

**Tebodin B.V.**

Drienerstate, P.C. Hoofllaan 56 • 7552 HG Hengelo

Postbus 233 • 7550 AE Hengelo

Telefoon 074 249 64 96 • Fax 074 242 57 12

hengelo@tebodin.nl • www.tebodin.com

Opdrachtgever: **Stichting Paleis Het Loo Nationaal Museum**

Project: **Geohydrologisch onderzoek grondwateronttrekking  
Paleis Het Loo**

Ordernummer: 35925

Documentnummer: 3415001

Revisie: B

Auteur: P.J. Smit; A.F.M. Slot

Telefoon: 074 - 249 64 09

Telefax: 074 - 249 62 15

E-mail: p.smit@tebodin.nl

a.slot@aquaries.nl

Datum: 17 juli 2006

**Geohydrologisch onderzoek  
grondwateronttrekking Paleis Het Loo  
te Apeldoorn**

**Tebodin B.V.**

Ordernummer: 35925

Documentnummer: 3415001

Revisie: B

Datum: 17 juli 2006

Pagina: 2 van 28

B	17-07-2006	Geohydrologisch onderzoek grondwateronttrekking Paleis Het Loo te Apeldoorn	drs. P.J. Smit (Tebodin) ir. A.F.M. Slot (Aqu'Aries Advies)	F. Groot-Zevert
Wijz.	Datum	Omschrijving	Opstellers	Gecontroleerd

© Copyright Tebodin

*Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.*

	<b>Inhoudsopgave</b>	<b>Pagina</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Achtergrondinformatie</b>	<b>7</b>
2.1	Algemeen	7
2.2	Milieubeleid	7
2.3	Watergebruik	8
2.4	Waterbehandelingsinstallaties	9
2.5	Schoonmaken fonteinen	9
2.6	Vullen en leegmaken van de fonteininstallaties	9
2.7	Onttrokken hoeveelheden grondwater	10
<b>3</b>	<b>Waterbesparingsplan</b>	<b>11</b>
3.1	Gebruik drainagewater, hemelwater en oppervlaktewater	11
3.2	Waterkwaliteit	12
3.3	Uitgevoerde waterbesparende maatregelen	12
3.4	Onderzochte waterbesparende maatregelen	13
3.5	Aanvullende waterbesparende maatregelen	14
<b>4</b>	<b>Bodemopbouw en geohydrologie</b>	<b>15</b>
4.1	Ligging	15
4.2	Geohydrologie	15
4.2.1	Regionale situatie	15
4.2.2	Locale situatie	16
4.2.3	Grondwater	17
4.3	Bodemkarakteristieken	18
4.3.1	Algemene informatie	18
4.3.2	Bodemparemeters	18
<b>5</b>	<b>Effecten (Modelberekeningen)</b>	<b>20</b>
5.1	Modelopzet	20
5.1.1	Schematisering	20
5.1.2	Randvoorwaarden	21
5.1.3	Onttrekkingsdebieten	21
5.2	Modelresultaten	22
5.2.1	Stationaire berekeningen	22
5.2.2	Tijdsafhankelijke berekeningen	22
5.3	Gevolgen voor de omgeving	22
5.3.1	Natuur, groen en agrarische waarden	23
5.3.2	Historische en archeologische waarden	23
5.3.3	Bodem- en grondwaterverontreinigingen	23
5.3.4	Maaiveldaling en zettingen	24
5.3.5	Onttrekkingen van derden	24

<b>6</b>	<b>Monitoring</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>26</b>
	<b>Referenties</b>	<b>28</b>

<b>Bijlagen</b>		<b>Revisie</b>	<b>Datum</b>
1	Ligging onderzoekslocatie en monitoringspeilbuizen (Vitens)	0	juni 2006
2	Kadastrale kaart met ligging onttrekkingsput	0	juni 2006
3	Waterbalans Paleis het Loo (2005)	0	juni 2006
4	Overzicht bronwatersuppletie Paleis Het Loo Nationaal Museum	A	juli 2006
5	Grondwaterstanden TNO-NITG	0	juni 2006
6	Grondwaterstandverlagingen gemiddelde jaaronttrekking	0	juni 2006
7	Grondwaterstandverlagingen maximale kwartaalonttrekking	0	juni 2006

## 1 Inleiding

In opdracht van Stichting Paleis Het Loo Nationaal Museum is door Tebodin Consultants & Engineers<sup>1</sup> een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd naar de effecten van permanente grondwateronttrekking op de locatie Paleis Het Loo te Apeldoorn. De ligging van de onderzoekslocatie is opgenomen in bijlage I.

Paleis Het Loo onttrekt al geruime tijd grondwater ten behoeve van de Formele tuin en de watervoorziening van historische fonteinen.

Op grond de Grondwaterverordening Gelderland 1997 is Paleis Het Loo tot op heden vrijgesteld van de vergunningplicht in het kader van de Grondwaterwet. In verband met de wijzigingen van deze provinciale Grondwaterverordening (beoogde inwerkingstredingdatum 1 september 2006) valt de grondwateronttrekking van Paleis Het Loo wel onder de vergunningplicht. De belangrijkste relevante wijziging betreft; 'Permanente onttekkings (drink- en industriewater) zijn voortaan vergunningplichtig, indien de pompcapaciteit meer dan 10 m<sup>3</sup> per uur bedraagt'.

De permanente grondwateronttrekking van Paleis Het Loo valt onder vergunningplicht, aangezien de pompcapaciteit voor de grondwateronttrekking 25 m<sup>3</sup> per uur bedraagt.

Daarnaast is geconstateerd dat in het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> kwartaal van de afgelopen jaren veelal meer dan 12.000 m<sup>3</sup> grondwater is onttrokken. Vergunning van Gedeputeerde Staten is nodig, indien er in enig kwartaal meer dan 12.000 m<sup>3</sup> grondwater wordt onttrokken (grondwaterverordening Gelderland 1997, artikel 6).

Het doel van het geohydrologisch onderzoek is om de effecten van de permanente grondwateronttrekking te onderbouwen. Daarnaast is een uiteenzetting van het watergebruik, waterbeheer en de waterbesparende maatregelen beschreven.

De onderhavige rapportage betreft het begeleidende document, nodig bij de aanvraag van de onttekkingsvergunning.

De provincie Gelderland heeft eerder beleid ontwikkeld en vastgelegd in het Waterhuishoudingsplan (1996-2000) om verdroging te bestrijden. In dit kader is in 1998 het project "Vermindering grondwateronttrekking Veluwe" gestart. Paleis Het Loo te Apeldoorn is een van de deelnemers in het hiervoor genoemde project, vallend onder het cluster "Apeldoorn". In dit kader zijn voor de locatie in 1999 door Tebodin een statusrapport en een plan van aanpak opgesteld (referentie 1 en 2) naar de mogelijkheden voor waterbesparende maatregelen.

In het 2e Waterhuishoudingsplan (2000-2004) waren voor de Veluwe, Oost-Gelderland en Rivierengebied regionale onttekkingsplafonds opgenomen voor de drinkwatervoorziening en voor de industrie. Deze plafonds hebben geleid tot een netto-reductie van de onttekkings en een betere verdeling over Gelderland.

In het 3<sup>e</sup> Waterhuishoudingsplan (2005-2009) worden niet langer de regionale plafonds gehanteerd, maar wordt een volgende optimalisatieslag gemaakt via de zogenaamde optimaliseringsgebieden. Hiermee wordt tevens invulling gegeven aan de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn.

---

<sup>1</sup> Tebodin Consultants & Engineers voert al haar werkzaamheden uit volgens het Tebodin kwaliteitssysteem (TQS), hetgeen is gebaseerd op NEN-EN-ISO 9001:2000 en gecertificeerd door Lloyds Register Quality Assurance. In het kader van safety management beschikt Tebodin tevens over een VCA\*\* -certificaat (met branchegerichte toelating railinfra).

**Tebodin B.V.**

Ordernummer: 35925

Documentnummer: 3415001

Revisie: B

Datum: 17 juli 2006

Pagina: 6 van 28

De optimaliseringsgebieden zijn bepaald op basis van een grondwaterbalansanalyse gecombineerd met de in de gebieden gelegen natte natuurfuncties. Er zijn twee optimaliseringsgebieden; 'Oost- en Zuid-Veluwe' en 'de Graafschap'. Dit zijn de gebieden die extra gevoelig zijn voor grondwateronttrekkingen. Grondwateronttrekkingen in deze gebieden kunnen enerzijds natuurfuncties schaden en anderzijds grondwateroverlast beperken. Door de klimaatsverandering kan de grondwaterstand midden op de Veluwe de komende decennia met enkele meters stijgen. Een toename van grondwateroverlast in de stedelijke gebieden aan de randen van de Veluwe is daarom te verwachten. In de optimaliseringsgebieden geldt bovenop het beleid ingevolge de functies het volgende beleid:

- Voor drinkwatervoorziening: netto minder onttrekking en/of verschuiving van onttrekkingen naar andere locaties die minder/geen schade aan natuurfuncties veroorzaken (eventueel ook buiten het optimaliseringsgebied) of naar locaties waar grondwateroverlast kan worden beperkt. Netto toename van onttrekkingshoeveelheden wordt niet toegestaan.
- Voor industrie: uitbreiding van onttrekkingen en nieuwe onttrekkingen moeten voldoen aan een strengere eis dan in de andere gebieden van Gelderland (bijvoorbeeld ook technieken toepassen die een langere terugverdiensijd hebben). Tevens wordt bezien of mitigerende maatregelen mogelijk zijn. Voor nieuwe onttrekkingen wordt bekeken of via een goede locatiekeuze tevens kan worden bijgedragen aan de bestrijding van grondwateroverlast.

## 2 Achtergrondinformatie

### 2.1 Algemeen

Het Paleis Het Loo Nationaal Museum ontvangt jaarlijks circa 250.000 bezoekers. Het gehele complex wordt gehuurd door de Stichting Paleis Het Loo Nationaal Museum van de staat der Domeinen met als onderhoudsverantwoordelijke de Rijksgebouwendienst District Oost, gevestigd te Arnhem.

Van 1977-1984 is Paleis Het Loo ingrijpend gerenoveerd waarbij het paleis en de bijbehorende Franse tuin grotendeels in hun oorspronkelijke staat zijn teruggebracht. In de tuinen bevinden zich verscheidene fontein. Deze fontein worden gevoed door aanvoer van water vanuit de reinwaterkelder. De reinwaterkelder wordt voorzien van water afkomstig uit de retourwaterkelder en tekorten worden aangevuld met grondwater. Bij het opstarten van de fonteinpompen blijkt dat meer water vanuit de reinwaterkelder wordt afgevoerd dan via de retourwaterkelder wordt aangevoerd, waardoor het waterniveau in zowel de reinwaterkelder als de retourwaterkelder daalt. Voor het herstellen van het waterniveau in beide waterkelders wordt dagelijks grondwater onttrokken en na ontijzing en zandfiltratie geleid naar de reinwaterkelder. Ook voor beregening van de tuinen wordt water vanuit de reinwaterkelder gebruikt. Het totale watertekort is gelijk aan de totale hoeveelheid onttrokken grondwater en wordt middels een geijkte debietmeter gemeten. De hoeveelheid beregeningswater wordt vooraf ingesteld met behulp van een beregeningsprogramma met flowmeter. De waterverliezen die bij de verschillende onderdelen van de fonteininstallaties plaatsvinden zijn afgeleid (zie paragraaf 2.3).

**Tabel 1 belangrijkste kentallen voor Paleis Het Loo (2005)**

Omschrijving	Eenheid	Waarde
Aantal fontein/waterwerken	-	19
Oppervlak formele tuin	ha	6,5
Grondwateronttrekking	m <sup>3</sup> /jaar	33.733
Geopend	-	het gehele jaar,
Openingstijden	-	10.00 - 17.00 uur
Fontein in werking	-	1 april tot en met 1 november
Dagelijkse werking	-	van 11.00 – 16.30 uur
Draaiuren fontein (jaarlijks)	uur	± 900

Paleis Het Loo wordt omgeven door de Koninklijke Houtvesterijen. Enkele sprengen hiervan worden bij normale grondwaterstanden kunstmatig gevoed met grondwater. Deze sprengen hebben hun natuurlijke wateraanvoerfunctie verloren in verband met onttrekking van grondwater, in de nabijheid, door het waterleidingbedrijf (Vitens).

### 2.2 Milieubeleid

In 1994 is er een intern milieuzorgplan geschreven voor en door Paleis Het Loo Nationaal Museum (Interne Milieuzorg Paleis Het Loo Nationaal Museum). In dit plan is geen relatie gelegd met het verminderen van de grondwateronttrekking.

## 2.3 Watergebruik

Paleis Het Loo Nationaal Museum maakt gebruik van grondwater voor beregening van de tuinen en als water voor de fontein. Het grondwater wordt opgepompt op een diepte van 13-31 meters minus maaiveld (m –MV).

De ligging van de ontrekkingsput is weergegeven op de kadastrale kaart van bijlage 2.

Het grondwater wordt gebruikt voor suppletie van de reinwaterkelder. Vanuit deze kelder wordt water opgepompt richting de tuinen en de fontein van Paleis Het Loo, waar het wordt gebruikt voor beregening en als fonteinwater. Het fonteinwater wordt weer teruggeleid naar de retourwaterkelder. Van daar wordt het water opgepompt naar de reinwaterkelder vanwaar het weer richting tuin en fontein gaat.

De retourwaterkelder is voorzien van een overstort naar de hemelwaterkelder. Overstort van overtollig water uit het systeem vindt alleen incidenteel plaats bij hevige regenval, waarbij regenwater in de fontein en vijvers terecht komt. **De hoeveelheid overstort van overtollig water uit het systeem wordt niet gemeten.** Het overtollige water in de hemelwaterkelder wordt verpompt naar de molenbeek, die vervolgens uitmond in de Grift.

Bij het gebruik van de fonteininstallaties en het terugvoeren van het water via de bassins, dwarskanalen en goten en leidingen naar de retourwaterkelder treden waterverliezen op. Deze verliezen komen voort uit:

- lekkage bassins/dwarskanalen/goten en leidingen;
- verdamping van water;
- verwaaiing van water en spatverliezen;
- spoelen van de waterbehandelingsinstallatie (zie paragraaf 2.4);
- schoonmaken van fontein (zie paragraaf 2.5);
- het vullen en legen van de fontein (zie paragraaf 2.6).

Om deze waterverliezen te compenseren wordt grondwater onttrokken.

Om enigszins een inzicht te krijgen in de grootte van de lekkageverliezen zijn in het verleden de verliezen als gevolg van verdamping en verwaaiing van water en spatverliezen als volgt ingeschat:

- gemiddelde openwaterverdamping (PENMAN) in 1986 595 mm. Bij een totale ingeschatte wateroppervlakte van 1100 m<sup>2</sup> betekent dit een verlies van circa 654,5 m<sup>3</sup> per jaar (2 % van de gemiddeld onttrokken grondwaterhoeveelheden);
- verwaaiing en spatverliezen: per week circa 27 m<sup>3</sup>. Op jaarbasis (uitgaande van een werking van de fontein gedurende een half jaar) 702 m<sup>3</sup> (2,1 % van de gemiddeld onttrokken grondwaterhoeveelheden);

Uit de waterbalansberekening (zie bijlage 3) volgt dat een groot deel van het onttrokken grondwater, d.w.z. circa 3.800 m<sup>3</sup> (circa 11,2 % op jaarbasis), wordt gebruikt om de lekkageverliezen bij de fontein en leidingwerk te compenseren. Het totale lekkageverlies is berekend als het verschil tussen het gemeten jaargebruik van het onttrokken grondwater en de som van de overige verliezen, die zo nauwkeurig mogelijk zijn vastgesteld. Met name in de Venusfontein heeft tot 2005 veel lekkage plaats gevonden.

Het vanuit de fontein geïnfiltreerde water komt deels ten goede aan het grondwater (en compenseert daarmee gedeeltelijk de winning als de ondergrond als 1 watervoerend pakket wordt beschouwd).

Deels zal dit water worden opgevangen door de (ondiepe) drainage die onder de tuinen ligt. Dit drainagewater wordt via de hemelwaterkelder afgevoerd naar de Molenbeek en Koningsbeek en vandaar naar de Grift.

Op de hemelwaterkelder is tevens de hemelwaterafvoer aangesloten. In de oprijlaan vanaf de Koninklijke Stallen zijn infiltratievoorzieningen aangebracht om een deel van het hemelwater niet te laten afstromen naar de hemelwaterkelder maar te laten infiltreren in de bodem.



## 2.4 Waterbehandelingsinstallaties

Stroom	Techniek	Behandeld water	Debiet
bron	ontijzering	grondwater	circa 54,5 m <sup>3</sup> /keer
reinwaterkelder	zandfilter	grondwater en retourwater	circa 53,5 m <sup>3</sup> /keer

Het aantal keren spoelen (regenereren) wordt geregistreerd. De ontijzeringsinstallatie wordt per jaar circa 25 à 32 maal doorspoeld, afhankelijk van de hoeveelheid grondwater dat wordt onttrokken. Het grondwaterverbruik komt hiermee op gemiddeld 1.580 m<sup>3</sup> per jaar. Jaarlijks wordt het zandfilter circa 42 à 50 keer maal doorspoeld. Het grondwaterverbruik bedraagt op jaarbasis circa 2.460 m<sup>3</sup>.

De verliezen door het spoelen van de ontijzerings- en de zandfiltratie komen hiermee op circa 4.000 m<sup>3</sup> per jaar (11,7 % van de gemiddeld onttrokken grondwaterhoeveelheden).

## 2.5 Schoonmaken fonteinen

De fonteinbassins, goten en cascadebakken moeten in het openingsseizoen iedere twee weken schoongemaakt worden. Dat brengt met zich mee dat ze droog gezet moeten worden. Het leegloopwater wordt in eerste instantie afgevoerd naar de retourwaterkelder. Nadat het retourwaterkelder en reinwaterkelder vol zitten wordt het resterende leegloopwater afgevoerd naar de hemelwaterkelder. Bij een warme periode, wanneer meer water wordt gebruikt voor beregening, wordt het leegloopwater alleen afgevoerd naar de retourwaterkelder, waar in dat geval voldoende buffercapaciteit beschikbaar is.

Het vrijkomende troebele water op de fonteinbodem wordt direct afgevoerd naar de hemelwaterkelder.

De schoonmaakwerkzaamheden aan het fonteinsysteem vinden circa 16 keer per seizoen plaats, waarbij per keer circa 200 m<sup>3</sup> leegloopwater naar de hemelwaterkelder wordt afgevoerd. De waterverliezen door schoonmaakwerkzaamheden komen hiermee op circa 3.200 m<sup>3</sup> per seizoen.

In het 1<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> kwartaal vinden eveneens werkzaamheden aan fonteinen en vijvers plaats (schoonmaak en onderhoud) waarbij circa 300 m<sup>3</sup> water wordt gebruikt.

De verliezen bij het droogmaken van de fonteinen voor schoonmaak werkzaamheden komen hiermee op circa 3.500 m<sup>3</sup> per seizoen van 1 april t/m 1 november gebruikt (10,3 % van de gemiddeld onttrokken grondwaterhoeveelheden).

## 2.6 Vullen en leegmaken van de fonteininstallaties

Aan het begin van het seizoen worden de droogstaande fonteininstallaties opnieuw gevuld met water uit de reinwaterkelder. Voor het vullen en inregelen van de fonteininstallaties wordt in het 1<sup>e</sup> kwartaal een hoeveelheid grondwater onttrokken van circa 2.000 m<sup>3</sup> (5,9 % van de gemiddeld onttrokken grondwaterhoeveelheden).

Aan het einde van het seizoen worden nagenoeg alle fonteininstallaties droog gezet wordt deze hoeveelheid water weer afgevoerd naar de hemelwaterkelder.

De Koningsvijver (de grootste vijver met vissen), het dwarskanaal, de retourwaterkelder en de reinwaterkelder worden alleen aan het begin en einde van het openingsseizoen schoongemaakt.

De fontein 'Dolfijnsprong' op het voorplein blijft ook buiten het seizoen zo lang mogelijk in werking.

Bij het schoonmaken en bij strenge vorst worden de vissen in de Koningsvijver tijdelijk in de reinwaterkelder gezet.

**Tebodin B.V.**

Ordernummer: 35925

Documentnummer: 3415001

Revisie: B

Datum: 17 juli 2006

Pagina: 10 van 28

In het geval onderhoudswerkzaamheden plaatsvinden aan de fontein, het dwarskanaal of goten worden deze wederom droog gezet. De verwerking van het leegloopwater is hetzelfde als tijdens het tijdens de schoonmaakwerkzaamheden (zie paragraaf 2.5).

De Schelpengrot betreft een fontein in het museum, dat gevoed wordt met water uit de reinwaterkelder. Het retourwater blijkt veelal van mindere kwaliteit te zijn stroomt vandaar naar de hemelwaterkelder (zie bijlage 3). De capaciteit van de sproeiers in de Schelpengrot bedraagt 0,7 m/uur. Bij circa 1440 draaiuren per jaar (206 dagen van 7 uur) komt het waterverlies bij de Schelpengrot op circa 1.000 m<sup>3</sup> per jaar (2,9 % van de gemiddeld onttrokken grondwaterhoeveelheden).

## **2.7 Onttrokken hoeveelheden grondwater**

In bijlage 4 is een overzicht gegeven van de hoeveelheden onttrokken grondwater per kwartaal vanaf 1991 (opgave Paleis Het Loo).

Het onttrekkingsdebiet bedraagt na het jaar 2000 gemiddeld 34.000 m<sup>3</sup> per jaar en ligt daarmee beduidend lager dan in de periode 1992-2000, waarin jaarlijks tussen de 43.000 en 63.000 m<sup>3</sup> werd onttrokken.

Uit het kwartaalgebruik blijkt dat het overgrote gedeelte van het water wordt onttrokken in de maanden april t/m september. Het kwartaalgebruik in het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> kwartaal ligt vanaf 2000 circa 680 m<sup>3</sup> tot 5.756 m<sup>3</sup> hoger dan de vergunninggrens van 12.000 m<sup>3</sup>. Een uitzondering betreft het 3<sup>e</sup> kwartaal van 2003 waarin 8.121 m<sup>3</sup> boven de vergunninggrens werd onttrokken en deels valt te verklaren door de zeer warme zomer.

### 3 Waterbesparingsplan

In 1999 is door Tebodin een plan van aanpak (referentie 2) opgesteld over de haalbaarheid van waterbesparende maatregelen. In het plan zijn destijds de volgende maatregelen voorgesteld:

1. gebruik drainage- en hemelwater;
2. verminderen lekkageverliezen via dwarskanalen en fonteinbodems;
3. overstort van oppervlaktewater afkomstig uit het Paleispark (sprengen en veldvijvers) brengen naar retourwaterkelder;

Voor iedere maatregel zijn destijds de technische en economische haalbaarheid en de milieueffecten onderzocht.

#### 3.1 Gebruik drainagewater, hemelwater en oppervlaktewater

Vooralsnog is afgezien van het gebruik van hemelwater en oppervlaktewater (optie 1 en 3), aangezien de kwaliteit van het hemelwater, het sprengenwater en het water in de veldvijvers niet gegarandeerd kan worden. Door de waterbesparende maatregelen bij Koninklijke Houtvesterij Het Loo is het niveau van het oppervlaktewater in de sprengen en de veldvijvers bovendien verlaagd en is er nauwelijks meer sprake van overstort. Het aftappen van het sprengenwater ten noorden van het park is evenmin een optie aangezien:

- Het sprengenwater kunstmatig wordt gevoed door onttrokken grondwater 800 meter ten noordwesten van het park en derhalve geen besparing oplevert in het onttrekken van grondwater;
- De capaciteit van het sprengenwater in de zomermaanden onvoldoende is **en de sprengen in droge periodes droog staan**, wanneer de vraag naar fonteinwater het grootst is en de aanvoer niet gegarandeerd kan worden.

Hierbij wordt opgemerkt dat:

- Gebruik van relatief warm water (in de zomermaanden) verhoogt de kans op bacteriologische verontreiniging ("o.a. legionella"). Legionella besmetting kan optreden via contact met kleine waterdruppels (nevel) bij een temperatuur van meer dan 20 °C, die bij de stralen van de fontein vrijkomen. Ter voorkoming van legionella besmetting dient de temperatuur het water te allen tijde minder dan 20 °C te bedragen. Alleen het gebruik van grondwater voldoet hieraan.
- Gebruik van hemelwater en oppervlaktewater verhoogt de kans op ongewenste algengroei, die lastig (tegen hoge kosten) te verwijderen is uit het natuursteen (marmer) van de fontein en ornamenten. De frequentie van het schoonmaken van de fontein zal verhoogd moeten worden, wat weer tot een hoger waterverbruik zal leiden;
- Het hemelwater bevat hogere concentraties aan lood, door de aanwezigheid van veel loden afvoerleidingen. **Actuele kwaliteitsgegevens van het hemelwater zijn niet beschikbaar**;
- Aangevoerd is dat de hemelwaterputjes op het terrein in het verleden incidenteel zijn gebruikt voor het legen van een chemisch toilet en vrijkomend proceswater bij onderhoudswerkzaamheden;
- Het water kan geurcomponenten bevatten die ongewenst zijn;
- Niet uitgesloten kan worden dat bezoekers (met name kinderen) water kunnen drinken uit de fontein.

Voor de berekening van de Formele tuin is eveneens water van hoogwaardige kwaliteit nodig, gezien:

- De aanwezigheid van veel marmeren ornamenten in de tuin, die bij het gebruik van hemelwater aangetast raken;
- Bij droge periodes ook overdag tijdens publieksuren wordt beregend, waarbij het beregeningswater in contact komt met de bezoekers (met name kinderen).

Na het opstellen van het plan van aanpak in 1999 zijn door Paleis Het Loo de waterbesparende maatregelen (zie paragraaf 3.3) derhalve gericht op het verminderen van lekkageverliezen via dwarskanalen en fonteinbodems. Op basis van de waterbalans uit 1999 blijkt dat door lekkages in het verleden de grootste verliezen optraden.

## 3.2 Waterkwaliteit

Het onttrekken van grondwater voor beregening en voor het vullen van fonteinen op Paleis Het Loo kan worden beschouwd als hoogwaardig gebruik op basis van de volgende argumenten:

- Gebruik als drinkwater: In het park is door werknemers waargenomen dat bezoekers (zowel volwassenen als kinderen) regelmatig drinken uit de diverse fonteinen en dit niet voorkomen kan worden. Met name bij de langsgoten in de Formele tuin zijn diverse waterstralen tot een hoogte van 75 cm boven het maaiveld aanwezig, waar door kinderen regelmatig van gedronken wordt. Hierbij wordt door bezoekers ervan uitgegaan dat sprake is van drinkwater, zoals bij fonteintjes in diverse stadsparken het geval is. Water is een product van Paleis Het Loo, dat deels als drinkwater wordt gebruikt.
- Kunsthistorisch oogpunt. Doordat de bekleding van de fonteinen en ornamenten in het park uit marmer bestaat, is voor het gebruik en onderhoud water nodig met een hoogwaardige kwaliteit (zie § 3.1). Aangevoerd is dat de kwaliteit van het onttrokken grondwater op locatie hieraan voldoet, dit in tegenstelling tot het hemelwater. In de akte van oprichting Stichting Paleis het Loo (d.d. 23 juni 1994, ondertekend door voormalig minister H. D'Ancona) zijn een aantal doelstellingen voor de stichting vastgesteld zoals; 'De stichting stelt zich ten doel representatieve collecties samen te stellen, in stand te houden en te verbeteren van voorwerpen van geschiedenis en kunst, van en betreffende het Huis van Oranje-Nassau in relatie tot de Nederlanden en van de ontwikkelingsgeschiedenis van nationale en internationale decoratie stelsels'. Paleis Het Loo is van mening dat voor het in stand houden van de fonteinen en ornamenten, water van hoogwaardige kwaliteit noodzakelijk is.

Door het hoogwaardige gebruik van het water in de historische Formele tuin is de onttrekking van het grondwater vergunbaar, ondanks de ligging van Paleis het Loo in een optimaliseringsgebied.

Bij het circuleren van het water van de reinwaterkelder naar de fonteinen en weer terug, wordt het water door een tweetal zandfilters geleid in de reinwaterkelder, voor zowel de ontijzering als het filtreren van biologische verontreinigingen. Tevens vindt verversing plaats door het onttrekken van schoon grondwater. De temperatuur van het water in de fonteinen wordt wekelijks op maandag gemeten, wanneer de fonteinen stil staan. Hierbij is geconstateerd dat temperatuur van het water voor de fonteinen ook in droge warme periodes ruim onder de 20 °C blijft. Hierbij wordt opgemerkt dat in droge warme periodes meer beregeningswater vanuit de reinwaterkelder wordt gebruikt, waardoor weer meer grondwater wordt onttrokken ter aanvulling van de reinwaterkelder, waarvan de temperatuur rond de 10 °C ligt.

## 3.3 Uitgevoerde waterbesparende maatregelen

Teneinde water te besparen heeft Paleis Het Loo de volgende maatregelen genomen:

1. De dwarskanalen zijn in 2002 volledig gerenoveerd (investering ± € 1 miljoen) door de Rijksgebouwendienst. Het waterverlies via de bodem van de dwarskanalen is daardoor beëindigd. De verwachting was door deze renovatie het grondwater verbruik binnen de vergunninggrens van 12.000 m<sup>3</sup> per kwartaal zou blijven. Toen bleek dat dit niet het geval was is een nader onderzoek ingesteld. Hieruit bleek dat de bodem van de Venusfontein lekte, ondanks het feit dat de voegen in 1999 volledig zijn vernieuwd.
2. In 2002 is een controle uitgevoerd op de afvoerleidingen van de fonteinen. Hierbij zijn enkele afvoerleidingen correct aangesloten op de retourwaterkelder i.p.v. de hemelwaterkelder.

3. Sinds 2003 wordt gebruik gemaakt van een beregeningsprogramma met flowmeter. Het benodigde water voor beregening is afhankelijk van de weersomstandigheden en door Paleis het Loo nauwkeurig berekend per sector (totaal 32 stuks). De sproei installatie slaat per sector automatisch af, indien de geprogrammeerde hoeveelheid water tijdens de beregening is gebruikt. De totale hoeveelheid water voor beregening wordt wekelijks bijgehouden.
4. Voor een besparing op de beregening is de beplanting in het park aangepast, waarbij planten zijn toegepast, die beter tegen droogte bestand zijn.
5. In 2004 is een systeem geplaatst, die is gekoppeld aan een windmeter en automatisch de hoogte van de waterstralen van de fontein verlaagt bij harde wind. De waterverliezen door verwaaiing en verdamping worden zodoende automatisch beperkt. Voorheen werden de waterstralen handmatig verlaagt bij harde wind.
6. In het voorjaar van 2006 zijn door de Rijksgebouwendienst de bodems van drietal grote fontein, waaronder de Venusfontein gedicht. Dit is een complexe operatie omdat de oorspronkelijke fundamenteen nog onder de fontein aanwezig zijn en voornamelijk behouden dienen te blijven. Deze operatie levert een besparing op van  $\pm 4000 \text{ m}^3$  per kwartaal.
7. Het onderhoud van de fontein is een terugkerend proces, waarbij de voegen van fontein en de cascade bakken periodiek worden vervangen ter voorkoming van lekkages.
8. Paleis Het Loo heeft een waterverantwoordelijke aangesteld die, mede aan de hand van weerberichten, gaat trachten de beregening te minimaliseren. Noodzakelijke beregening vindt in de nacht en de vroege ochtend plaats.

De motivatie voor de genomen waterbesparende maatregelen is het behalen van een besparing op de grondwaterbelasting (€ 0,18 per  $\text{m}^3$ ) en de energiekosten (€ 0,14 per kWh) en te pogen om onder de vergunninggrens van 12.000  $\text{m}^3$  per kwartaal te blijven.

De genomen waterbesparende maatregelen hebben het waterverbruik gereduceerd van een jaargebruik van gemiddeld 50.000  $\text{m}^3$  tot het jaar 2000 tot gemiddeld 34.000  $\text{m}^3$  vanaf het jaar 2000 (reductie van 32 %). Aangezien het waterverbruik per onderdeel is afgeleid (zie paragraaf 2.3 t/m 2.6) zijn ook de reducties per onderdeel niet direct te meten.

Door het dichten van de bodems in enkele grote fontein in het voorjaar van 2006 zal het waterverbruik verder worden gereduceerd, waarbij wordt gestreefd het waterverbruik te houden onder de vergunninggrens van 12.000  $\text{m}^3$  per kwartaal. Gezien de capaciteit van de huidige pompinstallatie zal ook in dat geval een vergunning in het kader van de provinciale grondwaterverordening aangevraagd dienen te worden.

### **3.4 Onderzochte waterbesparende maatregelen**

Naast het gebruik van drainagewater, hemelwater en oppervlaktewater (zie paragraaf 3.1) zijn de mogelijkheden onderzocht voor waterbesparing tijdens het schoonmaken van de fontein.

De fonteinbassins moeten iedere twee weken schoon gemaakt worden. Dat brengt met zich mee dat ze droog gezet moeten worden. (zie paragraaf 2.5) In het verleden is een test uitgevoerd naar de mogelijkheid om de fontein middels een stofzuiger onder water schoon te maken. Hierbij bleek echter te veel vertroebeling op te treden en het troebele water veroorzaakte storingen bij kleine fontein spuiters, waardoor alsnog afgevoerd diende te worden.

### 3.5 Aanvullende waterbesparende maatregelen

Alvorens de haalbaarheid van eventueel aanvullende waterbesparende maatregelen kan worden opgesteld is het van belang beter inzicht te verkrijgen in het huidige watergebruik bij de verschillende procesonderdelen. Hiertoe zijn door Paleis het Loo reeds de volgende meetprogramma's in werking gesteld.

1. Het wekelijks bijhouden van de hoeveelheid gebruikt beregeningswater;
2. Het uitvoeren van niveaumetingen ter controle van de lekkageverliezen in de fontein en het leidingwerk. Hiertoe worden twee keer per jaar niveau metingen uitgevoerd bij de retourwaterkelder en reinwaterkelder bij het opstarten van de fonteinpompen en afzetten van de fonteinpompen. Het verschil in de niveaumeting geeft een beeld hoeveel water bijgevoerd moet worden op het gehele systeem in werking te zetten. Door de dagelijkse visuele inspecties in het park worden grote niveau verlagingen (lekkage) bij de fontein waargenomen voor het opstarten van het systeem. Bij een correct werkende fonteininstallatie zal de niveau verlaging (onder de rand van het overstortpunt van de fontein) nihil zijn (minder dan 1 à 2 cm). Bij grotere verlagingen wordt de werking van de afsluitklep van de fontein direct gecontroleerd, die geblokkeerd kan zijn met stenen, bladeren e.d. Indien na deblokkering van de afsluitkleppen nog steeds sprake is van een niveauverlaging wordt getracht de lekkage van de fontein te traceren en te verhelpen.

Op basis van de resultaten van de deze meetprogramma's worden de noodzaak en haalbaarheid van eventueel aanvullende waterbesparende maatregelen in het 4<sup>e</sup> kwartaal van 2007 vastgesteld.

Naar aanleiding van recent geplaatste zandfilter in de kelder van de Schelpengrot is onderzoek een optie of het retourwater vanuit deze kelder opnieuw in de Schelpengrot kan worden gebruikt. Het fonteinwater voor de Schelpengrot kan dan als een zelfstandig recirculatiesysteem gaan werken.

## 4 Bodemopbouw en geohydrologie

### 4.1 Ligging

Paleis Het Loo bevindt zich aan de noordzijde van Apeldoorn in het overgangsgedebied van de stuwwallen van de Oostelijke Veluwe en het IJsseldal. De maaiveldhoogte ter plaatse bedraagt circa 18,50 à 19,00 m +NAP. Naar het oosten toe neemt de maaiveldhoogte af tot circa 16 à 17 m +NAP in het stadsdeel Het Loo. In het Paleispark aan de west- en noordzijde varieert de maaiveldhoogte tussen 20 m +NAP en meer dan 25 m +NAP.

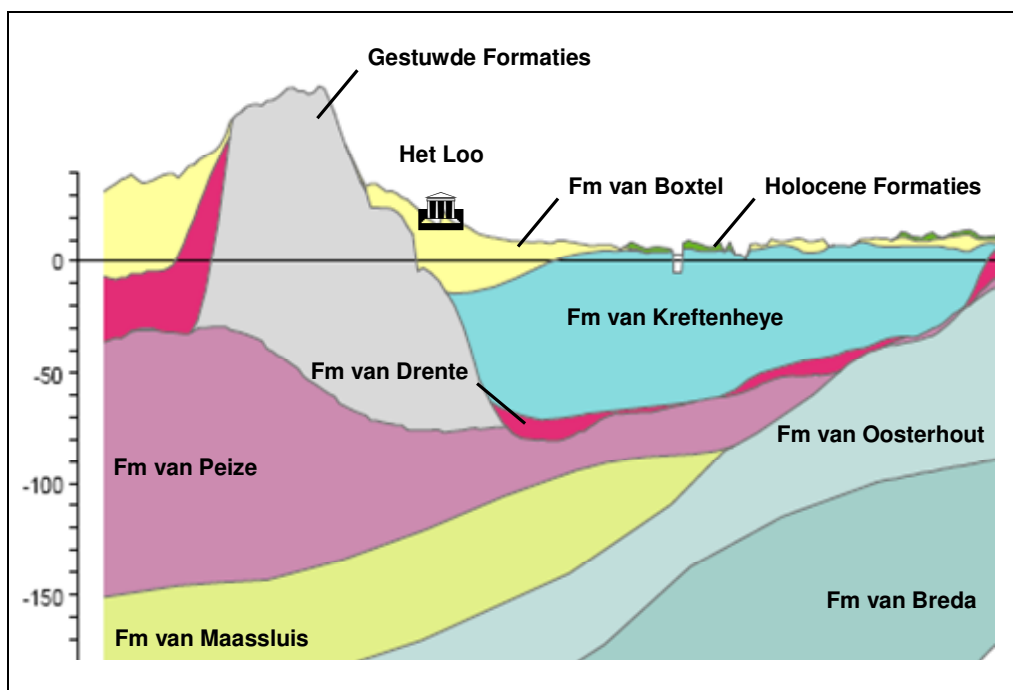
Hier bevinden zich diverse sprengen die via de Veldvijvers afvoeren op de Molenbeek en de Koningsbeek. Het gehele gebied, inclusief het terrein van Paleis Het Loo, valt binnen de EHS (Ecologische Hoofdstructuur) en heeft als natuurdoeltype overwegend arm droog bos, droge heide en leembos. Tevens valt Paleis Het Loo en het omliggende bosgebied binnen het VHR-gebied (Vogel- en Habitatrichtlijngebied) Veluwe.

### 4.2 Geohydrologie

Het grondwatersysteem in Gelderland wordt aangejaagd door de grote infiltratiegebieden op de stuwwallen en in de Achterhoek. Deze 'blauwe motoren' zijn de drijvende kracht achter de regionale grondwatersystemen. De basisafvoer van beken en de kwelafhankelijke natuur is mede van de goede werking van deze systemen afhankelijk.

#### 4.2.1 Regionale situatie

Paleis Het Loo bevindt zich in het overgangsgedebied van de stuwwallen van de Oostelijke Veluwe en het IJsseldal (zie Figuur A).



Figuur A: Schematische west-oost doorsnede (bron: TNO-NITG)

De ondergrond is hier sterk beïnvloed door het landijs dat zich tijdens de Saale-ijstijd diep ingroef op de plaats van het huidige IJsseldal en tegelijk de aanwezige afzettingen zijwaarts wegdrukte, waardoor de stuwwallen van de Oostelijke Veluwe konden ontstaan. In het volgende interglaciaal en glaciaal werden in het glaciële bekken de sedimenten afgezet van de Formaties van Drenthe, Kreftenheye en de Eemformatie. Onder droge en koude omstandigheden zijn vervolgens zanden afgezet die worden gerekend tot de Formatie van Boxtel (voorheen benoemd als Formatie van Twente).

De gestuwde afzettingen ten westen van de onderzoekslocatie reiken tot grote diepte en bestaan hoofdzakelijk uit grofzandig materiaal dat weggedrukt is in scheefgestelde lagen. In het voormalige glaciële bekken, het IJsseldal, is de ondergrond opgebouwd uit opeenvolgende goed en minder goed doorlatende afzettingen. Tot een diepte van circa 10 meter beneden maaiveld worden hier de zanden van de Formatie van Boxtel (Formatie van Twente) aangetroffen. Deze vormen een eerste watervoerend pakket. Hieronder bevindt zich een relatief dun pakket van matig tot slecht doorlatende afzettingen, die behoren tot de Eemformatie. Tot een diepte van circa 40 m –NAP worden vervolgens de goed doorlatende afzettingen van de Formatie van Kreftenheye aangetroffen, het tweede watervoerend pakket. Hieronder bevinden zich de kleiige afzettingen van de Formatie van Drenthe die het voormalige glaciële bekken grotendeels hebben opgevuld en een dikte kunnen bereiken van meer dan 90 meter.

Op de overgang van het glaciële bekken en het stuwwallengebied ontbreken de slecht doorlatende sedimenten en is er sprake van één doorgaand watervoerend pakket, bestaande uit zandige afzettingen die met toenemende diepte grover zijn ontwikkeld (Formaties van Boxtel, Kreftenheye, Urk en Sterksel).

Hieronder bevinden zich wederom goed doorlatende afzettingen, die worden gerekend tot de Formatie van Peize (voorheen benoemd als Harderwijk en Enschede). Deze afzettingen vormen het derde watervoerend pakket.

Voor de ondoorlatende basis van het geohydrologisch systeem worden in het algemeen de kleiige afzettingen van het Mioceen aangehouden.

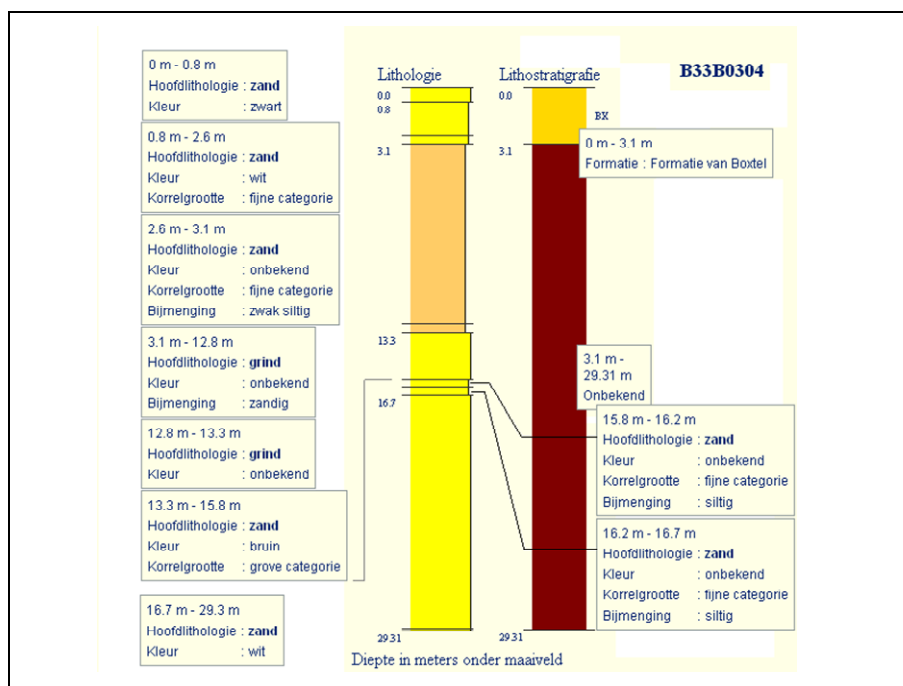
#### **4.2.2 Locale situatie**

Voor een beschrijving van de lokale bodemopbouw is gebruik gemaakt van een viertal boorbeschrijvingen van TNO-boringen, die via de Wateratlas van de Provincie Gelderland zijn opgevraagd. Boring B33-B0304 bevindt zich aan de zuidzijde van Paleis Het Loo, direct langs de Koningslaan. Tot een diepte van circa 3 meter –MV worden hier fijnzandige afzettingen aangetroffen, die worden gerekend tot de Formatie van Boxtel. Hieronder wordt tot een diepte van 13,3 m grind aangetroffen, waaronder tot de maximaal verkende diepte van 29,4 m afwisselend fijn- en grofzandige afzettingen worden geregistreerd (zie Figuur B).

Ongeveer 1 km oostelijk, in boring B33-B0320 en B33-B0217, worden tot een diepte van 10 à 15 m afwisselend matig fijne tot matige grove zanden aangetroffen (Fm van Boxtel). Hieronder bevindt zich in boring B33-B0320 grind, terwijl in boring B33-B0217 eerst een veenlaag wordt aangetroffen (van 13,5 tot 14,8 m –MV) waarna, tot de einddiepte van 40,5 m, hoofdzakelijk grof zand wordt geregistreerd, dat wordt gerekend tot de afzettingen van de Fm van Kreftenheye.

In boring B33-B0127, circa 1.700 m zuidwestelijk van de projectlocatie, bestaat de ondergrond tot een diepte van circa 47,5 m uit een afwisseling van matig grof tot uiterst grof zand, afzettingen die gerekend worden tot de Fm van Urk. Hieronder bevinden zich afzettingen van de Fm van Peize, tot circa 75,5 m matig grof tot uiterst grof zand, vervolgens tot 76,5 m diepte een kleilaag en ten slotte tot de einddiepte van 105 m wederom matig grof tot uiterst grof zand.





**Figuur B: Boorbeschrijving B33-B0304 (bron: TNO-NITG)**

#### 4.2.3 Grondwater

De optredende grondwaterstanden, stijghoogten en het grondwaterstromingspatroon variëren zowel in plaats als tijd en worden beïnvloed door factoren als:

- neerslag en verdamping;
- bodemopbouw;
- oppervlaktewater;
- maaiveldniveau;
- verhang van de grondwaterspiegel;
- grondwateronttrekking (bijvoorbeeld voor industrieel of drinkwatergebruik, maar ook onbedoelde onttekkings door bijvoorbeeld lekkage van het rioolsysteem);
- drainage- en/of infiltratievoorzieningen;
- grondgebruik (verharding, begroeiing).

#### Grondwaterstroming

De natuurlijke grondwaterstroming in het gebied wordt bepaald door de stuwheuvelds aan de westzijde en het IJsseldal in het oosten en volgt de topografie. De waterscheiding loopt van zuid naar noord, evenals de stuwheuvelds zelf. Naar het oosten, in de richting van de IJssel, neemt de topografie snel af. Het in oostelijke richting afstromende grondwater voedt hier plaatselijk sprengen, waarvan het water wordt afgevoerd door verschillende beken. Met uitzondering van de sprengkoppen wordt het gehele gebied gekenmerkt door infiltratie.

### **Grondwaterstanden**

Door TNO worden regelmatig grondwaterstanden waargenomen in een groot aantal diepe en ondiepe peilbuizen. Aan de hand van de waarnemingen kan de ligging van het freatisch vlak (de grondwaterspiegel) in beeld worden gebracht. Volgens de Grondwaterkaart van Nederland bevindt de grondwaterspiegel zich op circa 15,0 m +NAP en heeft ter plaatse van Het Loo een gradiënt van circa 2.5 ‰ in oostelijke richting.

Meer recente gegevens over de periode 1990–1999 geven als gemiddelde grondwaterstand in het eerste watervoerend pakket een waarde van circa 16,0 m +NAP bij een vergelijkbare gradiënt.

### **Grondwaterfluctuaties**

Een eerste indicatie van het heersende grondwaterregime ter plaatse kan worden verkregen op basis van de Grondwatertrap (Gt), zoals die wordt weergegeven op de Bodemkaart van Nederland (1:50.000). De Gt in het onderzoeksgebied valt hoofdzakelijk in klasse VII. Naar het oosten toe wordt ook Gt-klasse VI aangetroffen.

Bij een Gt-klasse VI ligt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) tussen 40 en 80 cm beneden maaiveld, bij een Gt VII bevindt de GHG zich tussen 80 en 140 cm diepte. Voor beide klassen geldt dat de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) zich dieper dan 120 m beneden maaiveld bevindt.

Op basis van waarnemingen aan peilbuizen van het TNO-grondwatermeetnet kan voor de locatie Paleis Het Loo de maximale en minimale grondwaterstand worden bepaald. De meest representatieve peilbuis, B33-B0365, bevindt zich op het terrein van Paleis Het Loo. In de periode dat deze buis is bemeten, van 1969 tot 1982, is een hoogste grondwaterstand geregistreerd van 16,31 m +NAP en een laagste van 14,15 m +NAP. De GHG en GLG, bepaald voor de periode 1990–1999, bedragen respectievelijk 16,34 m +NAP en 15,75 m +NAP, wat neerkomt op 2,44 en 3,03 m –MV. Hiermee zijn de actuele grondwaterstanden lager dan volgens de op de Bodemkaart aangegeven Gt-klasse.

Voor een drietal peilbuizen zijn de waargenomen stijghoogten en grondwaterstanden grafisch weergegeven in bijlage 5.

## **4.3 Bodemkarakteristieken**

### **4.3.1 Algemene informatie**

Onder 'bodem' verstaat men de bovenste aardlagen; meestal tot een diepte van circa 1,50 m beneden maaiveld. De diepere aardlagen worden gerekend tot de ondergrond.

Volgens de Bodemkaart van Nederland (1:50.000) wordt de bodem in het onderzoeksgebied omschreven als Hoge zwarte enkeerdgronden, Haarpodzolgronden, Veldpodzolgronden en Holtpodzolgronden. Deze gronden bestaan uit leemarm of zwak lemig fijn zand of grof zand, met grof zand of grind beginnend op een diepte tussen 40 en 120 cm beneden maaiveld en met een dikte van ten minste 40 cm. De gronden kenmerken zich voorts door een goede doorlatendheid en de afwezigheid van ondiepe waterremmende lagen.

### **4.3.2 Bodemparameters**

#### **Doorlatendheid**

De doorlatendheid van de opeenvolgende watervoerende pakketten wordt in belangrijke mate bepaald door samenstelling en gradatie van de afzettingen. Voor de zandige afzettingen van Pliocene ouderdom wordt op basis van schattingen aan de hand van het korrelverdelingsdiagram een doorlatendheid van ca 5 m/d toegekend [DGV-TNO, 1975]. Voor de oud-pleistocene afzettingen (Fm van Peize) wordt op vergelijkbare gronden een doorlatendheid van 5 à 10 m/d aangehouden.

**Tebodin B.V.**

Ordernummer: 35925

Documentnummer: 3415001

Revisie: B

Datum: 17 juli 2006

Pagina: 19 van 28

Pompproeven, uitgevoerd in de omgeving van Apeldoorn, geven voor het overgangsgedebied tussen het glaciale bekken en de stuwwallen van de oostelijke Veluwe een doorlaatvermogen voor het gecombineerde watervoerend pakket van 6.000 m<sup>2</sup>/d. Bij een totale dikte van dit pakket van ongeveer 200 m, komt dit overeen met een gemiddelde doorlatendheid van circa 30 m/d.

In het glaciale bekken wordt voor het watervoerend pakket onder de fluvioglaciale kleien een doorlaatvermogen (kD-waarde) van circa 600 m<sup>2</sup>/d aangehouden. Voor het bovenste watervoerend pakket wordt hier uitgegaan van een kD-waarde van 1.500 à 2.000 m<sup>2</sup>/d [DGV-TNO, 1975].

**Anisotropie**

Op basis van eerder modelonderzoek kan voor de gestuwde afzettingen worden uitgegaan van een anisotropiefactor van 5. Bij een doorlatendheid in de strekkingsrichting van circa 25 m/dag betekent dit een doorlatendheid in de stuwingsrichting van circa 5 m/d [Iwaco; 1992]. Ook in het geraadpleegde, door Vitens gebruikte grondwatermodel, wordt een vergelijkbare anisotropiefactor gehanteerd.

**Hydraulische weerstand**

De slecht doorlatende, waterremmende lagen worden gekarakteriseerd aan de hand van de zogenaamde hydraulische weerstand, uitgedrukt in dagen. De weerstand, of c-waarde, van een pakket kan worden bepaald als het quotiënt van pakketdikte en de doorlatendheid. Voor de fluvioglaciale kleien wordt in de Grondwaterkaart van Nederland [DGV-TNO, 1975] een c-waarde van 9,4 · 10<sup>6</sup> dagen genoemd. Bij een aangegeven dikte van dit kleipakket van circa 80 m betekent dit een verticale doorlatendheid van 5 à 10 · 10<sup>-6</sup> m/d.

Voor de ondiepe slecht doorlatende laag, de kleien van de Eemformatie, wordt een hydraulische weerstand van 300 à 350 dagen gerapporteerd.

## 5 Effecten (Modelberekeningen)

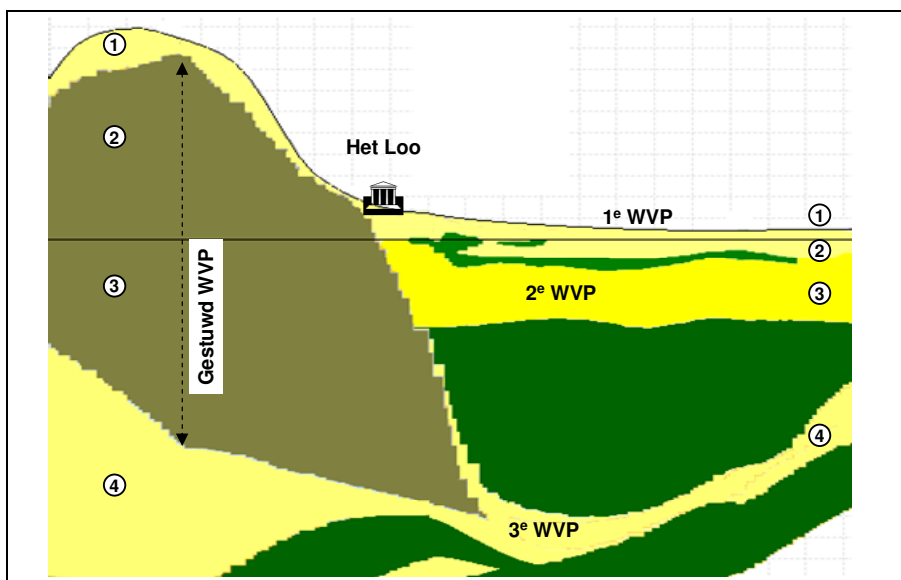
Voor de berekening van de effecten van de grondwateronttrekking Paleis Het Loo is gebruik gemaakt van het eindige elementen programma MicroFEM. Het model is opgezet in superpositie; dat wil zeggen dat uitsluitend de veranderingen in het geohydrologisch systeem als gevolg van de geplande ingreep worden beschouwd, ten opzichte van een op nul gedefinieerde referentiesituatie.

Met een referentiesituatie wordt het grondwatersysteem beschreven zonder invloed van de te analyseren ingreep, in casu de winning. Daar de winning al geruime tijd in bedrijf is, is de referentiesituatie, met een op basis van de beschikbare meetgegevens gecalibreerd model, niet zonder meer te reconstrueren. Door gebruik te maken van een model in superpositie worden uitsluitend de effecten van de te onderzoeken ingreep bepaald.

### 5.1 Modelopzet

#### 5.1.1 Schematisering

De verticale bodemopbouw is geschematiseerd tot een opeenvolging van goed en slecht doorlatende lagen, de watervoerende lagen en de scheidende lagen. Daarbij is het watervoerend pakket op de stuwwallen verdeeld in een viertal modellagen waarmee wordt aangesloten op de stratigrafie in het IJsseldal. Het niveau waarop door Paleis Het Loo onttrokken wordt, tussen 13 en 31 m –MV, is hierbij als afzonderlijk watervoerend pakket beschouwd. De afzettingen van de Formaties van Maassluis en Oosterhout worden als de geohydrologische basis van het (locale) grondwatersysteem beschouwd. De geschematiseerde bodemopbouw is weergegeven in Figuur C.



Figuur C: Geschematiseerde bodemopbouw

In navolgende tabel is de bodemopbouw schematisch weergegeven. Voor de waarden van de onderscheiden parameters is aangesloten bij het geijkte grondwatermodel van Vitens.

**Tabel 2: Geschematiseerde bodemopbouw**

Modellaag	Stuwwallen	Paleis Het Loo	Ijsseldal
1	Freatisch pakket (0 – 10 m –MV) <i>Fm van Boxtel</i> $k = 5 \text{ m/d}$	Freatisch pakket (0 – 10 m –MV) <i>Fm van Boxtel</i> $k = 5 \text{ m/d}$	Freatisch (0 – 10 m –MV) <i>Fm van Boxtel</i> $k = 5 \text{ m/d}$
	Interne weerstand WVP $c = 1 \text{ d}$	Interne weerstand WVP $c = 1 \text{ d}$	Interne weerstand WVP $c = 1 \text{ d}$
2	1 <sup>e</sup> WVP, gestuwd (10 – 80 m –MV) <i>Fm van Boxtel</i> $kD = 1.500 \text{ m}^2/\text{d}$	1 <sup>e</sup> WVP (10 – 30 m –MV) <i>Fm van Boxtel</i> $kD = 500 \text{ m}^2/\text{d}$	1 <sup>e</sup> WVP (10 – 20 m –MV) <i>Fm van Boxtel</i> $kD = 40 \text{ m}^2/\text{d}$
	Interne weerstand WVP $c = 1 \text{ d}$	Interne weerstand WVP $c = 1 \text{ d}$	SDL (20 – 25 m –MV) <i>Eemformatie</i> $c \approx 300 \text{ d}$
3	WVP, gestuwd (80 – 150 m –MV) <i>Fm van Kreftenheye</i> $kD = 2.000 \text{ m}^2/\text{d}$	WVP (30 – 100 m –MV) <i>Fm van Kreftenheye</i> $kD = 2.000 \text{ m}^2/\text{d}$	2 <sup>e</sup> WVP (25 – 50 m –MV) <i>Fm van Kreftenheye</i> $kD = 1.000 \text{ m}^2/\text{d}$
	Interne weerstand WVP $c = 5 \text{ d}$	Interne weerstand WVP $c = 5 \text{ d}$	SDL (50 – 120 m –MV) <i>Fm van Drenthe</i> $c \approx 40.000 \text{ d}$
4	WVP, gestuwd (150 – 210 m –MV) <i>Fm van Peize</i> $kD = 2.500 \text{ m}^2/\text{d}$	WVP (100 – 160 m –MV) <i>Fm van Peize</i> $kD = 2.500 \text{ m}^2/\text{d}$	3 <sup>e</sup> WVP (120 – 150 m –MV) <i>Fm van Peize</i> $kD = 600 \text{ m}^2/\text{d}$
	Hydrologische basis <i>Miocene Formaties</i>		

Voor de watervoerende pakketten op de stuwwal is rekening gehouden met anisotropie, zoals hierboven beschreven (zie § 4.3.2).

### 5.1.2 Randvoorwaarden

Voor een model in superpositie geldt dat als randvoorwaarde voor alle pakketten een vaste stijghoogte wordt opgegeven. Omdat deze de op nul gedefinieerde referentiesituatie representeert is de waarde van de vaste stijghoogte in alle pakketten gelijk aan 0.

Daarbij moet er voor worden gezorgd dat de horizontale afmetingen van het model zodanig worden gekozen dat de resultaten van de berekeningen in het interessegebied niet afhankelijk zijn van de gekozen randvoorwaarden. Met andere woorden, de effecten van de door te rekenen ingreep in het watersysteem mag geen (merkbare) effecten hebben aan de modelrand.

### 5.1.3 Onttrekkingsdebieten

Paleis Het Loo beschikt over een pomp met een capaciteit van 25 m<sup>3</sup>/uur. Volgens een voorgestelde wijziging van de Grondwaterverordening Gelderland 1997, die 1 september 2006 in werking treedt, is de vergunningsgrens voor permanente onttrekkingen verlaagd naar een pompcapaciteit van 10 m<sup>3</sup>/uur. Voorts geldt voor de onttrekking dat zonder vergunning niet meer mag worden onttrokken dan 12.000 m<sup>3</sup> per kwartaal.

Uitgaande van de maximaal geregistreerde kwartaalhoeveelheid (opgetreden in het derde kwartaal van 1996, zie bijlage 4) bedraagt de onttrekking van Paleis Het Loo circa 295 m<sup>3</sup>/dag, overeenkomend met 12,5 m<sup>3</sup>/uur. Op basis van de pompcapaciteit bedraagt de dagelijkse onttrekkingshoeveelheid maximaal 600 m<sup>3</sup>/dag, ruim twee keer het maximaal geregistreerde debiet.

Bij de modelberekeningen ter bepaling van de effecten is van een maximaal debiet uitgegaan van 25.000 m<sup>3</sup> per kwartaal gedurende twee achtereenvolgende kwartalen. De totale onttrekking gedurende het zomerhalfjaar bedraagt zodoende 50.000 m<sup>3</sup>, overeenkomend met een onttrekking van 275 m<sup>3</sup>/dag. Dit is een overschrijding van de geregistreerde maximaal onttrokken hoeveelheid gedurende een zomerhalfjaar (1998) met circa 14 %. Deze onttrekking kan representatief worden geacht voor een extreem droog zomerhalfjaar.

Tevens is met het model een stationaire onttrekkingssituatie gesimuleerd met een debiet van 35.000 m<sup>3</sup>/jaar (overeenkomend met circa 95 m<sup>3</sup>/dag of circa 4 m<sup>3</sup>/uur), de gemiddelde jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid gedurende de afgelopen vijf jaar. Dit laatste scenario geeft een realistisch beeld van de te verwachten verlagingen als gevolg van de onttrekking.

## **5.2 Modelresultaten**

### **5.2.1 Stationaire berekeningen**

Met de stationaire modelberekeningen zijn de grondwaterstandsveranderingen bepaald behorende bij een gemiddelde jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid van 35.000 m<sup>3</sup>. Deze verlagingen zijn weergegeven op de tekening van bijlage 6. Ter plaatse van de pompput blijven de stijghoogteverlagingen in het watervoerend pakket beperkt tot circa 0,20 m. Omdat er tussen het gepompte deel van het watervoerend pakket en het freatische deel van het pakket geen verticale weerstand van betekenis aanwezig is zijn de berekende stijghoogteverlagingen en de optredende freatische grondwaterstandsverlagingen nagenoeg gelijk.

Grondwaterstandsverlagingen van meer dan 1 cm worden aangetroffen tot op een afstand van circa 100 m rond de onttrekking. Algemeen wordt de afstand tot de lijn van 5 cm verlaging beschouwd als de invloedstraal van de onttrekking. Voor een gemiddeld jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid bedraagt deze invloedstraal circa 15 m.

### **5.2.2 Tijdsafhankelijke berekeningen**

Naast de stationaire berekeningen zijn, voor het maximale kwartaaldebiet, tijdsafhankelijke berekeningen uitgevoerd voor een periode van een half jaar. Hiermee wordt een onttrekking gedurende een extreem droog halfjaar gesimuleerd. Gezien het feit dat het onttrekkingsdebiet circa 3 keer zo hoog is als het debiet dat hoort bij de gemiddelde jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid, strekken ook de effecten zich over een groter gebied uit. De verlaging van de stijghoogte ter plaatse van de pompput bedraagt, aan het eind van de periode, circa 0,35 m.

De 1 cm verlaginglijn strekt zich uit tot een afstand van 400 à 450 m vanaf het onttrekkingspunt. Grondwaterstandsverlagingen van 5 cm of meer treden op binnen een straal van 35 à 40 m rond de onttrekking. Deze verlagingen zijn weergegeven op de tekening van bijlage 7.

## **5.3 Gevolgen voor de omgeving**

De grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen als gevolg van de onttrekking kunnen (nadelige) gevolgen hebben voor natuur, infrastructuur en eventuele bodem- en grondwaterverontreinigingen. Voor grondwatergevoelige natuur wordt de beïnvloedingsgrens veelal gelegd bij een grondwaterstandsverandering van 1 cm of meer. Voor agrarische waarden wordt in het algemeen uitgegaan van een verandering van de GHG of GLG met 10 cm of meer wil er sprake zijn van een nadelige invloed.

Voor openbaar groen en niet grondwatergevoelige vegetaties zal de grens vaak gelijk gesteld worden aan de invloedstraal, de 5 cm verlaginglijn.

### 5.3.1 Natuur, groen en agrarische waarden

In de directe omgeving van de onttrekking, op een afstand van circa 40 m, bevindt zich de Koningsbeek, een sprengenbeek. Gezien de afstand tot de onttrekking kan, tijdens een extreem droog halfjaar, de grondwaterstand ter plaatse met circa 5 cm dalen.

Aangezien het hier om een transporterend deel van de sprengenbeek gaat, en niet om een sprengkop, wordt de invloed van de grondwaterstandsverandering op de natuurwaarden van de beek uitermate gering geacht.

De invloed op eventueel aanwezige agrarische waarden kan worden verwaarloosd, aangezien de te verwachten grondwaterstandsverlagingen zowel in grootte als in verbreiding beperkt blijven.

De invloed op openbaar groen en niet grondwatergevoelige vegetaties kan worden verwaarloosd, gezien het feit dat de invloedstraal volledig binnen de terreingrens valt.

Binnen het invloedsgebied van de grondwateronttrekking (binnen de 1 cm verlaginglijn) is sprake van een grondwatergevoelige vegetatie van onder andere bomen. De gemeten grondwaterstanden fluctueren door de seizoensinvloeden tussen de 2,44 en 3,03 m –MV (zie paragraaf 4.2.3). Tijdens het verwijderen van een beuk in het park is waargenomen dat de boomwortels reiken tot aan de capillaire zone op circa 2 à 2,5 m –MV. Op basis van het bovenstaande kan worden gesteld dat de natuurlijke seizoensfluctuaties van de grondwaterstanden beduidend hoger zijn dan de grondwaterverlaging door de grondwateronttrekking en geen negatieve invloed heeft gehad op de bomen in het park. De bomen in het park worden niet kunstmatig beregend en is geen zichtbare verdrogingschade geconstateerd.

### 5.3.2 Historische en archeologische waarden

Binnen het beïnvloedinggebied van de onttrekking komen geen archeologische vindplaatsen voor. Wel wordt het bosgebied ten westen en noorden van de paleistuinen gekarakteriseerd als een gebied met een middelhoge verwachting voor archeologische waarden. Dit gebied wordt echter niet door de winning beïnvloed.

Behalve Paleis Het Loo zelf bevindt zich binnen een straal van 100 m vanaf de onttrekking een historische bouwkundige monument van hoge kwaliteit aan de Loseweg 192.

Gezien de geringe te verwachten grondwaterstandsverlagingen is de kans op nadelige effecten verwaarloosbaar.

### 5.3.3 Bodem- en grondwaterverontreinigingen

In de omgeving van Paleis Het Loo zijn, op grond van het register van de Provincie Gelderland, de volgende verontreinigingslocaties geïdentificeerd:

1. op een afstand van circa 350 m de locatie Loseweg 172 te Apeldoorn. Deze locatie wordt beschreven als verontreinigd, maar betreft geen geval ernstige bodemverontreiniging.
2. op een afstand van circa 360 m de locatie Koningsstraat 24, 26, 28 te Apeldoorn. Deze locatie is ernstig verontreinigd, waardoor er een verplichting geldt tot sanering binnen 4 jaar.

Gezien de heersende hydraulische gradiënt zal de berekende grondwaterstandsverandering van enkele cm ter plaatse van deze verontreinigingslocaties een te verwaarlozen invloed hebben op verdere verspreiding van eventuele grondwaterverontreinigingen.

#### **5.3.4 Maaiveldaling en zettingen**

Zowel de onttrekking als het volledige invloedsgebied bevinden zich in een gebied met een weinig zettingsgevoelige bodem. Het risico op maaiveldaling, zetting en eventuele zettingschade is dan ook te verwaarlozen.

#### **5.3.5 Onttrekkingen van derden**

Op een afstand van circa 425 m ten oosten van Paleis Het Loo bevindt zich de industriële onttrekking van Bouman Fruitkwekerij, met een jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid van circa 6.500 m<sup>3</sup>. Op een afstand van circa 1.800 m ten zuidwesten bevindt zich Pompstation Amersfoortseweg van het drinkwaterbedrijf Vitens met een jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid van circa 5,0 à 5,5 Mm<sup>3</sup>. De grondwateronttrekking van Vitens wordt voorlopig niet afgebouwd, gezien de kans op vernattingschade in het aangrenzende stedelijke gebied. (mondelinge opgave Vitens d.d. 2 juni 2006).

Op een afstand van circa 1.500 ten noordwesten bevindt zich de grondwateronttrekking van de Koninklijke Houtvesterij Het Loo (voor de voeding van de Concordia sprengkoppen) met een jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid van circa 0,4 Mm<sup>3</sup>.

Gezien de grote afstand van de drie onttrekkingen tot de winning van Paleis Het Loo zal beïnvloeding door deze winning te verwaarlozen zijn.



## **6 Monitoring**

### **Grondwateronttrekking**

Vitens heeft voor de invloed van de grondwateronttrekking aan de Amersfoortseweg een netwerk van monitoringspeilbuizen in gebruik, waar de stijghoogten periodiek worden gemeten. De ligging van de monitoringspeilbuizen van Vitens zijn weergegeven op de overzichtstekening van bijlage 1.

Op en in de directe omgeving van het terrein van Paleis Het Loo bevinden zich een drietal peilbuizen uit het primaire grondwatermeetnet dat door TNO-NITG wordt onderhouden. Het betreft de peilbuizen met code B33-B0365, B33-B0366 en B33-B0381 (OLGA nummers 33B B0032, B0033 en P0024) weergegeven op de tekeningen van de bijlage 6 en bijlage 7. De stijghoogten worden hier regelmatig gemeten.

Gezien de geringe grondwaterstandsverlaging als gevolg van de permanente grondwateronttrekking op Paleis Het Loo (zie hoofdstuk 5) wordt het plaatsen van extra monitoringspeilbuizen ter controle hiervan niet zinvol geacht. Het meten van stijghoogteverschillen in deze peilbuizen kan niet direct worden toegeschreven aan de grondwateronttrekking Paleis Het Loo, maar is eveneens een gevolg van de grondwateronttrekking van Vitens. De onttrekking van Pompstation Amersfoortseweg is ongeveer 150 keer zo groot als die van Paleis Het Loo.

## 7 Samenvatting

In opdracht van Stichting Paleis Het Loo Nationaal Museum is door Tebodin Consultants & Engineers een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd naar de effecten van permanente grondwateronttrekking op de locatie Paleis Het Loo te Apeldoorn.

Paleis Het Loo onttrekt al geruime tijd grondwater ten behoeve van de beregening van de Formele tuin en de watervoorziening van historische fonteinen. De permanente grondwateronttrekking van Paleis Het Loo valt onder vergunningplicht, aangezien de pompcapaciteit voor de grondwateronttrekking 25 m<sup>3</sup> per uur bedraagt.

Daarnaast is geconstateerd dat in het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> kwartaal van de afgelopen jaren veelal meer dan 12.000 m<sup>3</sup> grondwater is onttrokken. Vergunning van Gedeputeerde Staten is nodig, indien er in enig kwartaal meer dan 12.000 m<sup>3</sup> grondwater wordt onttrokken (grondwaterverordening Gelderland 1997, artikel 6).

Het doel van het geohydrologisch onderzoek is om de effecten van de permanente grondwateronttrekking te onderbouwen. Daarnaast is een uiteenzetting van het watergebruik, waterbeheer en de waterbesparende maatregelen beschreven.

Paleis Het Loo Nationaal Museum maakt gebruik van grondwater voor beregening van de tuinen en als water voor de fonteinen. Het grondwater wordt opgepompt op een diepte van 13-31 meters minus maaiveld (m –MV). Het onttrekken van grondwater in het park kan worden beschouwd als hoogwaardig gebruik op basis van de volgende argumenten:

- Gebruik als drinkwater: In het park is door werknemers waargenomen dat bezoekers (zowel volwassenen als kinderen) regelmatig drinken uit de diverse fonteinen en dit niet voorkomen kan worden. Met name bij de lengte goten in het park zijn diverse waterstralen tot een hoogte van 75 cm boven het maaiveld aanwezig, waar door kinderen regelmatig van gedronken wordt. Hierbij wordt door bezoekers ervan uitgegaan dat sprake is van drinkwater, zoals bij fonteintjes in diverse stadsparken het geval is. Water is een product van Paleis Het Loo, dat deels als drinkwater wordt gebruikt.
- Kunsthistorisch oogpunt. Doordat de bekleding van de fonteinen en ornamenten in het park uit marmer bestaat, is voor het gebruik en onderhoud water nodig met een hoogwaardige kwaliteit (zie § 3.1). Gezien de aanwezigheid van marmeren ornamenten in het park is ook voor de beregening water van hoogwaardige kwaliteit nodig. Aangehouden is dat de kwaliteit van het onttrokken grondwater op locatie hieraan voldoet, dit in tegenstelling tot het hemelwater. In de akte van oprichting Stichting Paleis het Loo (d.d. 23 juni 1994, ondertekend door voormalig minister H. D'Ancona) zijn een aantal doelstellingen voor de stichting vastgesteld zoals; 'De stichting stelt zich ten doel representatieve collecties samen te stellen, in stand te houden en te verbeteren van voorwerpen van geschiedenis en kunst, van en betreffende het Huis van Oranje-Nassau in relatie tot de Nederlanden en van de ontwikkelingsgeschiedenis van nationale en internationale decoratie stelsels'. Paleis Het Loo is van mening dat voor het in stand houden en verbeteren van de fonteinen en ornamenten, water van hoogwaardige kwaliteit noodzakelijk is.

Door het hoogwaardige gebruik van het water in de historische Formele tuin is de onttrekking van het grondwater vergunbaar, ondanks de ligging van Paleis het Loo in een optimaliseringsgebied.

Vooralsnog is afgezien van het gebruik van hemelwater en oppervlaktewater, aangezien de kwaliteit van het hemelwater, het sprengenwater en het water in de veldvijvers niet gegarandeerd kan worden.

In de periode 2001 -2006 zijn in het park diverse waterbesparende maatregelen uitgevoerd ter beperking van de waterverliezen door verdamping, verwaaiing, lekkage van fonteinen, dwarskanalen en beregening.

De motivatie voor de genomen waterbesparende maatregelen is een besparing op de grondwaterbelasting en de energiekosten.

**Tebodin B.V.**

Ordernummer: 35925

Documentnummer: 3415001

Revisie: B

Datum: 17 juli 2006

Pagina: 27 van 28

De genomen waterbesparende maatregelen hebben het waterverbruik gereduceerd van een jaargebruik van gemiddeld 50.000 m<sup>3</sup> tot het jaar 2000 tot gemiddeld 34.000 m<sup>3</sup> vanaf het jaar 2000 (reductie van 32 %). Door het dichten van de bodems in enkele grote fontein in het voorjaar van 2006 zal het waterverbruik verder worden gereduceerd, waarbij wordt gestreefd het waterverbruik te houden onder de vergunninggrens van 12.000 m<sup>3</sup> per kwartaal. Gezien de capaciteit van de huidige pompinstallatie zal ook in dat geval een vergunning in het kader van de provinciale grondwaterverordening aangevraagd dienen te worden.

Alvorens de haalbaarheid van eventueel aanvullende waterbesparende maatregelen kan worden opgesteld is het van belang beter inzicht te verkrijgen in het huidige watergebruik bij de verschillende procesonderdelen. Hiertoe zijn door Paleis het Loo reeds de volgende meetprogramma's in werking gesteld.

1. Het wekelijks bijhouden van de hoeveelheid gebruikt beregeningswater;
2. Het uitvoeren van niveaumetingen ter controle van de lekkageverliezen in de fontein en het leidingwerk. Hiertoe worden twee keer per jaar niveau metingen uitgevoerd bij de retourwaterkelder en reinwaterkelder bij het opstarten van de fonteinpompen en afzetten van de fonteinpompen. Het verschil in de niveaumeting geeft een beeld hoeveel water bijgevoerd moet worden op het gehele systeem in werking te zetten. Door de dagelijkse visuele inspecties in het park worden grote niveau verlagingen (lekkage) bij de fontein waargenomen voor het opstarten van het systeem.

Op basis van de resultaten van de deze meetprogramma's worden de noodzaak en haalbaarheid van eventueel aanvullende waterbesparende maatregelen in het 4<sup>e</sup> kwartaal van 2007 vastgesteld. Daarnaast zal de haalbaarheid van de waterbesparing bij de Schelpengrot in het museum onderzocht worden.

Voor de berekening van de effecten van de grondwateronttrekking Paleis Het Loo is gebruik gemaakt van het eindige elementen programma MicroFEM. Het model is opgezet in superpositie; dat wil zeggen dat uitsluitend de veranderingen in het geohydrologisch systeem als gevolg van de geplande ingreep worden beschouwd. Voor de modellering zijn twee scenario's uitgewerkt.

1. Met de stationaire modelberekeningen zijn de grondwaterstandsveranderingen bepaald behorende bij een gemiddelde jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid van 35.000 m<sup>3</sup>. Grondwaterstandsverlagingen van meer dan 1 cm worden aangetroffen tot op een afstand van circa 100 m rond de onttrekking. Over het algemeen wordt de afstand tot de lijn van 5 cm verlaging beschouwd als de invloedstraal van de onttrekking. Voor een gemiddeld jaarlijkse onttrekkingshoeveelheid bedraagt deze invloedstraal circa 15 m. Deze verlagingen zijn weergegeven op de tekening van bijlage 6.
2. Met tijdsafhankelijke modelberekeningen zijn de grondwaterstandsveranderingen bepaald behorende bij een maximaal debiet van 25.000 m<sup>3</sup> per kwartaal gedurende twee achtereenvolgende kwartalen. Deze onttrekking kan representatief worden geacht voor een extreem droog zomerhalfjaar. De 1 cm verlagingstrekt zich uit tot een afstand van 400 à 450 m vanaf het onttrekkingspunt. Grondwaterstandsverlagingen van 5 cm of meer treden op binnen een straal van 35 à 40 m rond de onttrekking. Deze verlagingen zijn weergegeven op de tekening van bijlage 7.

De grondwaterstandsverlagingen als gevolg van de onttrekking kan (nadelige) gevolgen hebben voor natuur, infrastructuur en eventuele grondwaterverontreinigingen. Voor grondwatergevoelige natuur wordt de beïnvloedingsgrens veelal gelegd bij een grondwaterstandsverandering van 1 cm of meer. Voor agrarische waarden wordt in het algemeen uitgegaan van een verandering van de GHG of GLG met 10 cm of meer wil er sprake zijn van een nadelige invloed. Op basis van de gemodelleerde grondwaterstandsverlagingen door de onttrekking van Paleis Het Loo is gesteld dat de beïnvloeding op de omgeving (natuur, landbouw, infrastructuur, grondwaterverontreinigingen en grondwateronttrekkingen in de omgeving) te verwaarlozen is.

**Tebodin B.V.**

Ordernummer: 35925

Documentnummer: 3415001

Revisie: B

Datum: 17 juli 2006

Pagina: 28 van 28

## Referenties

1. Statusrapport Paleis Het Loo, Nationaal Museum, Tebodin B.V., ordernr. 24702.05/3314010, februari 1999.
2. Plan van Aanpak Paleis Het Loo, Nationaal Museum, Tebodin B.V., ordernr. 24702.05/3314020, juli 1999.
3. Statusrapport Koninklijke Houtvesterij Het Loo, Tebodin B.V., ordernr. 24702.03/3314010, december 1998.
4. Plan van Aanpak Koninklijke Houtvesterij Het Loo, Tebodin B.V., ordernr. 24702.03/3314020, juli 1999.
5. Bodemkaart van Nederland schaal 1:50 000, Stiboka  
Kaartbladen 33 West Apeldoorn en 33 Oost Apeldoorn  
Wageningen, Stichting voor Bodemkartering, 1979.  
Alterra; Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50 000, [www.bodemdata.nl](http://www.bodemdata.nl)
6. Grondwaterkaart van Nederland, DGV-TNO  
Inventarisatierapport IJsseldal, kaartbladen 27 West, 27 Oost, 33 West en 33 Oost.  
Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft; 1975.
7. Wateratlas provincie Gelderland, provincie Gelderland (<http://geodata2.prv.gelderland.nl/apps/wateratlas/>)
8. Derde Waterhuishoudingsplan Gelderland 2005-2009, Provinciale Staten van Gelderland 15 december 2004.
9. Goed Water Centraal; Modelling grondwatersysteem, Iwaco BV en Provincie Gelderland; 1992.
10. Archief Maand- en Jaaroverzichten KNMI, KNMI (<http://www.knmi.nl/>)
11. INFORMATIE; december 2002, TNO-NITG, Landelijke karakterisatie topsysteem
12. Geologische kaart van Nederland, TNO-NITG, (Atlas van Nederland: <http://avn.geog.uu.nl>)
13. Geomorfologische kaart van Nederland, TNO-NITG, (Atlas van Nederland: <http://avn.geog.uu.nl>)
14. Grondwatermodel Veluwe, Vitens