn representatief voor de hittegolfsituatie van juli 2006. Een belangrijke meerwaarde van deze methode is dat naast de berekende temperatuur(-verschillen) in een wijk, de UCAM-methode een handreiking biedt om de ernst ervan te beoordelen op

⁴ Witteveen+Bos, WUR en KNMI (2014), UCAM: Urban Climate Assessment & Management (eindrapport)

⁵ Steeneveld, Klompmaker, Groen (2018), Urban climate assessment and management tool for combined heat and air quality judgements at neighbourhood scales, Resources, Conservation and Recycling

⁶ De berekeningen zijn gebaseerd op resultaten van state of the art modellering met het Weather Research & Forecast (WRF) model. Resultaten hiervan geven een betrouwbare inschatting van de temperatuur in een wijk gedurende een hittegolf, alsmede het verschil ten opzichte van een rurale (100% groene) omgeving: het Urban Heat Island (UHI). De fysieke wijkenmerken zoals groen, bebouwingshoogte en -dichtheid, weerskaatsing door daken, muren en wegen zijn van invloed en worden meegenomen.

basis van wetenschappelijk gefundeerde relaties tussen hitte en gezondheidsrisico's. In andere woorden: hoeveel extra hittestress nu werkelijk optreedt.

Stappen

Met de UCAM-rekenmethode zijn de volgende stappen uitgevoerd:

1. Berekening van temperatuureffecten:
 - Op basis van beschikbare ruimtelijke informatie (geodata) worden de wijkenmerken die als rekenparameters fungeren, bepaald (nader toegelicht in paragraaf uitgangspunten):
 - Wijktype (bebouwingsdichtheid en -hoogte)
 - Percentage groen
 - Weerkaatsingsvermogen (albedo) van wegen en daken
 - Op basis van de wijkenmerken wordt voor iedere locatie berekend wat de totale verkoelende invloed is.
 - De situatie in het toekomstige warmer klimaat gaat uit van klimaatscenario WH50 (klimaatreeksen KNMI'14)⁷. Relevant is dat de verwachte temperatuurstijging voor de warme periodes in de klimaatreeks, zo ook tijdens hittegolven, aanzienlijk groter is dan de gemiddelde temperatuurstijging.
 - Het hitte-eiland effect (Urban Heat Island, UHI) is berekend als het verschil tussen de temperaturen in de stad en buiten de stad (referentie: KNMI-meetstation).
 - Voor de berekening van het aantal warme nachten in het huidige klimaat en 2050, wordt gebruik gemaakt van de klimaattransformatiereeksen van KNMI, voor de gekozen klimaatperiode en klimaatscenario (WH50). Met de berekende UHI in de nacht wordt een exacte berekening gemaakt en ontstaat een betrouwbaar toekomstbeeld.
2. Vertaling naar gezondheidseffecten.
 - Het extra risico dat de wijk (bebouwde omgeving) toevoegt aan de risico's tijdens een hittegolf, is juist datgene waar een gemeente invloed op kan uitoefenen. Het risico is gebaseerd op de hitte-gerelateerde verhoging van sterfte (mortaliteit), welke vergelijkbaar is met het risico tijdens een smog-alarm. Een indeling is gemaakt om onderscheid te maken in verschillende doelgroepen. In de volgende paragraaf wordt hier nader op ingegaan.

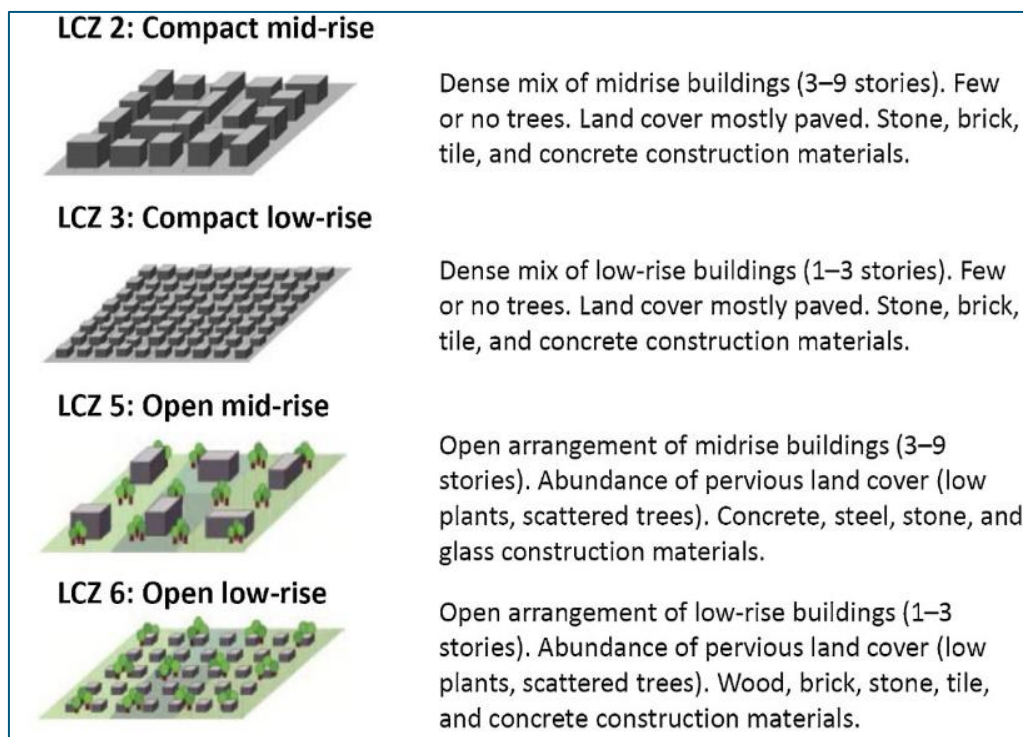
Uitgangspunten en databronnen

De berekeningen zijn uitgevoerd met de volgende uitgangspunten en databronnen:

- Het effect van bebouwing en verharde oppervlakken:
 - Gebouwen en verharde oppervlakken warmen overdag sterk op als gevolg van de zonnestraling. Deze warmte wordt 's avonds en 's nachts weer afgegeven aan de omgeving. Dit effect is de basis van het hitte-eilandeffect. De mate waarin de opwarming plaatsvindt, is berekend op basis van twee bebouwingsaspecten:
 - Bebouwingsdichtheid en -hoogte: Een hoge bebouwingsdichtheid betekent dat veel 'massa' aanwezig is voor warmteopslag en -afgifte. Bebouwing geeft daarnaast ook schaduw (hetgeen overdag prettig is om te verblijven), waardoor delen minder sterk opwarmen. De rekenmethode onderscheidt verschillende bebouwingstypen (local climate zones, LCZ), waarvan veel voorkomende wijken in Nederland beschikbaar zijn voor de UCAM methode (zie onderstaande figuur 8). De LCZ type wordt bepaald op basis van percentage bebouwd, percentage verhard oppervlak en bebouwingshoogte.
Databron: BAG3D en BGT

⁷Zie <http://www.klimaatsscenarios.nl/>

- Weerkaatsing van zonlicht (albedo): Het deel van de straling dat wordt geabsorbeerd hangt af van hoeveel straling er wordt weerkaatst door wegen, daken en muren. Licht gekleurde oppervlakken weerkaatsen meer dan donkere oppervlakken, waardoor deze minder snel opwarmen. Albedowaarden zijn met satellietmetingen bepaald. Dat levert albedowaarden op 10x10m resolutie, welke we voor daken en verharde oppervlakten afzonderlijk naar een representatief gemiddelde hebben omgerekend.
Databron: Sentinel 2 (ESA)



Figuur 3. Wijktypen binnen UCAM (local climate zones, LCZ)

- Het effect van groen:
 - Het effect van groen gaat uit van het percentage groen oppervlak. Dit oppervlak kan bestaan uit gras, struiken en/of bomen. Tijdens langdurige perioden van hitte en droogte zullen sommige groene percelen uitdrogen, waardoor deze minder bijdragen aan de verkoeling van de omgeving. Of dit effect optreedt is afhankelijk van langdurige weersomstandigheden en beschikbaarheid van bodemvocht. Nader onderzoek (in relatie met de droogte analyses) op dit punt is zinvol.
 - Het effect van groen is in het model opgenomen als 'groen gras met voldoende bodemvocht voor verdamping'. Hier gaat een verkoelende werking vanuit door verdamping, waarmee warmte wordt onttrokken uit de lucht. Daarnaast warmt het groene oppervlak veel minder sterk op dan verharde oppervlakken, met dan ook veel minder warmteafgifte tot gevolg.
 - In geval van bomen en andere vegetatie (dan gras) wordt uitgegaan van het groene oppervlak, bijvoorbeeld de kruin van de boom. De verkoelende werking door schaduw wordt in dit geval niet meegenomen. Anderzijds wordt eventueel aanwezig verhard

oppervlak onder de kruin meegenomen als 'groen'. Het berekende effect van bomen is vermoedelijk kleiner dan in werkelijkheid (onderschatting).

Databron: BGT en Hoog-resolutie luchtfoto in RGB en NIR (Nationaal Georegister)

- Het effect van warmteproductie door menselijke activiteiten (antropogene warmte):
 - o Door energieverbruik komt warmte vrij, zoals bij verkeer, elektrische apparaten in huis en bedrijfsprocessen. Het doorrekenen van specifieke antropogene warmte vergt veel en actuele detailinformatie. In de berekeningen zijn afhankelijk van het wijktype standaardwaarden gebruikt.
- Het effect van water:
 - o Water speelt een belangrijke, maar complexe rol in de warmtebalans in een wijk. De verkoelende werking van water gaat vooral via rechtstreekse koeling van de lucht boven het water (en niet zo zeer via verdamping). Afhankelijk van de waterdiepte, doorstroming en zeker ook of een hittegolf vroeg of juist laat in de zomer plaatsvindt, zijn bepalend voor de watertemperatuur. Open water kan in sommige gevallen werken als een warmteopslag, welke 's nachts warmte afgeeft aan de omgeving. Deze complexe en zeer variabele rol van water is per definitie niet goed te modelleren / voorspellen. Metingen zouden hier een uitkomst zijn. Het effect van water is in de berekeningen meegenomen als oppervlak met 50% groen. Hiermee is dus deels wel en niet een verkoelende werking berekend. Met de keuze van 50% groen wordt tegemoetgekomen aan de te verwachten verkoelende werking overdag. Het resterende deel (50%) wordt als verhard oppervlak gezien, waarmee tegemoet wordt gekomen aan de warmteopslag en -afgifte.

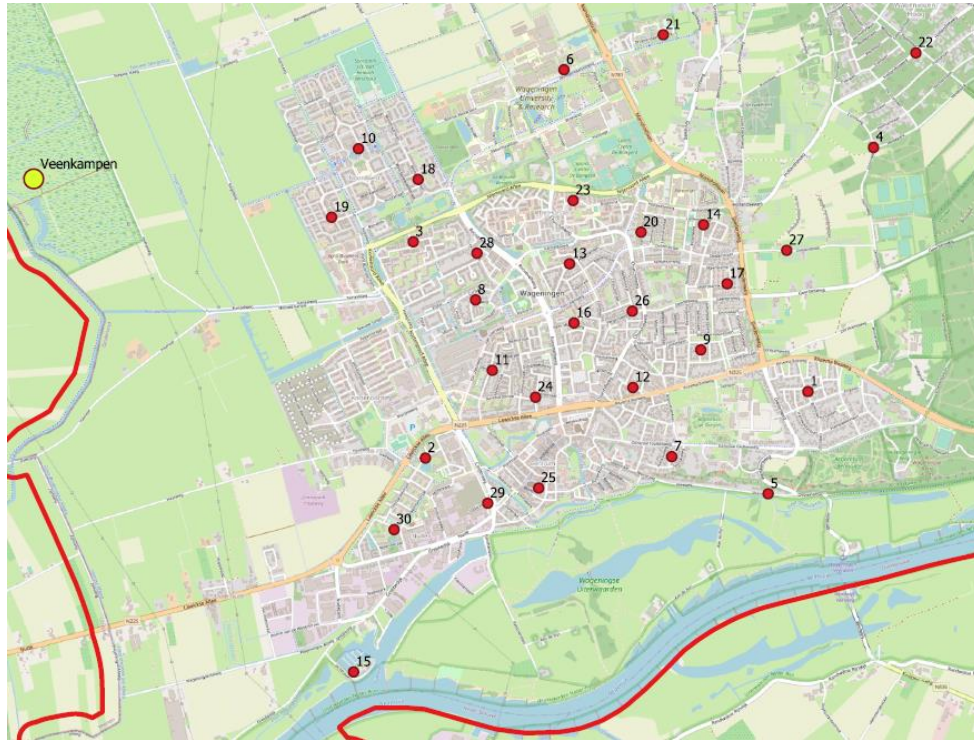
Databron: BGT

Validatie rekenmethode

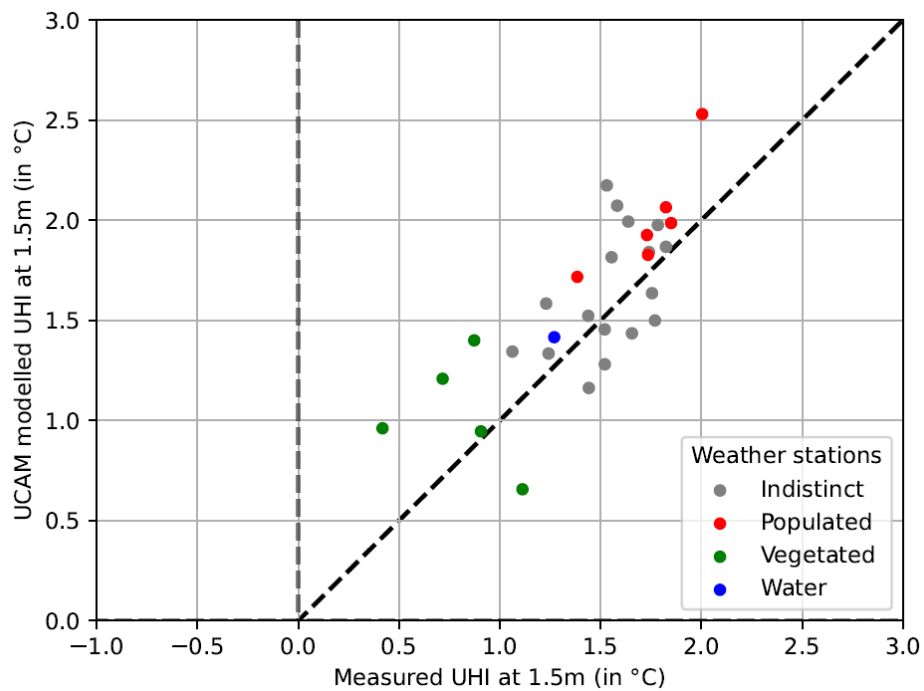
In 2021/2022 is een validatie uitgevoerd van de rekenmethodiek op basis van temperatuurmetingen. Van een beschikbare dataset in Wageningen⁸ zijn de temperatuurverschillen met een referentiestation in het buitengebied vergeleken met de berekende UHI-waarden uit het model. Resultaten zijn gepubliceerd in het meteorologisch vakblad *Meteorologica*⁹. De omvang en onderlinge variatie in de UHI op locaties worden redelijk goed gesimuleerd en zijn representatief voor temperatuurverschillen met een nabijgelegen 100% groene referentielocatie.

⁸ Beschikbaar gesteld door de vakgroep Meteorologie en Luchtkwaliteit van de Wageningen Universiteit, verzameld in het kader van het NL eScience project "Summer in the city – forecasting and mapping thermal human comfort in urban areas" (project 027.012.103)

⁹ Daan Kivits, Ronald Groen en Iris Dekker. Validatie van het stedelijk hittestress model UCAM. *Meteorologica 2* – juni 2022



Figuur 4. Meetpunten luchttemperatuur, Wageningen (WUR)



Figuur 5. Gemodelleerde UHI afgezet tegen gemeten UHI (afgeleid uit metingen als het verschil tussen stadsmetingen en metingen op en nabijgelegen, 100% groene referentie), etmaalgemiddeld.