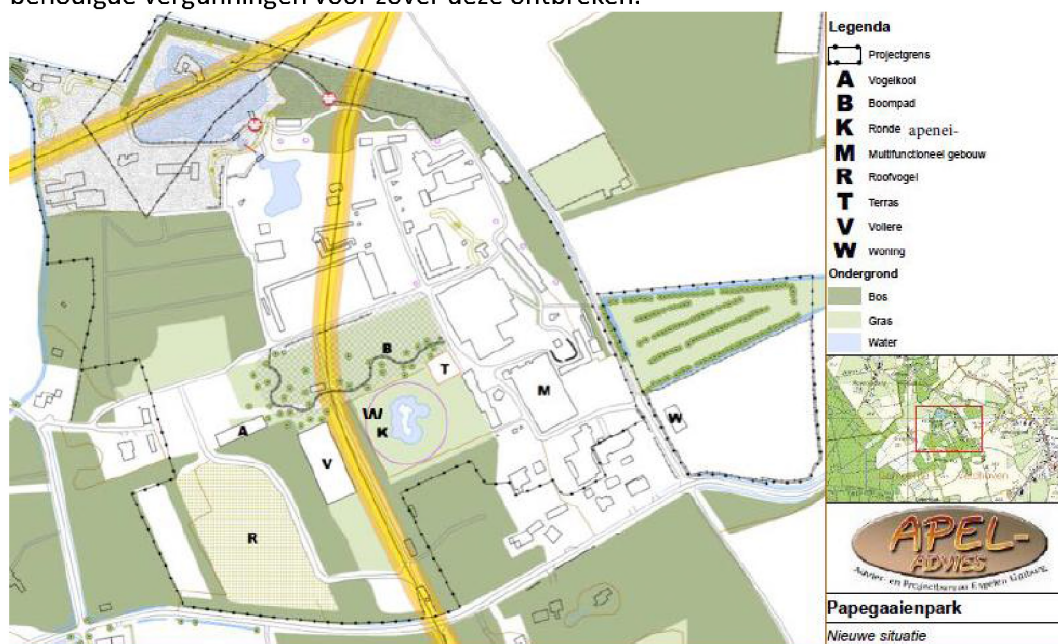


Bergingscapaciteit vijvers Zoo Veldhoven

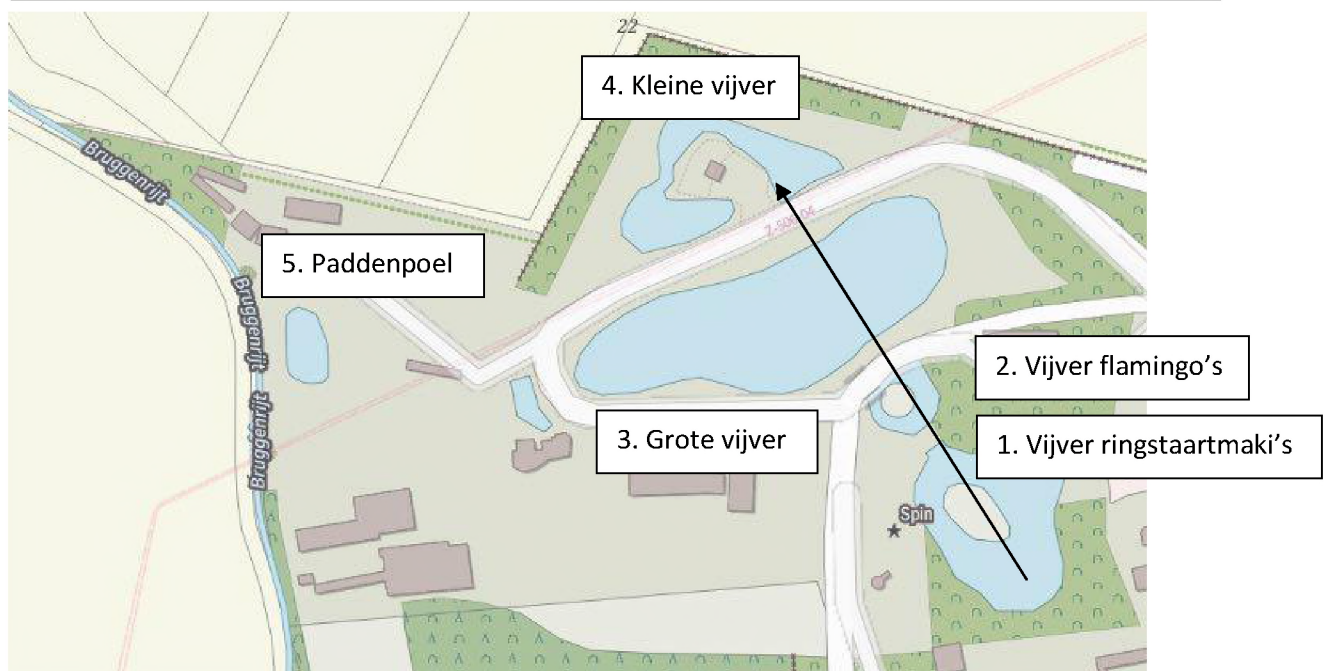
Aanleiding

Het huidige dierenpark in Veldhoven is verouderd. Modernisering en uitbreiding zijn noodzakelijk voor het behoud van het park en om meer bezoekers te kunnen trekken. Daarom is een herzien bestemmingsplan ontwikkeld hoe het park er over enkele jaren uit zal moeten zien, wil het zijn aantrekkingskracht als vogelpark c.q. dierentuin behouden (zie onderstaande figuur). Dit plan maakt de realisatie van de beoogde eindsituatie in het park mogelijk, evenals de verlening van de benodigde vergunningen voor zover deze ontbreken.



Toekomstige ontwikkelingen in Zoo Veldhoven

In het plangebied zijn vier vijvers gelegen die in het verleden zijn aangelegd en met elkaar in open verbinding staan door duikers en bruggen (zie onderstaande figuur). De vijvers zijn aangelegd met een bodem van natuurlijk materiaal (leem). Zodra het peil in de kleine vijver te hoog komt kan met een handmatig bediende pomp (momenteel niet in gebruik en vanwege de beperkte capaciteit vergunnings- en meldingsvrij) het teveel aan water worden overgepompt naar een paddenpoel. Deze poel is door een overstort aangesloten op de A-watergang Bruggenrijt, die van primair belang is voor het waterbeheer en daarom door het waterschap onderhouden wordt.



Overzicht van de vijvers in Zoo Veldhoven

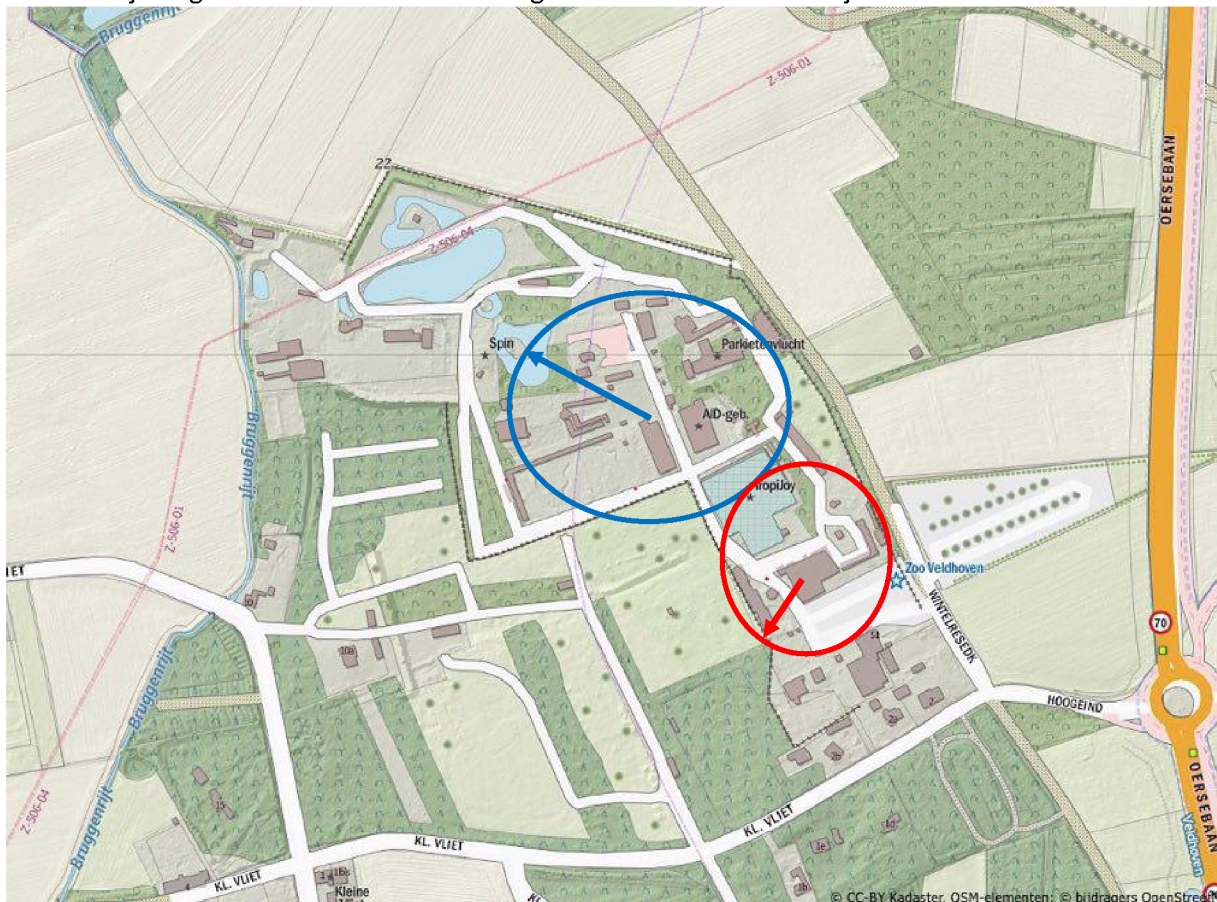
Het plangebied is in de huidige situatie deels verhard door middel van bebouwing, hokken en volières. Er is circa 23.800 m² aan bebouwing aanwezig. In de plansituatie wordt het oppervlak van de aanwezige bebouwing inclusief hokken en volières in totaal circa 30.000 m². Ten opzichte van de daadwerkelijke situatie vindt er dus een toename in verharding plaats van maximaal circa 6.200 m² (afhankelijk van invulling). Daarnaast zal een nieuwe vijver worden aangelegd. Op basis van de Keur van Waterschap De Dommel is het verboden zonder vergunning neerslag door toename van verhard oppervlak of door afkoppelen van bestaand oppervlak, tot afvoer naar een oppervlaktewaterlichaam te laten komen. Er is dan ook watercompensatie noodzakelijk om negatieve effecten aan het watersysteem te voorkomen. De benodigde compensatie (in m³) wordt als volgt berekend op basis van de Hydrologische uitgangspunten bij de Keurregels voor afvoeren van hemelwater van de Brabantse waterschappen:

toename verhard oppervlak (m²) x gevoeligheidsfactor x 0,06 m = benodigde watercompensatie (m³)

Een deel van het plangebied betreft gevoeligheidsfactor 1 wat aangeeft dat alleen met een volledige compensatie kan worden volstaan. Er wordt worst-case gerekend en daarom voor het hele gebied met factor 1 gerekend. Op basis van de berekening is circa 372 m³ watercompensatie nodig. Deze compensatie dient gevonden te worden in de nieuwe vijver. Er is ruime mogelijkheid om de vijver naar behoefte te dimensioneren, zodat in alle gevallen het water ter plaatse zal kunnen infiltreren in de bodem. Er zal geen sprake zijn van een verbinding van deze vijver met de bestaande vijvers.

Voor de omgang met het hemelwater is gekozen voor het vasthouden van hemelwater: het afstromende hemelwater dat van verharding afstroomt wordt naar groenvoorzieningen geleid en infiltreert daar. Op basis van de huidige, goed functionerende infiltratiecapaciteit van de bodem (gelet op de bodemopbouw en de gemiddelde hoogste grondwaterstand) wordt verondersteld dat dit geen problemen oplevert. Uit praktijkervaring is bekend dat al het hemelwater binnen het plangebied in de bodem infiltreert. Slechts bij zeer extreme buien kan het hemelwater via de overstort van de paddenpoel in de Bruggenrijt worden geloosd. Een dergelijke situatie is echter nooit voorgekomen, omdat er ruim voldoende waking in de vijvers is.

Als het hemelwateraanbod te groot is, loopt het overvloedige hemelwater naar de vijvers zoals afgebeeld in de onderstaande figuur. Door natuurlijk verloop gaat het in het zuidelijk deel van het park vallende water ongeveer in het gebied dat in de onderstaande figuur met een blauwe cirkel is aangegeven naar de vijvers. Zodra de nieuwe vijver gereed is, zal het hemelwater uit het met de rode cirkel omliggende gebied in de onderstaande figuur afwateren naar die vijver.



Hemelwaterafvoer in het plangebied

Mocht in extreme situaties hemelwater via de vijvers geloosd worden op de Bruggenrijt, dan kan dit effect hebben op de waterkwaliteit van deze watergang. Het is van belang dat de waterkwaliteit van de Bruggenrijt behouden blijft, vanwege de functie Ecologische Verbindingszone en de aanwezigheid van beschermde diersoorten als de knoflookpad en de kamsalamander. Overstorten dienen dus zelfs bij extreme neerslag voorkomen te worden. Daarnaast heeft ook de paddenpoel een ecologische functie. Water dat vanuit de vijvers naar deze poel loopt mag niet tot een verslechtering leiden, zodat de vier vijvers voldoende bergingscapaciteit moeten hebben om bij extreme neerslag het in het park vallende hemelwater op te vangen en de pomp vanuit de kleine vijver niet ingezet hoeft te worden.

Doel

Het doel van het onderzoek is tweeledig:

1. Het dimensioneren van de nieuwe vijver (oppervlak en waking), zodat deze groot genoeg is om de extra verharding in de plansituatie te compenseren;
2. Het analyseren van de inzetfrequentie van de pomp vanuit de kleine vijver naar de paddenpoel. Zodra deze niet of nauwelijks ingezet hoeft te worden, kan geconcludeerd worden dat Zoo Veldhoven een (nagenoeg) gesloten watersysteem vormt en daardoor geen invloed heeft op de waterkwaliteit in de paddenpoel of de Bruggenrijt.

Werkwijze

De opdracht bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Dimensionering van de nieuwe vijver;
2. Inschatting van de benodigde inzetfrequentie van de pomp vanuit de kleine vijver door middel van een eenvoudig neerslag-afvoer model van het park.

Dimensionering van de nieuwe vijver

De berging in de nieuwe vijver is het product van het oppervlak van de vijver en de waking ervan. Hierdoor zijn er meerdere mogelijkheden om deze te variëren en toch nog steeds aan de benodigde 372 m³ te voldoen. Bij het advies is rekening gehouden met mogelijke toekomstige ontwikkelingen, zodat Zoo Veldhoven bij het definitieve ontwerp een keuze kan maken die aan de eisen van het waterschap voldoet en waarmee reeds wordt voorgesorteerd op de toekomst.

Inschatting van de benodigde inzetfrequentie van de pomp vanuit de kleine vijver

Met het modelinstrumentarium Sobek-RR is een neerslag-afvoer model van Zoo Veldhoven gemaakt. Dit model houdt rekening met alle componenten van de hydrologische kringloop (neerslag, verdamping, infiltratie, drainage, kwel en afvoer). Hierbij zijn de vijvers als een open water knoop geschematiseerd, waarin het overschot aan hemelwater dat vanaf het gebied in de blauwe cirkel op de vorige bladzijde komt, geborgen kan worden. Dit gebied is op zijn beurt als een onverharde knoop geschematiseerd, waarin het hemelwater kan infiltreren en via het grondwater naar de vijvers kan afvoeren. De infiltratiecapaciteit van de fijn lemige zandbodem is gereduceerd naar rato van het verharde oppervlak in het gebied, zodat rekening wordt gehouden met het feit dat het hemelwater hier niet direct kan infiltreren.

De vijvers zijn in het model bemalen met een pomp, die aanslaat zodra het park dreigt onder te lopen. Tevens worden de vijvers op peil gehouden door een pomp die aanslaat zodra de waterstand in de vijvers door verdamping onder het gewenste peil zakt. Ook deze pomp is vanwege de beperkte capaciteit (10 m³/u) vergunnings- en meldingsvrij.

Het model berekent het verloop van de waterstand in de vijvers op basis van de gemeten uurwaarden voor neerslag en verdamping bij vliegbasis Eindhoven voor de periode 1984-2017. Met de resultaten kan bekeken worden hoe vaak de pomp in deze periode ingezet zou moeten worden. Indien er geen of weinig noodzaak tot inzet is kan geconcludeerd worden dat het park een (nagenoeg) gesloten watersysteem vormt en daarom geen invloed heeft op de waterkwaliteit in de paddenpoel of de Bruggenrijt.

Een compleet overzicht van modeluitgangspunten en -aannames is te vinden in Bijlage 1. Een overzicht van het Sobek-RR-model is te vinden in Bijlage 2.

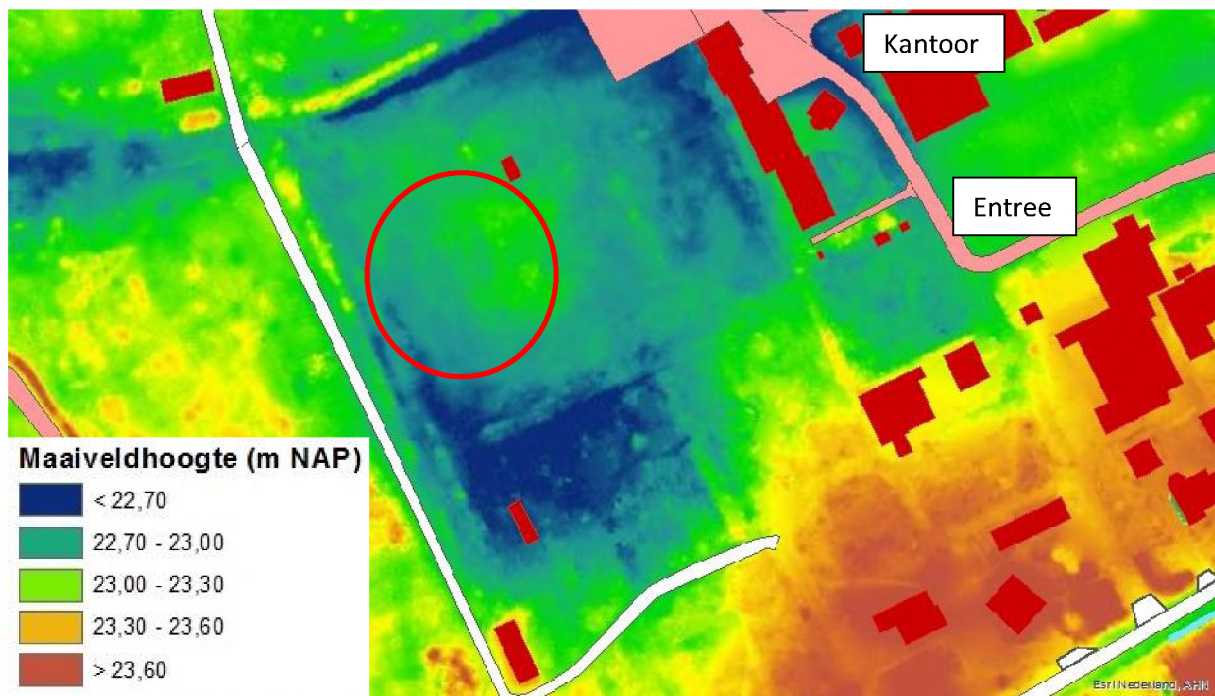
Resultaten

Dimensionering van de nieuwe vijver

Voor de nieuwe vijver wordt geadviseerd om het peil in de vijver gelijk te maken aan dat in de overige vijvers (+/- 22,14 m+NAP). Zodoende houdt Zoo Veldhoven de mogelijkheid open om in de toekomst relatief eenvoudig de vijver alsnog te koppelen aan de andere vijvers.

Op de locatie waar de vijver gepland is, is de maaiveldhoogte ongeveer 22,80 m+NAP (zie onderstaande figuur). De benodigde waking in de vijver bedraagt dus $22,80 - 22,14 = 0,66$ m. Het minimaal benodigde oppervlak van de vijver bedraagt dan:

$$372 \text{ m}^3 / 0,66 \text{ m} = 563 \text{ m}^2$$



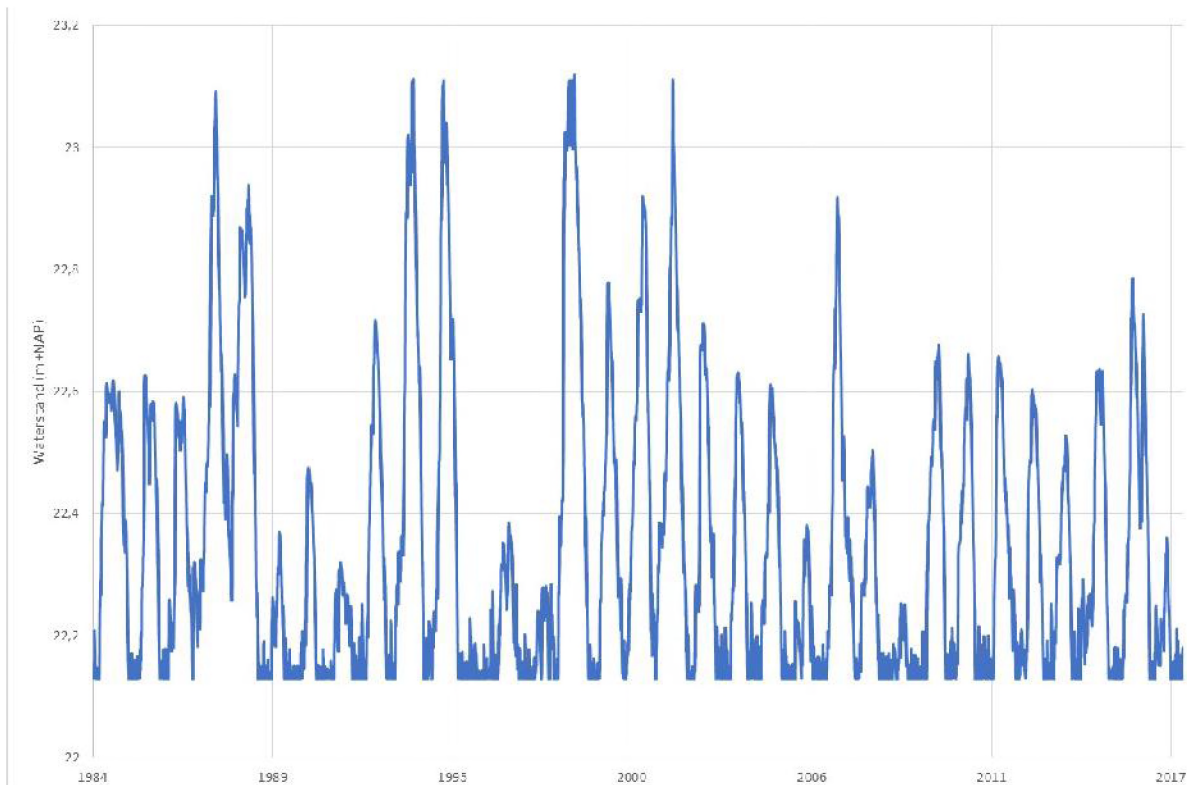
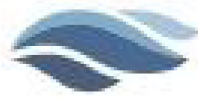
Huidig maaiveldverloop rond de nieuwe vijver (indicatieve locatie rood omcirkeld)

Gelet op het huidige oppervlak van het veldje kan deze vijver eenvoudig ingepast worden. Mocht Zoo Veldhoven toch kiezen voor een kleinere vijver, dan dient deze een grotere waking te hebben. Om twee redenen wordt dit niet geadviseerd:

1. Dit bemoeilijkt een eventuele toekomstige koppeling met de andere vijvers;
2. Doordat de vijver lager ligt ten opzicht van het grondwaterpeil neemt de infiltrerende werking van de bodem af, waardoor de vijver na buien langer hoog blijft staan.

Inschatting van de benodigde inzetfrequentie van de pomp vanuit de kleine vijver

Uit het berekende verloop van de waterstand in de vijvers blijkt dat deze in de periode 1984-2017 vijf winters het maximaal toelaatbare peil van 23,11 m+NAP heeft bereikt. Dit is steeds het geval in natte winters als er geen verdamping is en de neerslag langdurig groter is dan de aangenomen wegzijging van 1 mm/d. Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden dat de pomp ongeveer gemiddeld eens in de zes à zeven jaar ingezet moet worden.



Gesimuleerd verloop van de waterstand in de vijvers voor neerslag gemeten op Vliegbasis Eindhoven in de periode 1984-2017

In de berekeningen is in totaal 10.080 m³ water naar de Paddenpoel verpompt.

In de jaren '90 waren de winters over het algemeen nat en kwam dit enkele malen voor. Sinds de winter van 2001-2002 heeft de waterstand in de vijvers echter niet meer het maximale peil bereikt en kan het waterstand van Zoo Veldhoven als gesloten worden beschouwd.

Een compleet overzicht van de modelrun en de resultaten is te vinden in Bijlage 3 en 4.

Dimensionering extra vijvers

Uit de rekenresultaten blijkt dat extra berging nodig is om van het watersysteem van Zoo Veldhoven een gesloten systeem te maken. Om de benodigde berging te bepalen is per keer dat gepompt moet worden het verpompte volume bepaald. Deze gebeurtenissen zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

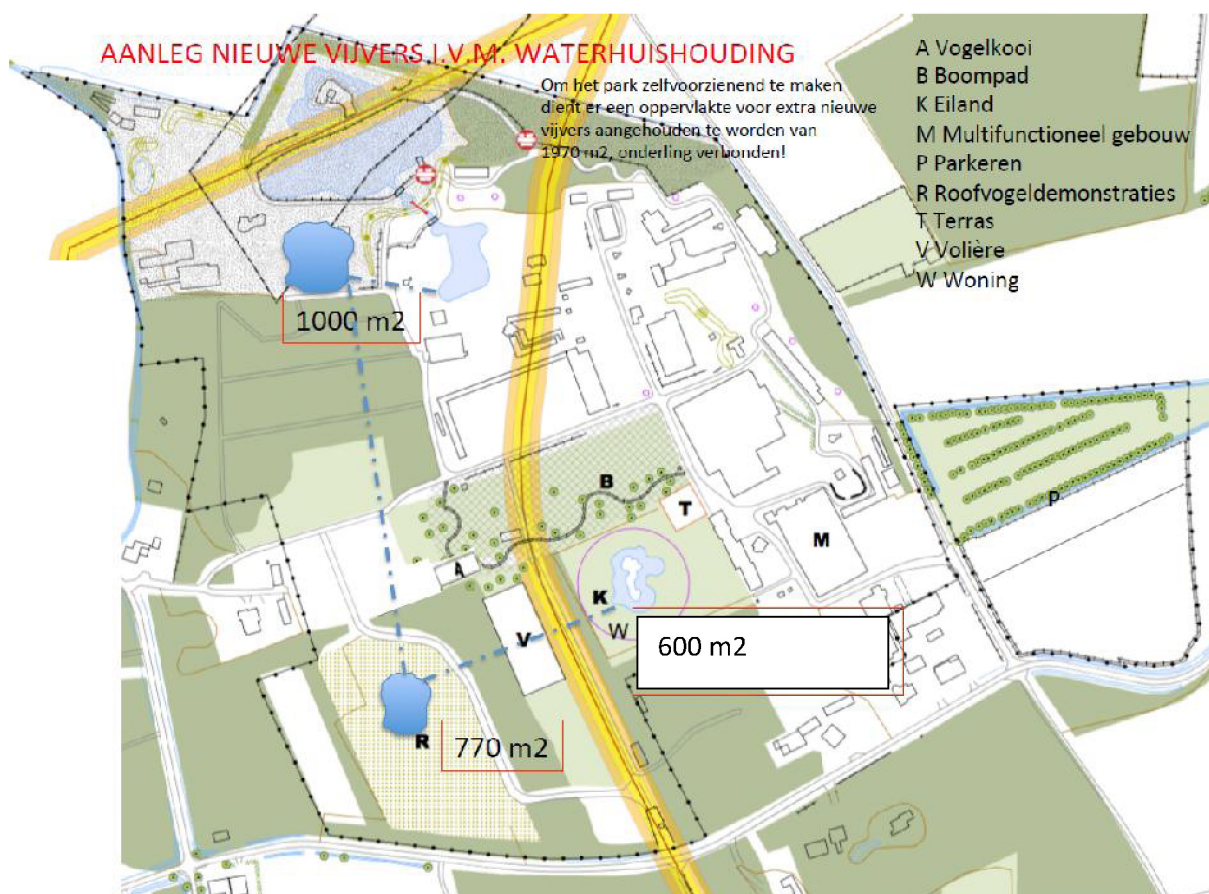
Verpompt volume per gebeurtenis

Datum	Verpompt volume (m³)
25 maart 1994	900
4 april 1994	1440
6 maart 1995	920
4 januari 1999	1410
17 januari 1999	1010
7 februari 1999	1010
1 maart 1999	1910
26 februari 2002	1480

Op basis van de tabel kan geconcludeerd worden dat de gebeurtenis van 1 maart 1999 met een volume van 1910 m³ maatgevend was. Als dit volume in het systeem geborgen had kunnen worden, dan had de pomp in de periode 1984-2017 niet ingezet hoeven te worden.

Deze berging kan deels gerealiseerd worden door een nieuwe vijver van 1000 m² ter hoogte van de pinguïnverblijven in het noordwesten van het park (zie onderstaande figuur) en een vijver van 770 m². Uitgaande van een maximaal toelaatbare peilstijging van 0,97 m die ook voor de andere vijvers geldt, zou dit een volume betekenen van:

$$(1000 + 770) * 0,97 = 1700 \text{ m}^3$$



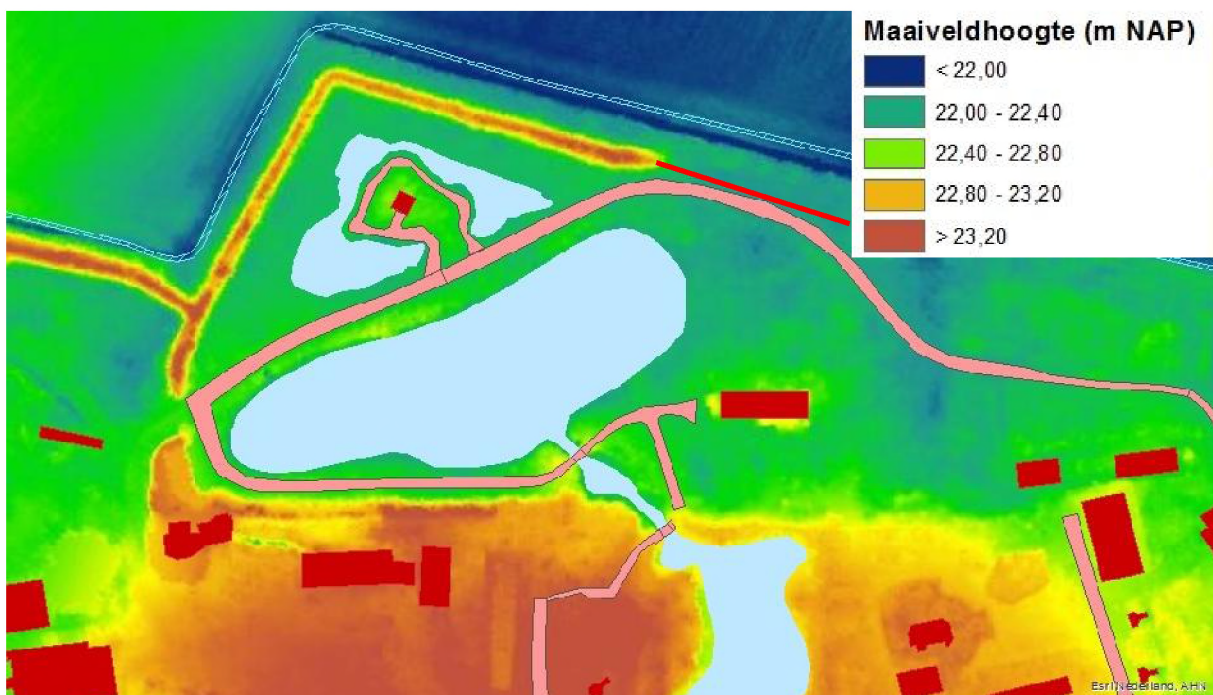
Locatie van de geplande vijvers.

De overige 200 m³ kan dan gerealiseerd worden door de vijver bij de bedrijfswoning groter uit te voeren dan hiervoor geadviseerd en toch aan te sluiten op de bestaande vijvers. Tevens dient de waking van deze vijver minimaal 30 cm vergroot te worden (bij voorkeur 40 cm i.v.m. 10 cm extra waking bij hoge waterstanden), zodat deze gelijk is aan die van de overige vijvers en optimaal gebruik gemaakt kan worden van de berging. Het benodigde oppervlak van deze vijver wordt dan, uitgaande van een waking van 0,97 m:

$$(372 + 200) / 0,97 = 600 \text{ m}^2$$

Hiermee functioneert het park als een gesloten watersysteem. De pomp die nu ongeveer eens per zes à zeven jaar in werking is, is dan overbodig. Alle vijvers dienen dan wel met elkaar in verbinding te staan. Of de vijvers via een buisstelsel en/of via een open verbinding verbonden worden, kan in een later stadium beslist worden.

Geadviseerd wordt om het maaiveld rond de vijvers voor het hele terrein op te hogen tot ongeveer 23,20 m NAP. Het systeem voldoet dan ook als de vijvers vol staan aan de door de gemeente gestelde eis van 10 cm waking. De bij de afgravingen vrijgekomen grond kan dan gebruikt worden om het maaiveld rond de vijvers op te hogen. Daarnaast kan deze grond gebruikt worden ter verlenging van de bestaande kade of voor het ophogen van het bestaande wandelpad (zie onderstaande figuur).



Maaiveldhoogte rond de vijvers. De rode lijn geeft aan waar de kade verlengd zou kunnen worden om wegstroom van het water naar de naastliggende sloot te voorkomen.

Bijlage 1: Modeluitgangspunten en -aannames

Het talud van de vijvers is 1:10. Het oppervlak van de vijvers bij peilstijging is naast het talud dan ook berekend met de onderstaande gegevens:

	Omtrek	Oppervlak
Kleine vijver	216	612
Grote vijver	251	2911
Vijver ringstaartmakis	220	1021
		4.544

De vijvers zijn onder water dicht, infiltratieweerstand 10.000 dagen.

Boven water is wel infiltratie mogelijk.

Het minimumpeil in de vijvers is 22,14 m NAP. Deze is afgeleid uit de AHN als het laagste maaiveld rond de vijvers.

De vijvers worden bijgevuld met grondwater als het peil onder het minimumpeil komt. De pompcapaciteit van deze pomp bedraagt 10 m³/u.

Het wandelpad tussen de grote en kleine vijver mag overstromen.

De afvoeromp zal aangaan als het park over dreigt te lopen, bij een waterstand van 23,11 m NAP.

De verdeling van het oppervlak is weergegeven in de onderstaande tabel.

Totaal	30097 m2	
Verhard weg	1626 m2	5 %
Verhard pand	3543 m2	12 %
Open water	1021 m2	3 %
Onverhard	23907 m2	79 %

De gebouwen zijn in de onverharde Sobek-knoop geclassificeerd als kas, de rest van het oppervlak als loofbos (foliage forest).

De bodem in het park bestaat uit vorstvaaggrond, Zb23. Deze is niet in Sobek aanwezig en daarom gemodelleerd als Beekeerd.

Berging op maaiveld is niet mogelijk.

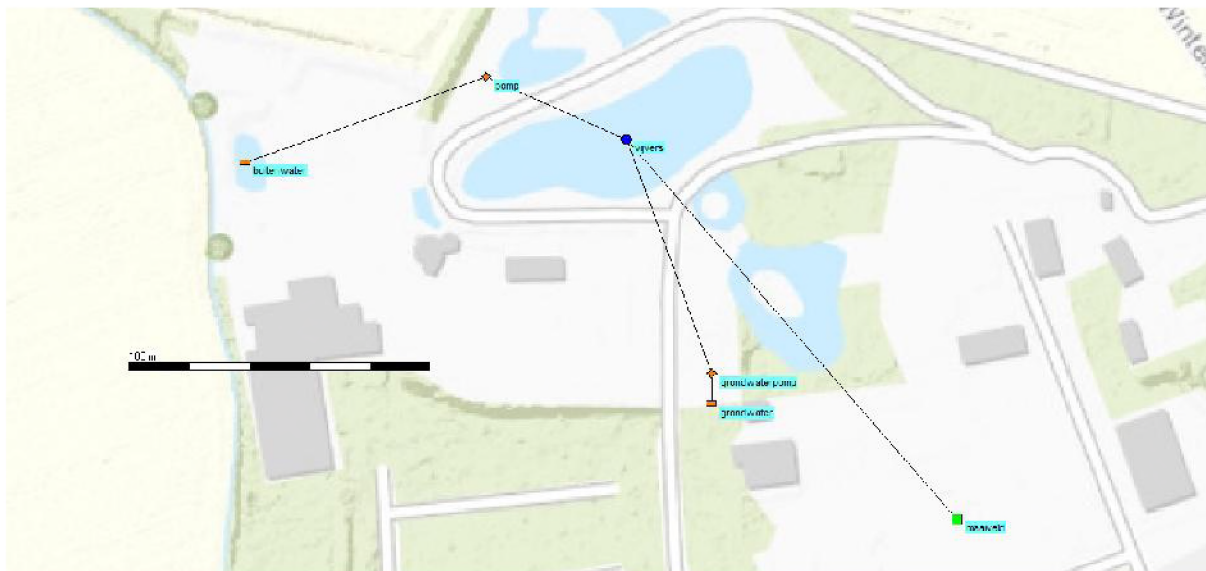
De infiltratie van neerslag in de bodem is 16 mm/u. Deze is bepaald als een gewogen gemiddelde van 20 mm/u voor het onverharde deel (80%) en 0 mm/u voor het verharde deel (17%).

De drainageweerstand van de bodem is aangenomen op 300 dagen. Dit is ongeveer de afstand tussen de drainagemiddelen (vuistregel uit Hatsi-kD, Stromingen 1996-4).

De drainage- en intrekweerstand zijn gelijk aan elkaar. Deze aanname is gedaan o.b.v. de constatering dat de intrek snel verloopt.

In het gebied is een wegzijging van ongeveer 1 mm/d. Deze is gedaan op basis van de resultaten van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium en na afstemming met geohydroloog Harry Boukes (voorheen werkzaam bij Brabant Water).

Bijlage 2: Overzicht Sobek-RR-model



Screenshot Sobek-RR-model

Run datum (DD-MM-YY) and time: 22- 9-2017 18:33

Summary of common data

=====

Case name

Number of nodes	6	3.36 ha
Number of links	5	
Number of paved areas	0	0.00 ha
Number of unpaved areas	1	2.91 ha
Number of greenhouse-areas	0	0.00 ha
with basins	0.00 ha	
Number of open water nodes	1	0.45 ha
Number of structures	2	
Number of boundaries	2	
Number of NWRW nodes	0	0.00 ha
Number of Sacramento nodes	0	0.00 ha
Number of RR Runoff nodes	0	0.00 ha
Number of Cells	0	0.00 ha

Number of events	1
Timestepsize (s)	300

Summary input data unpaved area

Node identification	Node	Surface	Surf.Level	max.storage	Drainage	Infiltration	Alfa-factors
Storagecoefficient							

name	on land	depth	velocity	land soil	(based on ref.level)
(ha)	(m NAP)	(mm)	(m NAP)	(mm/hour)	(1/day) (mm)
maaiveld	2.908	23.11	0.00	22.14	16.00 0.00 0.00 0.0500

Summary input data open water

Node identification surfaces	Node name	Maximum level	Reference level	Target levels	6 levels	6
		level	level	in m NAP	in hectare	
vijvers		23.11	0.00	Table	22.14 22.24 22.34 22.44 22.54 22.64	
0.454	0.523	0.592	0.660	0.729	0.798	

Summary input data structures

Node identification	Node name	Type structure	Parameters (max. 18)
pomp		Pumpstation	0.000 0.000 0.000 0.000 0.003 0.000 0.000
			0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
			0.000 0.000
grondwaterpomp		Inlet pumpstation	0.000 0.000 0.000 0.000 0.003 0.000
			0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
			0.000 0.000

Summary input data boundaries

Node identification	Node name	Init.level (m NAP)	variable (1=yes)	serie number
buitenwater		0.500	0	0
grondwater		0.500	0	0

Bijlage 3: Overzicht modelrun

Information about Simulation

=====

SOBEKVersion : Sobek Advanced Version 2.15.003
Case Name : Zoo Veldhoven, Eindhoven 1984-2017, wegzijging 1 mm/d, aangepaste drooglegging

Simulation Mode : Run RR (Rainfall-Runoff) module stand-alone

Start : 22-september-2017 18:33:17
End : 22-september-2017 18:57:19

Rainfall-Runoff Module used : Yes
Channel Module used : No
Sewer Module used : No
River Module used : No
1D Morphology Module used : No
1D2D Module used : No
Real Time Control Module used : No
Water Quality Module used : No
Emission Module used : No
Ground Water Module used : No
Simulation parallel : No
Flow modules unsteady : Yes
2D Water Quality Module used : No
Delft3D Flow used : No
Delft3D WAQ used : No

Network imported or started : FromScratch
Network imported at : 15-9-2017 15:43:27

Overview of Rainfall Runoff Module

=====

Results 3B calculation

Rainfall file : \SOBEK215\FIXED\EHV.BUI
Evaporation file : \SOBEK215\FIXED\EHV.EVP
Crop factor file : \Sobek215\fixed\3B\cropfact
Storage coefficient file : \Sobek215\fixed\3B\bergcoef
Crop factor file open water : \Sobek215\fixed\3B\crop_ow.prn
Timestep size (s) : 300
Simulated period (hours) : 291241.00 for number of Events= 1

Summary results Sobek-RR Rural model

Total area (ha) : 3.36

Total rainfall (m3) : 1009109.16
Total evaporation unpaved area (m3): 525315.29
Total evaporation open water (m3) : 133809.73
Net seepage unpaved area (m3) : -352838.49
Net seepage open water (m3) : -136009.05
Storage change unpaved area (m3) : -2003.38
Storage change open water (m3) : -21.32
Total outflow at boundaries (m3) : 10058.11
Total inflow at boundaries (m3) : 146773.72
Balance error (m3) : -123.13 (-0.0185% of inflow;-0.0184% of outflow)
Maximum balance error in simulation: 123.20

Initial conditions

=====

Rainfall Runoff Module : user defined

Version Information of Modules

=====

Vervang : 22-10-2013 15:50:12, Version: 4.05.012
Caseman : 22-10-2013 15:50:12, Version: 4.07.03
CmUtil : 22-10-2013 15:50:12, Version: 4.07.03
CmUpdate : 22-10-2013 15:50:12, Version: 4.07.03
Sobek_3B (RR) : 7-1-2016 17:09:36, Version: 3.214.21.43860
Parsen : 13-11-2015 14:12:44, Version: 2.06.062.43061
Parsen2D : 17-6-2016 9:53:22, Version: 1.03.001.45686
Flow (Delftflow) (Details Below) : 3-8-2016 15:18:08, Version: 1.01.00.46968
RTC : 17-6-2016 11:35:10, Version: 3.214.005.41603
EM : 22-10-2013 15:50:12, Version: 1.00.0001
WQInt : 13-4-2016 11:57:20, Version: 2.03.08
Delwaq1 : 15-6-2016 13:31:28, Version: 5.05.00.6201
Delwaq2 : 15-6-2016 13:31:28, Version: 5.05.00.6201
Waterbal : 22-10-2013 15:50:12, Version: 2.00.04
Simulate : 20-1-2016 15:39:18, Version: 2.13.0023

Detailed Information about Flow (DelftFlow):

=====

Intel Fortran RTL Message Catalog V15.0-103 March 03 2015
Deltares, DELFTIO Version 1.09.00.6403, Aug 03 2016, 15:15:02
Deltares, DELTARES_COMMON Version 1.00.00.6403, Aug 03 2016, 15:14:51
Deltares, Authorisation module, Version 5.05.00.275, Jan 20 2016, 14:19:54
FlexNet Licensing v11.12.0.0 build 136775 (ipv6) i86_n3 (lmgr.lib), Copyright (c) 1988-2013 Flexera Software LLC. All Rights Reserved.
Deltares, DELFTFLOW Version 1.01.00.46968, Aug 3 2016, 15:14:47
Deltares, SOBEKSIM Version 4.08.035.46968, Aug 3 2016, 15:14:45
Deltares, NEFIS Version 5.08.02.5573 (Win32), Nov 8 2015, 22:29:41
Deltares, WL_OPENMI_SUPPORT Version 1.00.00.46968, Aug 3 2016, 15:14:45
Deltares, GW_SOBEK Version 0.08.00.46968, Aug 3 2016, 15:14:45

SOBEKVersion = Sobek Advanced Version 2.15.003

Case Name = Zoo Veldhoven, Eindhoven 1984-2017, wegzijging 1 mm/d, aangepaste drooglegging

Bijlage 4: Overzicht modelresultaten

Event nr	Start year-mon-day	Node identification name	Node name	Max_level [m]	Max_accepted [m]	Exceedance [hour]
----------	--------------------	--------------------------	-----------	---------------	------------------	-------------------

=====

=====

N.B. Output only as max. accepted waterlevel is exceeded

=====

=====

1	1984 Jul 1	vijvers		23.119	23.110	165
---	------------	---------	--	--------	--------	-----

Event nr	Start year-mon-day	Node identification name	Node name	Maximum_flow [m3/s]
----------	--------------------	--------------------------	-----------	---------------------

=====

1	1984 Jul 1	pomp		0.003
1	1984 Jul 1	grondwaterpomp		0.003

Event Acceptable	Start gw	Node identification	Node	Groundwaterlevel	Surf_runoff	Disch_soil	Rainfall
nr	year-mon-day	name	name	[m]NAP	[m3/s]	[m3/s]	NAP

=====

=====

1	1984 Jul 1	maaiveld		23.109	0.010	0.001	0.268	1.500	0
---	------------	----------	--	--------	-------	-------	-------	-------	---

251271.582