Eindrapport

"Waar blijft het vijverpeil van 3,5m+ NAP?"

Berging vijvers Anna's Hoeve

Status: Definitief

Aan

Gemeente Hilversum
Dudokpark 1 Hilversum
Jet Lebbink
06-23994506
J.Lebbink@Hilversum.nl

Opgesteld door

Bart van der Velde
De Genestetlaan 28
1215EB Hilversum
Bart.vandervelde@student.hu.nl
06-14121759
Hogeschool Utrecht
Civiele Techniek
TCIT-V15AFO-14

Begeleiders Hogeschool Utrecht

Rik den Houting, Docent Geodesie en Waterbouwkundige software
Rik.denHouting@hu.nl

Jacques Stuifbergen, Docent Geodesie en waterbouwkunde
Jacques.stuifbergen@hu.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting 3

Summary 5

Inleiding 7

Hoofstuk 1, Opdrachtgever 9

1.1 Organisaties en betrokkenen 9

Hoofdstuk 2, Project opdracht 10

Hoofdstuk 3 Projectactiviteiten en Aanpak methodiek. 11

Hoofdstuk 4: Beantwoording deelvraag 1 14

4.1 -Inventarisatie gebruikte data in de reeds bestaande onderzoeken. 15

Hoofdstuk 5 Beantwoording deelvraag 2 16

5.1 -Wat is de berging van de vijvers Anna's Hoeve en in hoeverre is deze berging afhankelijk van de grondwaterstand en Bodemweerstand? En hoe groot is de oever infiltratie? 16

Hoofdstuk 6 Beantwoording overige deelvragen 25

6.1 -Wat is de hoeveelheid water die geborgen kan worden in het rioolsysteem voordat de overtollige hoeveelheid water in de vijvers terechtkomt? ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

6.2 -Hoe extreem waren de buien na de afkoppeling van de Laarder wasmeren? Hebben we het puntje van de ijsberg gezien? Of waren dit al een zware buien? 26

6.3 -De heersende grondwaterstand kan grote invloed hebben op de berging en infiltratiesnelheid. Welke grondwaterstanden zijn opgetreden en zijn er in de toekomst hogere grondwaterstanden te verwachten? ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

6.4 -Wat is de invloed van het uitzetten van de grondwater winning t.b.v. drinkwater(op de grens van Hilversum en Laren) ter waarde van 3miljoen m³/jaar, op de berging van de Vijvers Anna's Hoeve? 30

6.5 -Een randvoorwaarde is dat er ten alle tijden 200m³/u bronneringswater op het systeem moet kunnen. Wat is de invloed van dit bronneringswater op de berging van de vijvers Anna's Hoeve? 31

6.6 -Waar ligt de gevoeligheid van het bergingsprobleem? .. **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Hoofdstuk 7 Te verwachten hoeveelheid neerslag uit de binnenstad ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Hoofdstuk 8 Conclusie "Is er extra berging vereist buiten de Vijvers Anna's Hoeve om?" ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

8.1 aanbevelingen ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

Hoofdstuk 9 Bronvermelding 37

Bijlage 1 KNMI neerslagreeks van December-2014 38

Samenvatting

Kader en onderzoeksvraag
In Hilversum is het hemelwatersysteem west en oost hydraulisch van elkaar gescheiden. In Hilversum oost zijn de Vijvers Anna's Hoeve en de "Laarder Wasmeren" aangekoppeld aan het watersysteem ten behoeve van hemelwaterberging en -infiltratie. In tijden van hevige regen kon water makkelijk, onder vrij verval, naar deze vijvers stromen, waar het infiltreert richting het grondwater. In 2008 is besloten de Laarder Wasmeren los te koppelen van het systeem gezien het niet gewenst is hier nog water te infiltreren vanwege een kans op verspreiding van vervuiling in het grondwater. Sinds 2006rijst de vraag of de Vijvers Anna's Hoeve voldoende capaciteit hebben al het regenwater te berging in geval van noodweer. Er zijn rond 2006 diverse rapporten geschreven omtrent dit vraagstuk. De onderzoeksvraag van het voorliggende afstudeeronderzoek is om de capaciteit van het hemelwatersysteem Hilversum-oost te bepalen. Past het waterbezwaar in de beschikbare berging van de vijvers Anna's Hoeve of is extra berging benodigd?

Reeds genomen maatregelen
Om de berging in de vijvers Anna's Hoeve te verruimen is voorgesteld om een maximaal peil van NAP+3,5 m tijdelijk te accepteren n natte perioden. Dit is hoger dan het gemiddelde peil waarop de vijvers Anna's Hoeve voorafgaande aan de afkoppeling van de Wasmeren, werden bedreven: tussen 1m+NAP en 1,8m+NAP.

Aanpak van de studie
-Maximale berging berekenen. In de rapporten werd gerekend met een betonnen bak van 5hectare groot en een bodemweerstand van ongeveer 30dagen. Dit lijkt niet op de praktijk. Door middel van diverse veldmetingen is de oeverinfiltratie en bodemweerstand van de oevers bepaald. Nu kon doormiddel van de formule van Ernst bepaald worden wat de uitstraling van deze oeverinfiltratie is en de berging in de oevers.
-Welke variabelen hebben invloed op de bergingscapaciteit. Denk aan het uitzetten van de drinkwaterwinning en het gegeven dat continu 200m³/u bronneringswater op het stelsel gezet moet kunnen worden.
-Wat is de minimale berging. Door van de maximale berging de variabelen af te trekken, wordt een minimale berging gesitueerd.
-Het waterbezwaar uit Hilversum-oost is berekend.

Resultaten van de studie
-De maximale berging komt uit op 275.000m³ Dit is circa 90% meer dan oorspronkelijk berekend.
-Uitstraling van de oeverinfiltratie circa 100meter binnen 24uur.
-Het uitzetten van de drinkwaterwinning in combinatie met klimaat veranderingen levert de maximaal te verwachte grondwaterstand op van 2,5m+NAP.
-Bronneringswater neemt tussen de 8% en 20% van de minimale berging voor zijn rekening.
-Minimale berging komt neer op maximaal 1 meter stijghoogte (2,5+NAP naar 3,5m+NAP). Dit levert 110.000m³ berging op. Hier gaat maximaal 20% vanaf voor reservering van bronneringswater. De minimale berging is vast gesteld op 90.000m³.
- Het waterbezwaar uit de stad is berekend met een T=100 bui welke 85mm/24u geeft. Deze bui-intensiteit vermenigvuldigd met het verhard oppervlak en een percentage voor onverhard oppervlak dat tot afstroom komt (Runoff coëfficiënt) geeft een waterbezwaar op van 192.000m³. Dit getal is een grove benadering, zo wordt er geen rekening gehouden met berging in het rioolstelsel. Aanbevolen wordt om het model van het rioolstelsel beter te toetsen aan veld-metingen en vervolgens met het model de afvoer naar de vijvers te berekenen. Het model houdt ook rekening met berging in het rioolstelsel.

Conclusie een aanbevelingen

Met een waterbezwaar geraamd op 192.000m³ en een minimale berging van 90.000m³ zou de conclusie kunnen zijn dat de berging niet toereikend is. Toch zou deze conclusie te snel getrokken zijn. De volgende zaken moeten voor en sluitend antwoord nader worden beschouwd:

- Een waterbezwaar van 192.000m³ kan in de vijvers geborgen worden bij een vijverpeil (=grondwaterstand) van 1,75m+NAP. Wat is de kans dat een T=100 optreedt in de periode dat ook de grondwaterstand hoog is en dus het vijverpeil hoog is?
- Tevens is extra onderzoek nodig naar het hemelwaterstelsel. Is deze geschikt om dit waterbezwaar richting de Vijvers Anna's Hoeve te krijgen?

Het waterbezwaar is een grove benadering en moet nauwkeuriger worden bepaald met een gekalibreerd rioolmodel (kalibreren aan veldmetingen), waarbij de gekozen run-off factor voor afstroming van onverhard oppervlak ook gekalibreerd kan worden.

De T=100 zal in de toekomst door toename van neerslag en intensievere buien ook toenemen. Hier is in dit onderzoek nog geen rekening mee gehouden

Summary

Framework

The west and eastside of Hilversum are hydraulically separated. In Hilversum-east are the ponds of “Anna’s Hoeve” and the "Laarder Wasmeren" have both the purpose of water storage. In times of heavy rain water could easily, by gravity, flow from the city to the ponds. Here it can infiltrate towards the groundwatertable. In 2008 it was decided to disconnect the Laarder Wasmeren form the resst of the system considering it was not desired to infiltrate water anymore. This because of a risk of spread of contamination in the groundwater. Since 2008, the question arises whether the Ponds of “Anna’s Hoeve” have enough capacity to store all the rainwater in the event of severe weather. There are various reports written in 2008 about this issue. In this report the results of the reports of 2008 are compared and validated.

Measures already taken

In 2014 it was decided that the maximum level of the Ponds “Anna’s Hoeve” has risen from 3m+NAP to 3.5m+NAP (lit3). The initial level changes seasonally with values between 1m and 1.8m+NAP.

Approaching of this study

-Maximum Storage. The studies included a concrete box of 5hectare large and soil resistivity of about 30 days. This does not seem right. By means of various field measurements is the infiltration and soil resistance of the banks determined. this could be determined by the formula of Ernst how far this infiltration reaches.

-which Variables have an influence on the maximum storage. Consider turning off the drinking water well and dewatering water from up to 200m³/h, which the system has to be capable of handling.

-What Is the minimum storage. When we combine the variables and the maximum storage, the storage will change in the hypothetical minimal storage.

-Amount of water From the city is calculated with a schedule (Annex 1) which gives T = 100, = 85mm/24. 85mm times the hardened surface and a percentage of unpaved surface (runoff coefficient) indicates a water objection of 192.000m³

Results of the study

-The Maximum storage is 275.000m³. This is approximately 90% more than originally calculated.

-Distance of the bank infiltration is approximately 100meters within 24 hours.

-Shutting down the drinking water well, incombination with climate change provides the maximum expected water table at 2.5 m + NAP.

-Dewatering water Takes between 8% and 20% of the minimum storage amount.

Minimal storage equates to a maximum of 1 meter rise height (2.5 to 3.5 m + NAP NAP). This provides 110.000m³ storage. 20% is reservated for the dewatering water. The minimum storage has now been fixed at 90.000m³.

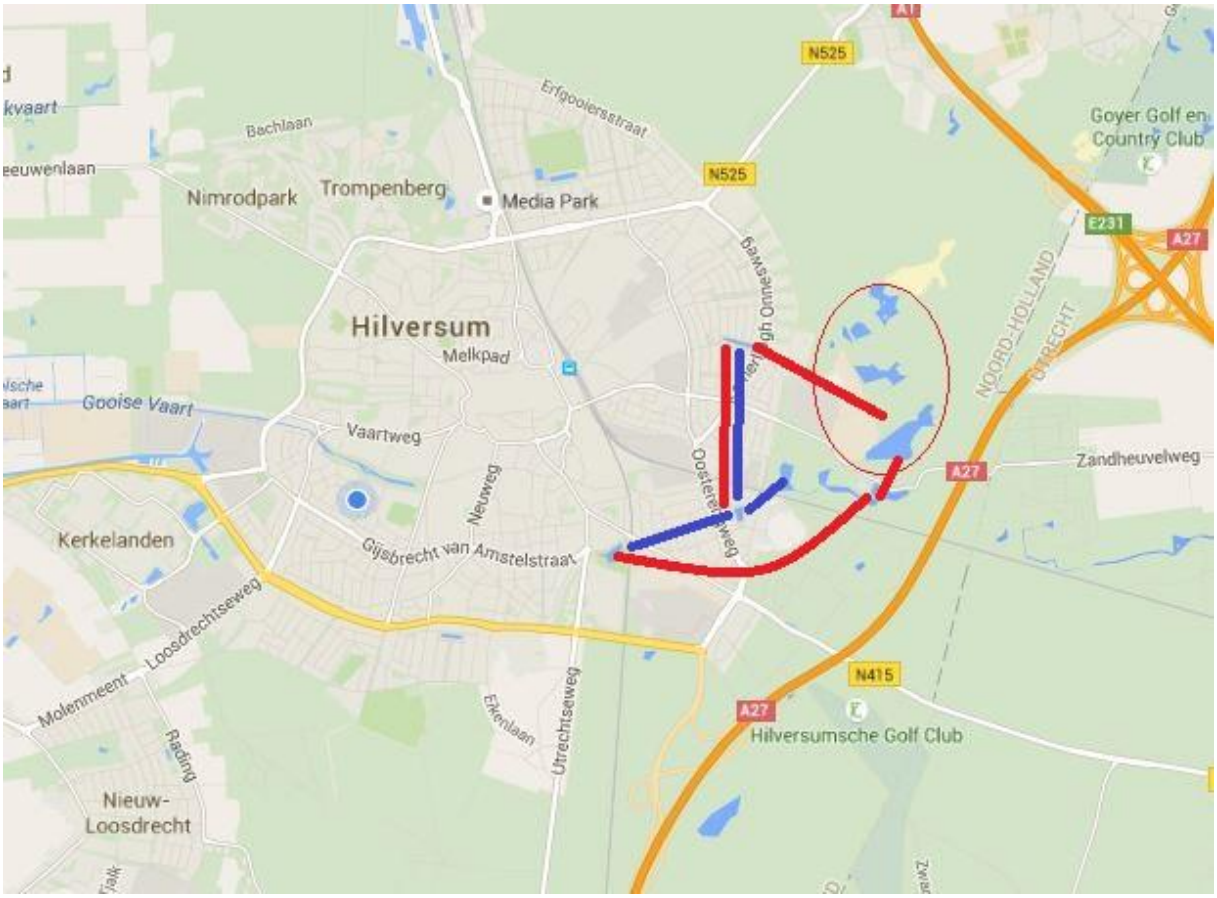
In conclusion

With a water amount of 192.000m³ and minimal storage of 90.000m³, you could conclude that the storage is not sufficient. However, this conclusion would be drawn quickly. With a water amount of 192.000m³ and a start level of 1.75m + NAP, there will be sufficient storage to store the entire quantity. However, there should be properly investigation if the maximum groundwater occurs at times of increased risk of T = 100 storm. Furthermore, additional research is needed into the sewage system. Is it suitable to get this water quantity towards the Ponds “Anna’s Hoeve”? Also, the estimated runoff coefficient should be investigated. And, the pump capacity would have to be substantial in order to pump the water to the ponds. Once the pond level in the ponds “Anna’s Hoeve” has reached 2,45m above the NAP, the water can no longer flow under gravity from the city to the ponds Ponds Anna's Hoeve. At this point a big pump is needed.

Inleiding

Achtergrond en aanleiding

Het watersysteem Oost bestaat voor een grootdeel uit een gescheiden riool systeem. Momenteel is het zo ingericht dat het schone hemelwater uit Hilversum Oost naar de vijvers Anna's Hoeve loopt via het rioolsysteem. Te zien in figuur2 als blauwe route. De (infiltrerende) vijvers zijn aan elkaar gekoppeld en stijgen dus gelijk ten opzichte van elkaar. Op figuur 2 is te zien dat de Lorentzvijver en Riebeeckvijver aan elkaar verbonden zijn. Aan de Riebeeck zitten nog 4 vijvers te weten de Laapersvijver, Arena vijver, 't Ven en t Watergat. De vijvers hebben een maximum systeempeil van 2,45m+ NAP. Zodra de vijvers de drempelhoogte hebben bereikt van 2,35m+NAP stroomt het hemelwater naar de Vijvers Anna's. Voor 2006 stroomde het hemelwater via de Lorentzvijver via de rode route naar de Laarder Wasmeren(Rode cirkel). Zodra de Wasmeren hun maximumpeil hadden bereikt liep het de drempel over de vijvers Anna's hoeve in. Zodra de vijvers Anna's Hoeve hun peil hadden bereikt stroomde het



Figuur 1 Oude route (Rood) en de huidige route (Blauw) in kaart aangeven waar vijvers Anna's hoeve liggen en de Laarder Wasmeren, de lezer weet dit nu niet, terwijl je er in de tekst wel over praat. De figuur suggereert dat er een pijpleiding ligt tussen de vijvers Anna's Hoeven en de Laapersvijver (rood), maar dat was niet zo : het water ging vermoedelijk via de Riebeeck naar de Laapersvijver

door naar de Laapersvijver en de Arena vijver. Sinds dat de Laarder Wasmeren in 2006 zijn gesaneerd en terug gegeven zijn aan de natuur, is de rode route vernietigd en de blauwe route in gebruik genomen. Aan de blauwe route zitten alle vijvers aangesloten en zijn de vijvers Anna's Hoeve "eindstation". Nu ontstaat er wel een mogelijk te kort aan waterberging. Sinds die tijd is besloten dat het peil in de vijvers Anna's Hoeve mag stijgen tot 3,5m+ NAP ten opzichte van een peil dat varieerde rond de 1m+ NAP. Hierdoor ontstaat extra berging in de vijvers. Om terug stromen ten gevolgen van dit hogere peil, naar de stad te voorkomen is er destijds een gemaal aangelegd welke het water van de stad naar de vijvers Anna's Hoeve opmaalt bij een vijver peil hoger dan 2,45m+ NAP(Peil stadsvijvers).
Sinds 2006 is er gekeken naar alternatieve waterbergingsmogelijkheden. Hier zijn dan ook diverse onderzoeken van beschikbaar. De gebruikte gegevens in deze rapporten blijken erg divers met bijbehorende wisselende adviezen en uitkomsten.
Het project team wat in 2006 ging over het waterbergings-vraagstuk heeft vastgesteld dat er een extra berging van 90.000m³ moet komen.
De centrale vraag in onderliggend rapport is om te onderzoeken of de 90.000 m3 die in 2006 is vastgesteld nog eens te beoordelen. Is deze capaciteit daadwerkelijk noodzakelijk? Aanleiding voor een heroverweging van de vastgestelde capaciteit is:

1) het gegeven dat de vijvers sinds 2006 al het gevallen water hebben kunnen bergen
2) dat er veel onzekerheden in de berekeningen zaten door gebrek aan meetgegevens

.

Aanpak onderzoek in het kort

De onderzoeksrapporten die toen ten grondslag lagen aan het capaciteitsvraagstuk zijn geanalyseerd, gebruikte parameters en aannames zijn beoordeeld en middels aanvullende metingen en onderzoek wordt getracht de benodigde capaciteit van het hemelwatersysteem Hilversum-oost nauwkeuriger vast te stellen.

Hoofstuk 1, Opdrachtgever

1.1 Organisaties en betrokkenen

Hogeschool Utrecht

Binnen de Hogeschool Utrecht zullen, Jacques Stuifbergen, docent hydrologie, en Rik den Houting, docent SOBEK, de nodige support leveren binnen dit onderzoek. Tevens zal dit project worden ingediend als afstudeer scriptie bij de Hogeschool Utrecht faculteit Gebouwde omgeving voor de opleiding Civiele Techniek.

Gemeenste Hilversum

De Gemeente Hilversum is opdrachtgever van dit project. Haar inwoners zijn belanghebbend bij het onderzoek. De Gemeente is een orgaan welke verantwoordelijk is voor het dagelijkse en lange termijn bestuur van Hilversum en de Hilversumse Meent. Binnen dit orgaan is de afdeling "Beheer Openbare Ruimte, team Voorbereiding en uitvoering" druk met het voorbereiden en besturen van alle (onderhouds-) werken binnen de gemeente. De contactpersoon binnen de Gemeente is Jet Lebbink, zij werkt binnen deze afdeling aan het beleid en onderzoek ten behoeve van grond- en oppervlaktewaterbeheer. Zij heeft de nodige informatie voorzien en volledige support gegeven dit onderzoek te voltooien.

Acacia-water

Acacia-water is een onderzoeksbureau gevestigd in Gouda. Zij doen voornamelijk grondwater adviezen en hun klantenbestand bevat onder andere overheidsinstellingen, aannemers en internationale klanten. Voor deze laatste partij zijn zij vooral actief bij schoon-drinkwaterprojecten.

Jouke Velstra is Senior Geohydroloog bij Acacia-water. Jouke is samen met zijn collega Jaco van der Gaas actief binnen dit onderzoek voor advies en ondersteuning.

Hoofdstuk 2, Project opdracht

“waar blijft het vijverpeil van 3,5m + NAP?”

Dit is eigenlijk de best pakkende formulering van het probleem van de Gemeente Hilversum.
De Vijvers van Anna’s Hoeve liggen op oostelijk grondgebied van de Gemeente Hilversum. Toen de rapporten van 8jaar geleden uitwezen dat deze vijvers het hemelwater van Hilversum Oost niet konden verwerken en ze mogelijk elke 2jaar zouden overstromen(lit.1) Begonnen de vraagtekens bij de Gemeente wel te komen. Er is behoefte aan een vergelijking tussen de werkelijk opgetreden situatie en de prognoses uit onder meer de NBW-toetsing.
De volgende hoofdvraag en deelvragen zijn aan de orde.

Vraag Gemeente Hilversum

Hoofdvraag:

-Is er extra berging vereist buiten de Vijvers Anna’s Hoeve om?

Deelvragen:

1 -Inventarisatie gebruikte data in de reeds bestaande onderzoeken.

2 -Wat is de berging van de vijvers Anna’s Hoeve en in hoeverre is deze berging afhankelijk van de grondwaterstand en Bodemweerstand? En hoe groot is de oever infiltratie?

3 -Wat is de hoeveelheid water die geborgen kan worden in het rioolsysteem voordat de overtollige hoeveelheid water in de vijvers terechtkomt?

4 -Hoe extreem waren de buien na de afkoppeling van de Laarder Wasmeren? Hebben we het puntje van de ijsberg gezien? Of waren dit al zware buien?

5 -De heersende grondwaterstand kan grote invloed hebben op de berging en infiltratiesnelheid. Welke grondwaterstanden zijn opgetreden en zijn er in de toekomst hogere grondwaterstanden te verwachten?

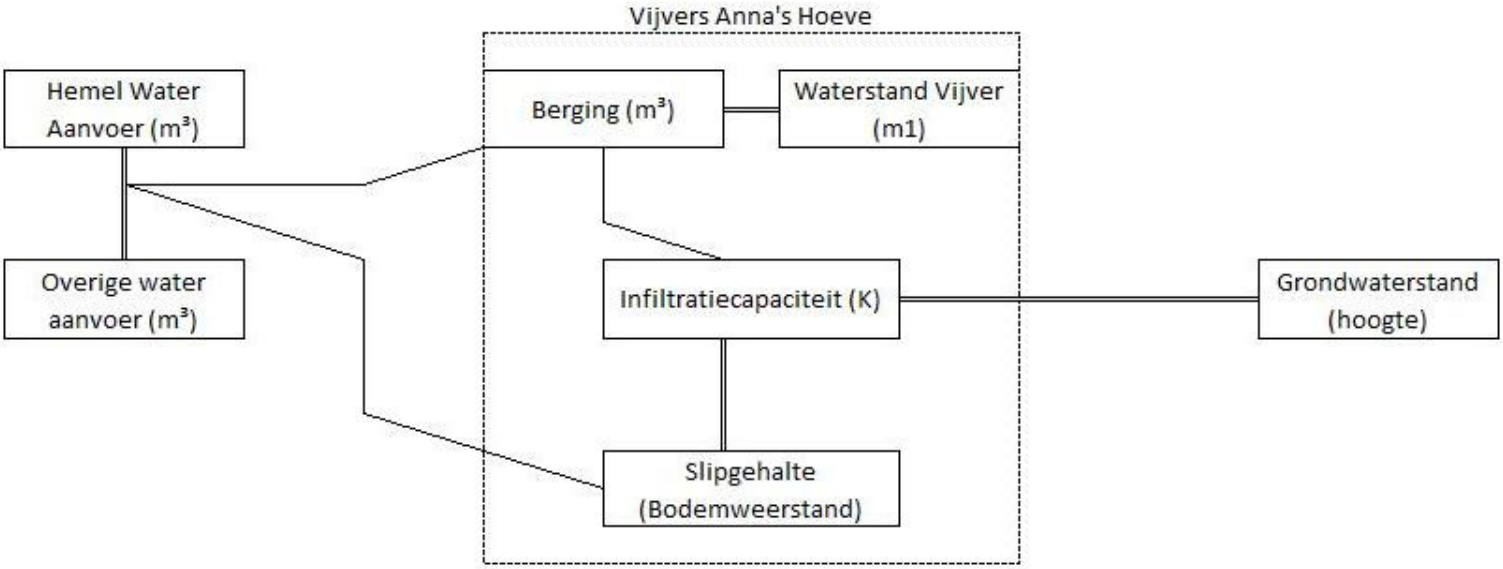
6 -Wat is de invloed van het uitzetten van de grondwater winning t.b.v. drinkwater(op de grens van Hilversum en Laren) ter waarde van 2miljoen m^3/jaar, op de berging van de Vijvers Anna’s Hoeve?

7 -Een randvoorwaarde is dat er te allen tijde 200m^3/u bronneringswater op het systeem moet kunnen. Wat is de invloed van dit bronneringswater op de berging van de vijvers Anna’s Hoeve?

8 -Waar ligt de gevoeligheid van het bergingsprobleem?

Hoofdstuk 3 Projectactiviteiten en Aanpak methodiek.

Het blokschema van Figuur 3 geeft schematisch de variabelen die van invloed zijn op de capaciteit van de vijvers Anna's Hoeve.



Figuur 2 Blokschema watersysteem Hilversum Oost

Figuur 3 geeft een blokschema van de factoren die invloed hebben op de capaciteit van de vijvers Anna's Hoeve. Diverse factoren hebben invloed op het bergings- en infiltratievermogen van het systeem. Zo is de infiltratie capaciteit van de vijvers Anna's Hoeve afhankelijk van de grondwaterstand en van de bodemweerstand. De berging van de vijvers is afhankelijk van de waterstand en de infiltratiecapaciteit. Door de beschikbare berging als uitgangspunt te onderzoeken, de maximale grondwaterstand te onderzoeken en de bodemweerstand te onderzoeken, kan een betere aanname worden gedaan van de capaciteit en dus de toekomstbestendigheid.

De maximale grondwaterstand kan worden bepaald met behulp van de relatie tussen neerslag en de grondwaterstand. En door de relatie grondwaterwinning op de grondwaterstand. Deze relaties zijn reeds bepaald door de gemeente Hilversum(Tijdreeksanalyse). Door in deze relatie extremen voor de neerslag op te nemen en aan te nemen dat de drinkwaterwinning uit is, kan een maximum voor de grondwaterstand worden bepaald. Dit is een belangrijk extreem die wordt meegenomen in de modelberekening van de capaciteit van de vijvers.

De onderzoeksvragen benoemd in de projectopdracht (H2) zullen worden doorlopen. De parameters waarvan de invloed groot wordt geacht worden als eerste verder onderzocht. Voor deze parameters wordt een goed mogelijke waarde vastgesteld en daarmee de onzekerheid geminimaliseerd. De volgende stappen worden doorlopen:

1 inventariseren
2 analyseren
3 onzekerheden bepalen
4 onzekerheden reduceren

Binnen de periode voor afstuderen zullen niet alle onzekerheden grondig kunnen worden onderzocht. Wel zal voor alle beïnvloedingsfactoren een advies worden gegeven over de gevoeligheid op het systeem en eventuele aanbevelingen voor nadere analyse.

Afbakening als wel ook detaillering is erg belangrijk binnen een project. Hieronder is de breedte (aantal onderwerpen) en lengte(diepgang binnen het onderwerp) te zien.

Breedte	**Lengte**
Neerslagreeks	Neerslagreeks December-2014
Grondwaterstand (Capaciteit van het systeem)	Berekening d.m.v. Tijdreeksanalyse
Infiltratie	Handberekening i.c.m. veldwerk
Uitvoer SOBEK	Aanname uit SOBEK, geen kalibratie en validatie.
Ruis in de grondwaterstanden	Aanname uit de berekeningen. Geen vervolg onderzoek
Bronneringswater	Invloed ervan bepalen op de vijvers Anna's hoeve (vast gesteld op Q=200m³/u)

Het volgende is niet nader beschouwd:
-Bodemopbouw onder de vijver. Aanname is Homogeen.
-Kalibratie van SOBEK model Hilversum (Oost). (Aanname is dat het SOBEK model betrouwbaar is).
-Verdamping en regenwater op de vijvers Anna's Hoeve.

Hieronder volgt per deel vraag (Hoofdstuk 2) de onderzoeksactiviteiten:

1 **-Inventarisatie gebruikte data in de reeds bestaande onderzoeken.**
Het analyseren van deze rapporten kan veel nuttige informatie verschaffen. Zowel de uitgangspunten als de resultaten worden vergeleken. Hieruit volgen parameterschattingen en onzekerheden die in dit onderzoek verder worden geanalyseerd.

2 **-Wat is de berging van de vijvers Anna's Hoeve en in hoeverre is deze berging afhankelijk van de grondwaterstand en bodemweerstand? En hoe groot is de oever infiltratie?**
Door de infiltratie snelheid te meten met een infiltrometer van zowel de oevers als de bodem (daar waar representatief en momenteel droog door de waterstand), is een aanname te maken van de infiltratie hoeveelheden en berging via de oevers en de vijverbodem en dus de berging in de oever.

3 **-Wat is de hoeveelheid water die geborgen kan worden in het rioolsysteem voordat de overtollige hoeveelheid water in de vijvers terechtkomt?**
Door het invoeren van extreme reeks van KNMI 100jaar in SOBEK kan worden bekeken welke bui de grootste afvoer tot gevolg heeft.

4 -**Hoe extreem waren de buien na de afkoppeling van de Laarder Wasmeren? Hebben we het puntje van de ijsberg gezien? Of waren dit al zware buien?**
Tot welke extremen/kans verhouden zich de buien welke de afgelopen 8 jaar zich voor deden.
Welke grondwaterstand en vijverpeil had dit tot gevolg?

5 **-De heersende grondwaterstand kan grote invloed hebben op de berging en infiltratiesnelheid. Welke grondwaterstanden zijn opgetreden en zijn er in de toekomst hogere grondwaterstanden te verwachten?**
Van de grondwaterstanden, gemeten in divers peilbuizen, is een relatie bekend met de neerslag en drinkwateronttrekking. Deze relatie kan nu worden ingezet om de extremen te bepalen voor de grondwaterstand.

6 **-Wat is de invloed van het uitzetten van de grondwater winning ten behoeve van drinkwater(op de grens van Hilversum en Laren) ter waarde van 2miljoen m³/jaar, op de berging van de Vijvers Anna's Hoeve?**
Van de grondwaterstanden, gemeten in divers peilbuizen, is een relatie bekend met de neerslag en drinkwateronttrekking. Deze relatie kan nu worden ingezet om de extremen te bepalen voor de grondwaterstand.

7 **-Een randvoorwaarde is dat er te alle tijde 200m³/u bronneringswater op het systeem moet kunnen. Wat is de invloed van dit bronneringswater op de berging van de vijvers Anna's Hoeve?**
De extremen zullen eerst gestapeld worde doorgerekend: Maximale grondwaterstand, maximale aanvoer en een extreme infiltratieweestand. Dit geeft een eerste inventarisatie van de grootte van het probleem en geeft een gevoel bij het probleem. Hoeveel m³ aan bergingscapaciteit komen in dit geval tekort?

8 **-Waar ligt de gevoeligheid van het bergingsprobleem?**
Heeft de infiltratieweerstand van de vijvers een grote invloed op de capaciteit of is bijvoorbeeld het aantal m2 verhard oppervlak dat tot afstroom komt tijdens een heftige regenbui maatgevend voor de hoeveelheid benodigde berging?

Hoofdstuk 4: Beantwoording deelvraag 1.

Bij het begin van het onderzoek is eerst onderzocht welke gegevens er beschikbaar waren.
Na deze verzameld te hebben worden ze geanalyseerd en gearchiveerd op basis van relevantie.
Zo kwamen er veel rapporten uit het verleden naar boven waar diverse aanbevelingen worden gegeven, deze worden in deelvraag 1 toegelicht. Naast deze aanbevelingen zijn er ook een hoop data/uitgangspunten gebruikt. Deze zijn zo veel mogelijk verzameld en geanalyseerd. Deze zijn gebruikt voor het vooronderzoek. Zo kan snel worden bekeken waar extra onderzoek nodig is.
Ook wordt het meetsysteem van de Gemeente Hilversum onder de loep genomen. Zo monitort de Gemeente Hilversum onder andere de grondwaterstanden van Hilversum op ongeveer 60 Locaties, en worden vijverpeilen gemeten met een zogenoemde “diver logger”. Deze meetgegevens zullen worden uitgelicht in de uitwerking van deelvraag 2.

In dit hoofdstuk worden de volgende punten besproken:
-Beschikbare rapporten in opdracht van Gemeente Hilversum geschreven.
-Neerslag gegevens vanaf 2009 tot heden.
-(Extreme) grondwaterstanden
-SOBEK model inclusief de input gegevens.
-Vijverpeil meetgegevens.

4.1 -Inventarisatie gebruikte data in de reeds bestaande onderzoeken.

In de tabel staan horizontaal de diverse rapporten genoteerd. Vervolgens staan er per rapport de belangrijkste uitgangspunten genoteerd. De belangrijkste aanbevelingen zijn ook overgenomen.

Onderzoek watersysteem H'sum Oost(Dienst Waterbeheer	Effect peilopzet vijvers Anna's Hoeve, Hilversum (Wareco ing.)	Aanvullende berekingen watersysteem Hilversum-Oost (Acacia water)	NBW-Toetsing Hilversum-Oost (Nelen & schuurmans)	Kalibratie Rioleringsmodel Hilversum (Royal Haskoning DHV)
september-03	november-14	april-09	april-09	juli-13
Pomp capaciteit 1200/1500 of 2000m³/u	Bij grootschalige infiltratie, invloed enkele honderden meters	Vitens grondwaterwinhoeveelheid: 2miljoen m³/jaar	Initieelpeil Vijvers Anna's Hoeve 1,0m+NAP	Lorentz-/Riebeeckvijver hebben een dichte bodem
43560m³ berging in de Vijvers AH bij initieel peil 2,18m+NAP	Infiltratie (door de bodem)vijverbodem Anna's Hoeve, 0,03m/dag	Bodemweerstand voor de Laarder wasmeren 70dagen	Peil vijvers AH in de zomer mogelijk nog lager dan 1m+NAP.	Initieelpeil van de Vijvers AH 0,8m+NAP
Infiltratie (door de bodem)vijverbodem Anna's Hoeve,	Infiltratie capaciteit(door de bodem) dus: 500m³/dag a 3000m³/dag	Bodemweerstand voor de vijvers Anna's Hoeve circa 31dgn(=0,03m/dag)	De bedachte noodberging zal 1x per 2jaar vol lopen	Aanbeveling infiltratie Vijvers AH meten
Bronneringswater 100m³/uur	Initieelpeil Vijvers Anna's Hoeve 1,7m+NAP	Infiltratie capaciteit(door de bodem) Vijvers AH2000m³/dag	Pomp capaciteit van de lorentzvijver in toekomstige situatie te klein.	Infiltratie (door de bodem)vijverbodem Anna's Hoeve,
	Aanbeveling infiltratie Vijvers AH meten	Maximale grondwaterstand bij peilbuis 27 =2,5m+NAP	Infiltratie van de Vijvers AH is 0,03m/dag	Wél talud in opp. Vijvers AH meegerekend
		Aanbeveling infiltratie Vijvers AH meten	Berging Vijvers AH is 0m³	Naar verwachting hogere infiltratie in de slootranden

Uit de gegevens in de tabel kan worden geconcludeerd dat:

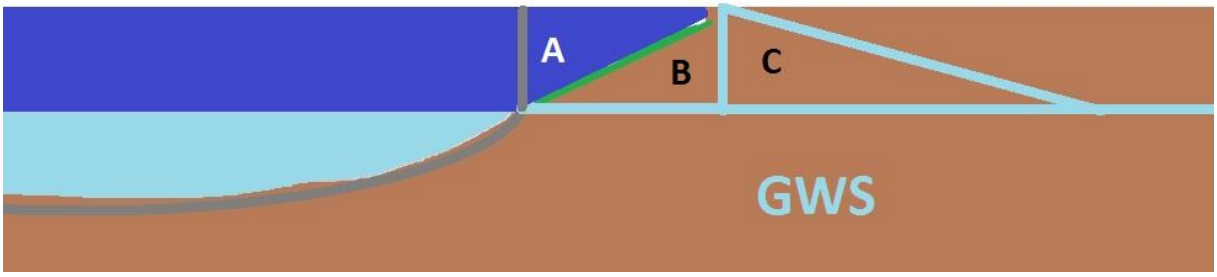
- de infiltratiesnelheid in de vijvers Anna's Hoeve een onzekere factor is, meestal wordt 0,03 m/dag aangenomen, aanbevolen wordt deze nader te bepalen
- de getallen voor de berging in de vijvers lopen uiteen en zijn vermoedelijk groter door een extra infiltratiecapaciteit in de oevers.

Er wordt gerekend vanuit verschillende peilen van de vijver, welke van invloed is op de berging

Hoofdstuk 5 Beantwoording deelvraag 2

5.1 -Wat is de berging van de vijvers Anna's Hoeve en in hoeverre is deze berging afhankelijk van de grondwaterstand en Bodemweerstand? En hoe groot is de oever infiltratie?

Allereerst wordt in de paragraaf de werkelijke inhoud van de vijvers Anna's hoeve nauwkeurig bepaald. In voorgaande onderzoeken werden de vijvers veelal beschouwd als een bak met rechte wanden. In werkelijkheid hebben de overs een behoorlijke helling die weldegelijk invloed heeft op de inhoud van de vijvers.
Tevens spelen deze oevers een belangrijke rol bij het infiltrerend vermogen van de vijvers. Juist deze oevers, die regelmatig droogvallen, bevatten geen tot weinig slib en het water kan hier dus behoorlijk infiltreren. In geen van de voorgaande onderzoeken is de infiltratiesnelheid en bodemweerstand gemeten. Vanwege het vermoeden dat het infiltrerend vermogen van de oevers significant kan bijdragen aan de capaciteit van de vijvers, zijn veldmetingen uitgevoerd.(lit.7, lit.9)



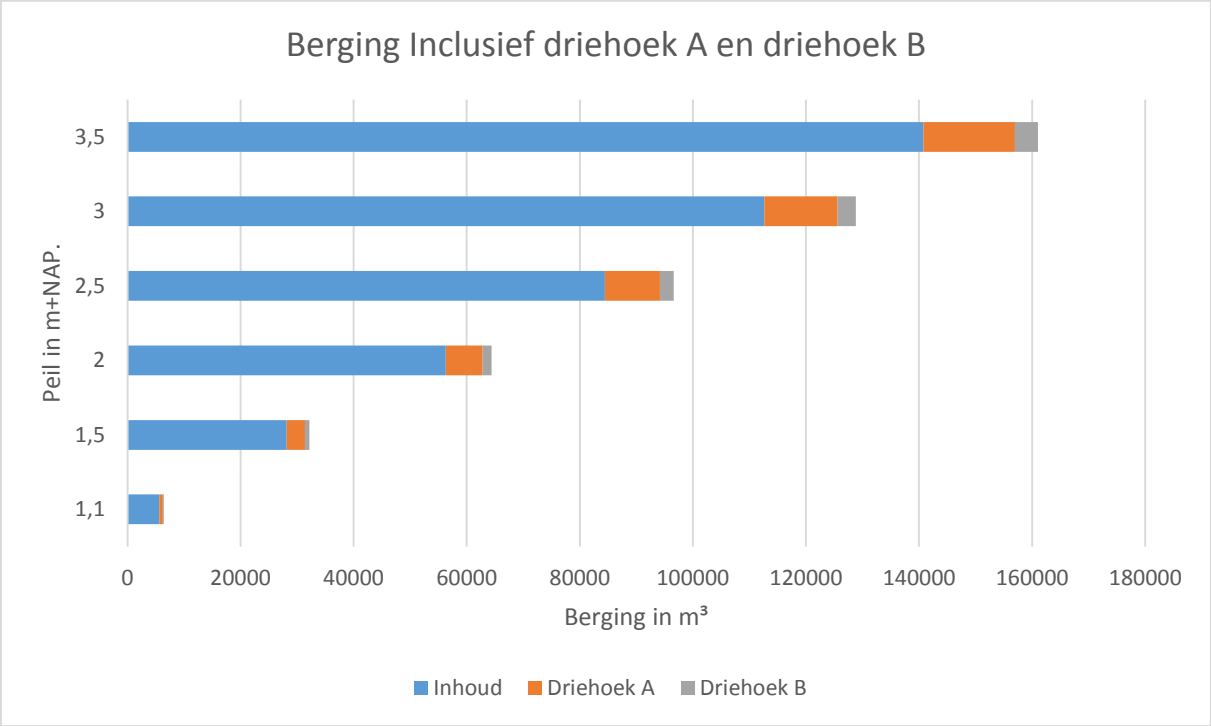
Figuur 3 Schematisering doorsnede vijvers Anna's Hoeve

Zoals in Figuur 4 is uitgebeeld, een doorsnede van de vijvers Anna's Hoeve. Het initiële vijverpeil is licht blauw. Het donkerblauwe vlak stelt een gestegen peil voor. Voorheen of uit praktische overwegingen is bij berging vraagstukken enkel gerekend met het bodemoppervlak van de vijvers behorend bij het initieel peil = GWS. Dit betekent dat de oppervlakte niet veranderd naar mate het peil stijgt. Tijdens veld-bezoek is gebleken dat de oever toch een behoorlijk talud had. Het vermoeden was er toen dus ook dat deze oevers een grote invloed hebben op het oppervlak. Dit betekent dat zodra het peil stijgt, de oppervlakte toeneemt. Door per vijver het gemiddelde talud te bepalen op basis van veldmetingen, kon een berekening worden gemaakt hoeveel driehoek A zou inhouden. De inhoud van driehoek A is circa 10% van het geheel bij een maximaal vijverpeil. Doordat de oever verzadigd raakt (driehoek B), stijgt het bergend vermogen bij een peilstijging nog meer. Voor het poriëngehalte is 25% aangehouden wat de inhoud van driehoek B, tot 25% van driehoek A brengt.
De groene streep tussen beide driehoeken symboliseert de oever en heeft een bijbehorende infiltratie weerstand. Deze weerstand is op meerdere locaties in het veld gemeten. Door oever infiltratie vullen driehoek B en C zich. De hoogte van beide driehoeken is de peilstijging. De lengte van deze driehoek zal worden toegelicht in een van de volgende alinea's. Hieronder wordt beschreven hoe de inhoud van de driehoek A, B en C zijn bepaald.

Driehoek A en B

Hieronder is de grafiek te zien welke is opgezet aan de hand van de analyse over de Vijvers Anna's hoeve. Zo is er een oppervlak genomen welke is gemeten in een satellietfoto. Vervolgens is de omtrek gemeten in de satellietfoto en vermenigvuldigd met het talud van de oevers om zo bij elke waterstand een nieuwe natte omtrek te krijgen. Deze getallen bij elkaar vormen de netto berging exclusief driehoek C. De beschikbare berging in driehoek B is, uitgaande van een poriën gehalte van 25%, 25% van driehoek A.

Zoals aangegeven in de grafiek is 1m+NAP het nulpunt van onze berekening. Alles boven 1m+NAP wordt beschouwd als berging. Een vijverpeil lager dan 1m+NAP is zeer onwaarschijnlijk.



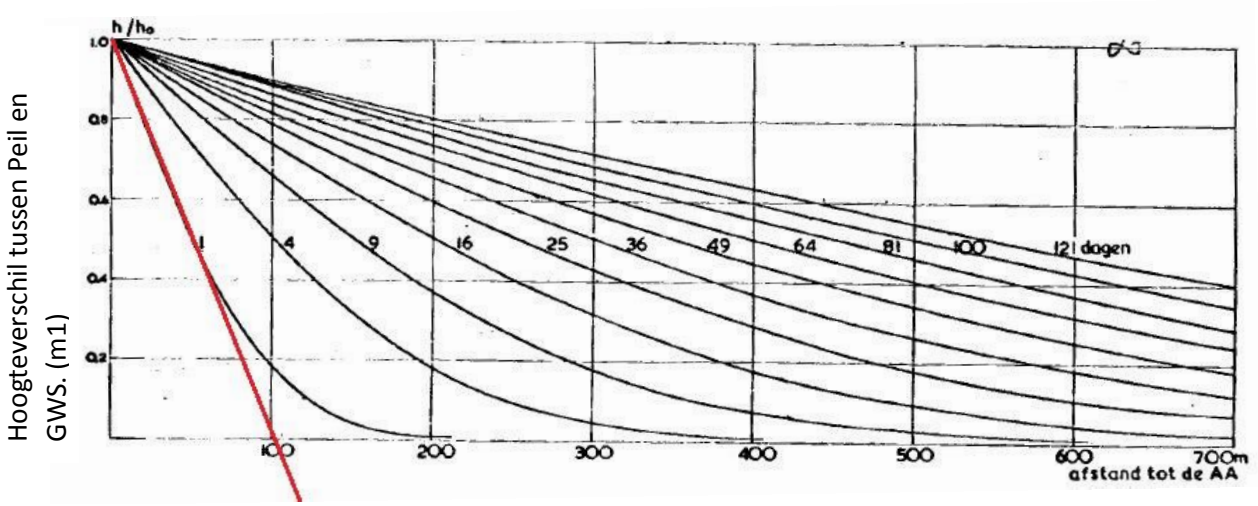
Figuur 4 Netto inhoud vijver exclusief oever verzadiging en infiltratie.

Driehoek C

Tijdens het inwinnen van informatie bij een Geohydroloog(Jaco van der Gaast van Acacia-water), vertelde hij dat de vijvers gezien konden worden als een koekenpan. Dat de gehele bodem van de koekenpan de sliblaag voorstelt waardoor een geringe hoeveelheid water kan stromen (percoleren) en dat de "Hoogte" van de koekenpan het vijverpeil is. Zodra er een plens water bij komt van een grote bui, en het peil daardoor snel stijgt, komt het vijverpeil in contact met een onverzadigde oever. Deze oever met zijn begroeiing, zandlaag en het ontbreken van een sliblaag is ideaal voor water om te infiltreren. Ook de wortels van vegetatie kunnen de infiltratie vergemakkelijken. Deze infiltratie straalt op korte termijn, circa tientallen meters rondom de vijver uit. Het vijverpeil dat stijgt en in contact komt met een onverzadigde oever, stelt het over de rand stromen van een koekenpan voor. Dat het meten van deze infiltratie en dus de verzadiging van de oevers een logische stap is blijkt uit deze hypothese. (lit.8)

Formule van Ernst

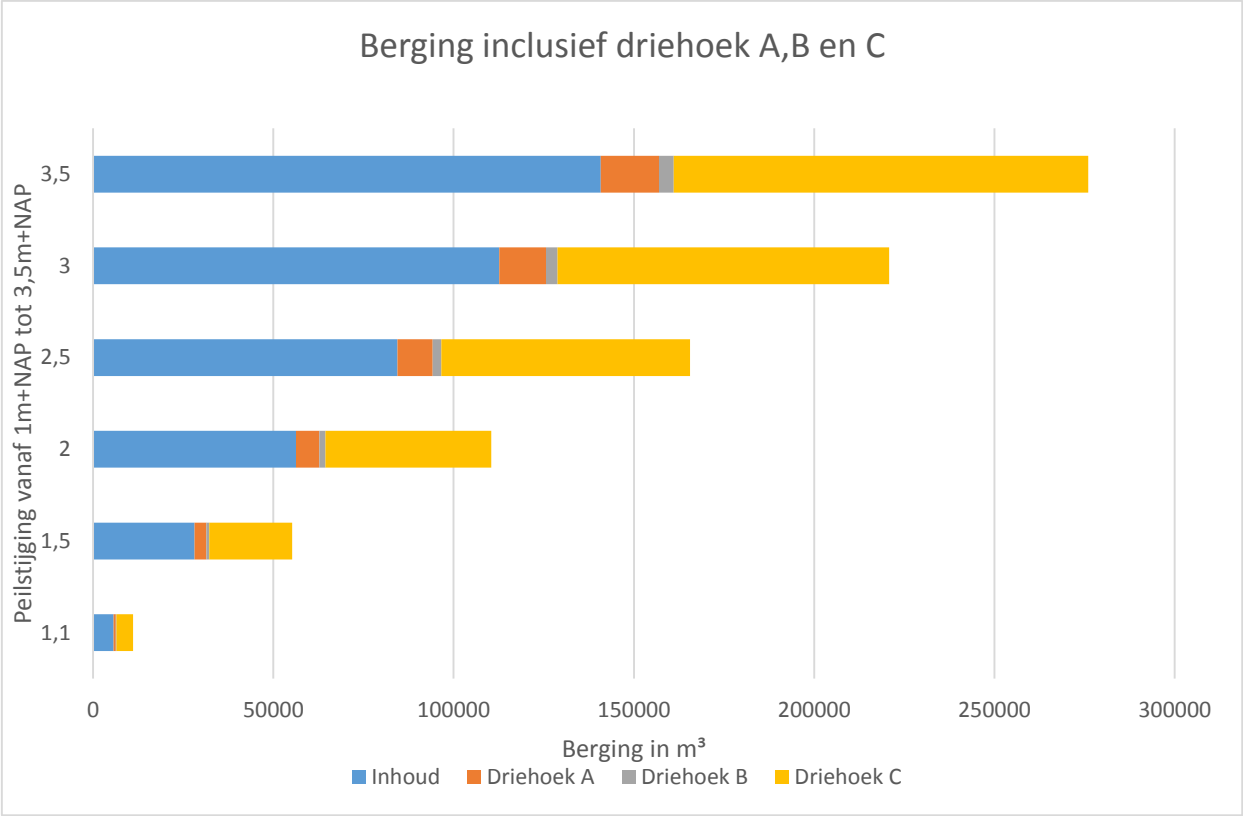
Om de inhoud van de driehoek C te kunnen bepalen heb je een uitstraling nodig. Dit wil zeggen hoever komt het water bij een stijghoogte van 1 meter. De snelheid waarmee water horizontaal door de bodem kan stromen (de horizontale doorlatendheid) k-horizontaal (m/d), heeft invloed op de uitstraling naar de omgeving. Dit kan worden benaderd met een formule waarmee de voortplanting van een golf als gevolg van een plotselinge peilstijging wordt berekend. Zo blijkt uit een analyse van Ernst dat bij een horizontaal doorlaatvermogen (kD) =van 700m²/dag, de uitstraling na 1 dag circa



Figuur 6 Formule van Ernst

200 meter is. Aangezien de door Ernst, 1959(lit.8) opgestelde formule niet eenvoudig is en het doorlaatvermogen van het watervoerende pakket binnen dit onderzoek niet is onderzocht is er voor gekozen om de afstand waarmee geïnfiltreerde water zich verspreid rondom de vijvers te benaderen. Deze afstand kan nauwkeuriger worden bepaald door een raai met peilbuizen loodrecht op de oever te plaatsen.

Bovenstaande figuur laat een benadering zien van de uitstraling. Zoals te zien is, is de uitstraling benaderd met de rode lijn. Deze grafiek is op basis van een doorlaatvermogen (kD) van 700 m2/dag. Bij de vijvers Anna's Hoeve is de kD factor mogelijk nog hoger (= gunstig). Een hogere kD factor geeft een grotere uitstraling. Vooralsnog is een uitstraling van 100meter aangehouden. Bij een stijghoogte verschil van 2,5 m, een uitstraling van 100 meter en een poriëngehalte van 25%, is de inhoud van driehoek C circa 115.000 m³.



Figuur 7 Berging inclusief driehoek A, B en C in m³

Aanbevelingen

De inhoud van driehoek C wordt in dit onderzoek als benadering berekend.
Doormiddel van een boring en bodemlaagdikte bepaling zou een nauwkeurige kD-factor bepaald kunnen worden. Met deze factor kan de uitstraling exacter berekend worden. Een raai met peilbuizen loodrecht op de vijver, kan een grondwaterstandsstijging als gevolg van een hoger vijverpeil geanalyseerd worden.

Introductie veldwerk Infiltratiemetingen

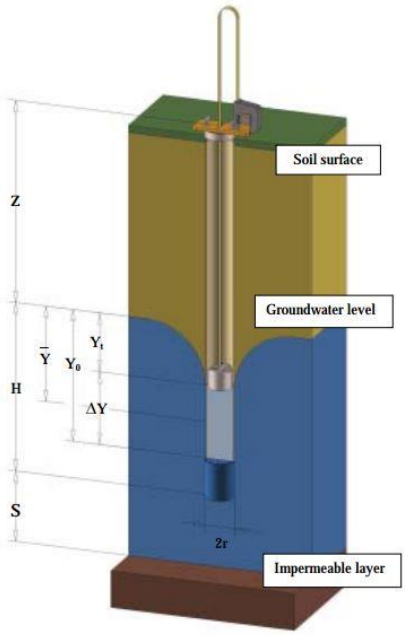
Zoals hierboven staat geschreven, is het meten van de oever verzadiging een vereiste om het bergingsvraagstuk sluitend te krijgen. Om deze verzadiging te kunnen meten, wordt de infiltratie gemeten. De “K-waarde” van de grond (de doorlatendheid van de onverzadigde bodem) geeft een indicatie van het doorlaatvermogen van de bodem. (lit.9)

De meet methoden

Voor het meten van de doorlatendheid worden 2 testoptellingen gebruikt. Te weten de Hooghoudt methode en de “Double ring infiltrometer”. Waarbij met de Hooghoudt methode de horizontale doorlatendheid van de bodem ter hoogte van het grondwatervlak wordt gemeten, en de Infiltrometer meet de verticale infiltratie snelheid van de bovenste grondlaag. Hierbij kan de meting met de infiltrometer worden beïnvloed door onzuiverheden in de toplaag, denk aan takjes of vervuiling. Hooghoudt meet enkel de horizontale doorlatendheid op de geboorde diepte. Beide meten dus de doorlatendheid (k-waarde) van het dekzand.

Hooghoudt:

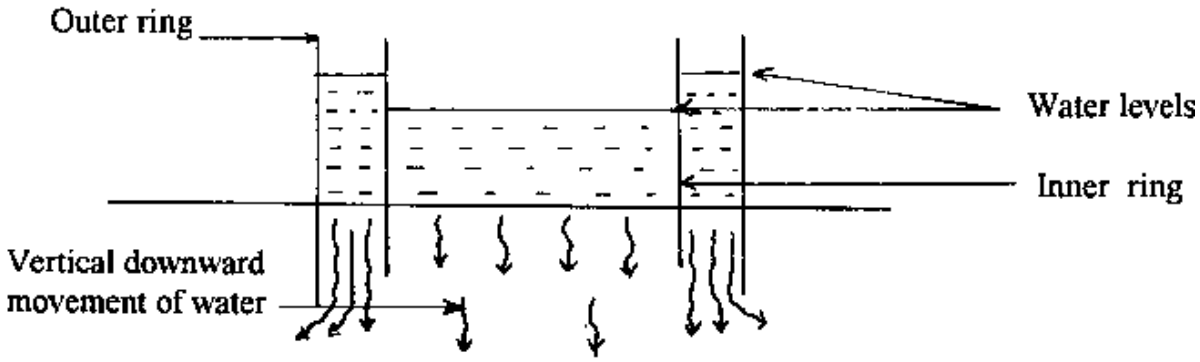
De hooghoudt meting bestaat uit een grondboor (80mm doorsnede), een zandfilter (75mm doorsnede en 1m lang), een puls pomp om water uit het boorgat te pompen. Een vlotter voor niveau metingen in het boorgat en diverse hulpstukken. Het idee is dat een boorgat wordt gecreëerd van minimaal 20cm diep onder het grondwater niveau. Dieper is gewenst, maar niet dieper dan 40cm. Uit de praktijk blijkt dat dieper dan 40cm onder het grondwaterniveau niet mogelijk is omdat het boorgat dan te snel weer vol spoelt. Hierdoor wordt tevens het boorgat ter plaatse van de boorgatbodem groter door het snelle inspoelen. Nadat het boorgat geboord is, wordt het zandfilter geplaatst. Dit is een stalen buis met kleine gaatjes. Na het plaatsen van het zandfilter wordt enige tijd gewacht tot de grondwaterstand in het boorgat is hersteld. Uit de praktijk blijkt dat de hoogste stand wordt bereikt na circa een tot anderhalf uur.
Na het bereiken van het “initieel peil” kan worden begonnen met de meting. Met een puls pomp wordt met de hand zoveel mogelijk water uit het boorgat gepompt. Hierna wordt de vlotter snel terug in het boorgat geplaatst en wordt op vaste tijdstippen de stand gemeten. Hier zijn de eerste 5minuten erg belangrijk omdat het water snel omhoog komt. In dit geval tot wel circa 2cm per 10seconde.



Figuur 8: Principe tekening. Bron: Eijkelkamp.nl

Double Ring Infiltrometer

Het principe van de Double Ring infiltrometer, is feitelijk erg simpel. Plaats 2 stalen ringen in elkaar. Zorg dat ze voor 1/3^{e} in de grond zitten. En vervolgens worden de ringen met water gevuld. Door de infiltratie capaciteit van de bodem zal het water langzaam de grond intrekken. De middelste ring wordt op “peil” gehouden met een fles van mariotte. De fles van mariotte zorgt door een luchtbel boven in de fles voor een atmosferische druk ter plaatse van het pijpje wat de fles uit gaat. Deze fles is gemonteerd op de middelste ring en houd dit peil, onafhankelijk van diens snelheid, op constant peil. De buitenste ring wordt met de hand op peil gehouden. Deze buitenste ring zorgt ervoor dat het water in de binnenste ring verticaal infiltreert. Dit doordat het water uit de buitenste ring vrij kan infiltreren in elke richting zal het water in de middelste ring enkel verticaal infiltreren. Dit komt de kwaliteit van de meting ten goede.



Figuur 9 Infiltrometer doorsnede Bron: Eijkelkamp.com

Kwaliteitsborging en validatie

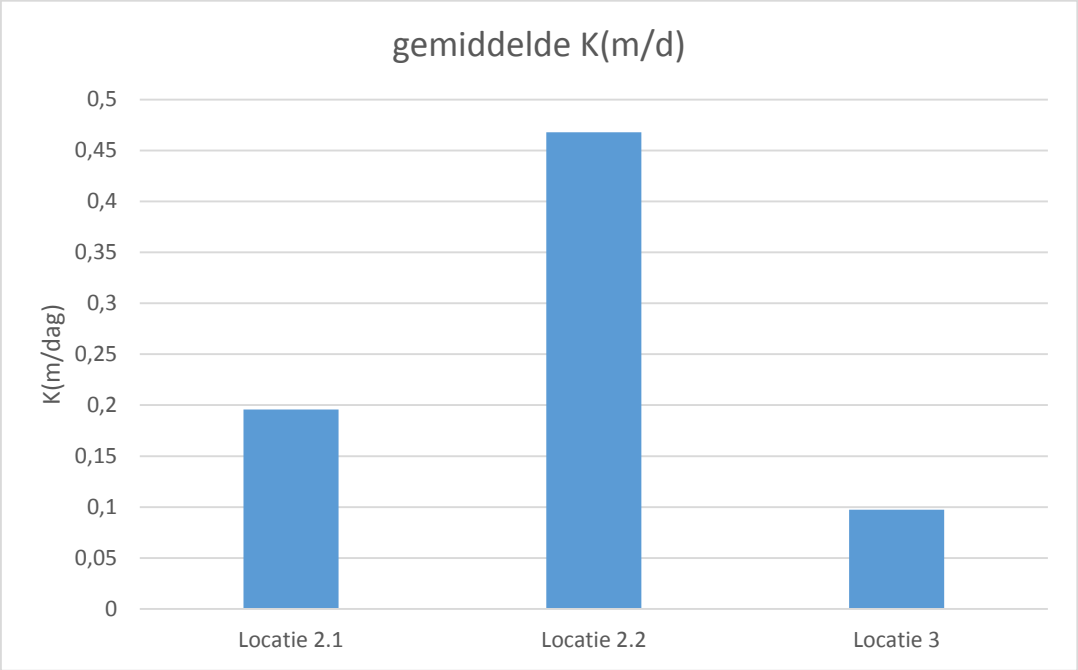
Kwaliteit is binnen een onderzoek erg belangrijk. Welke waarden hebben de uitkomst, als ze niet gecontroleerd kunnen worden? Hetzelfde geld voor de uitgangswaarden, deze waarden moeten reproduceerbaar zijn, zodat resultaten kunnen worden gebruikt in vervolg studies. Daarom is kwaliteitsborging ervan erg belangrijk. In het geval van modelberekeningen is niet altijd de mate waarin het model de werkelijkheid simuleert een maat voor de kwaliteit. Een model kan makkelijk worden aangepast met niet realistische parameters. Een model is dan ook altijd een benadering. Met een zorgvuldige beschrijving van de onzekerheden kan de kwaliteit worden verhoogd.

Model validatie

Bij model berekeningen is validatie erg belangrijk. Daarom zijn er per locatie meerdere metingen gedaan om zo een nauwkeuriger antwoord te krijgen.

Meetresultaten infiltrometer:
Zoals hierboven staat beschreven is er op meerdere representatieve locaties gemeten. Gezien het meten op 1 locatie circa 8uur of langer duurt, hebben we het aantal beperkt moeten houden.

De gemiddelde K waarde die hier uit naar voren komt:



Hierin is Locatie 2.1 op een hoogte van 20cm boven het waterniveau, dit is een representatieve hoogte. Als het waterpeil maar iets stijgt, komt het in deze infiltratie zone terecht.

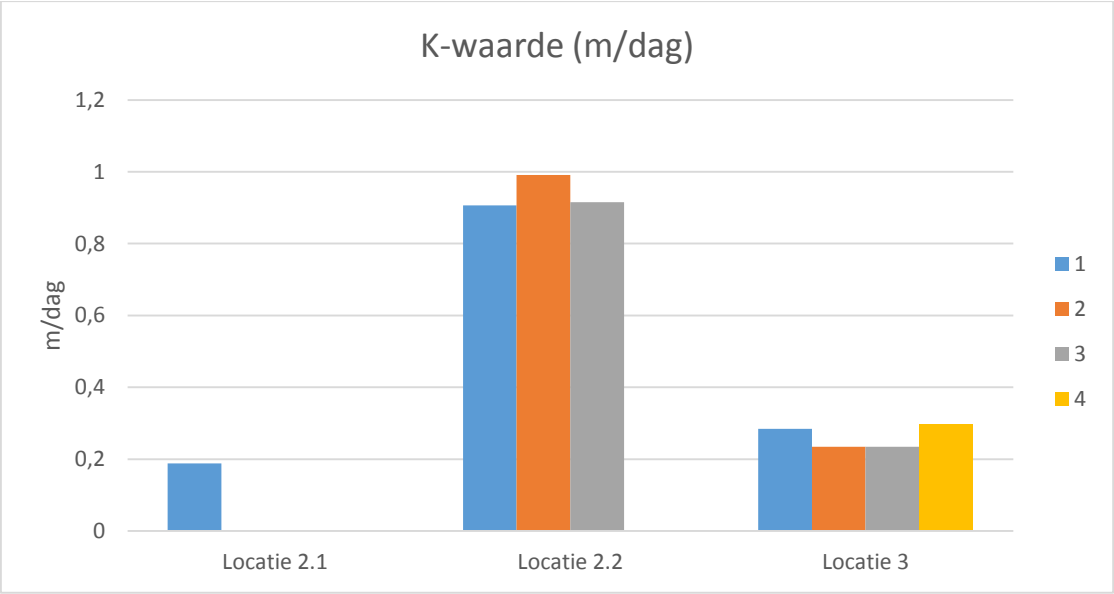
Locatie 2.2 is gemeten bovenop de speelweide. Dit is dus grond zonder een grote intree weerstand, het water kan hier makkelijk infiltreren en lag op moment van meten ongeveer 80cm boven het waterniveau.

Locatie 3 is een representatief stuk oever waar achteraf veel verdorde vegetatie in de grond bleek te zitten. Vandaar de wat lagere waarden. Toch is dit nog behoorlijk hoog in vergelijking met de sliblaag op de bodem. Het inslagpeil van deze locatie was 40cm boven het waterniveau.

Meetresultaten Hooghoudt proef:
Op dezelfde Locaties als de infiltrometer zijn ook de Hooghoudt metingen gedaan. De hooghoudt proef is gedaan zoals hierboven staat beschreven. Te zien is dat het gemiddelde erg wisselend is. Zowel Locatie 2.1 als 3 zitten op ongeveer 30cm boven het waterniveau. Locatie 2.2 zit op de speelweide Waar de K-waarde ondergronds dus erg hoog waren(hoge doorlatendheid).(lit 7)

Tijdens het boren op locatie voor de meting, kwam al naar voren dat locatie 1 erg vervuild was. Dikke lagen van leem en klei wijzen erop dat de plek een favoriet is bij de eenden en ander gevogelde.

Dit geld ook voor locatie 3. Te zien was ook dat het een populaire plek was waar vaak geluncht en gepicknickt word. Zo waren er sporen van glas te vinden op een halve meter onder maaiveld, en dikke lagen klei en leem. Dit verklaart de grotere bodemweerstand hier.



Figuur 10 Overzicht veldwerk locaties

In bovenstaande afbeelding is te zien waar de meet locaties zich bevinden. In de tabel hier onder zijn de gegevens te zien van de locaties.

Locatie:	Kleur ster:	Inslagpeil meetlocatie	Vijverpeil tijdens meting	Opmerkingen
Locatie 2.1	Rood	2.3m +NAP	2m+NAP	
Locatie 2.2	Blauw	2.8m +NAP	2m+NAP	Speelweide
Locatie 3	Paars	2.3m + NAP	2m+NAP	Veel verdorde vegetatie

Hoofdstuk 6 Beantwoording overige deelvragen

6.1 -Wat is de hoeveelheid water die geborgen kan worden in het rioolsysteem voordat de overtollige hoeveelheid water in de vijvers terechtkomt?

Het volledige riool systeem van zowel het hemelwater als de droogweer afvoer, is gemodelleerd in SOBEK (DHV). Voor de werking van de vijvers zijn aannames gedaan. Het model is beperkt gekalibreerd aan metingen. Het model geeft getallen voor de Berging in het riool. Zo past er in het riool stelsel van heel Hilversum ongeveer 75.500m³ aan water. Hilversum oost beslaat ongeveer 40% hiervan.

SOBEK

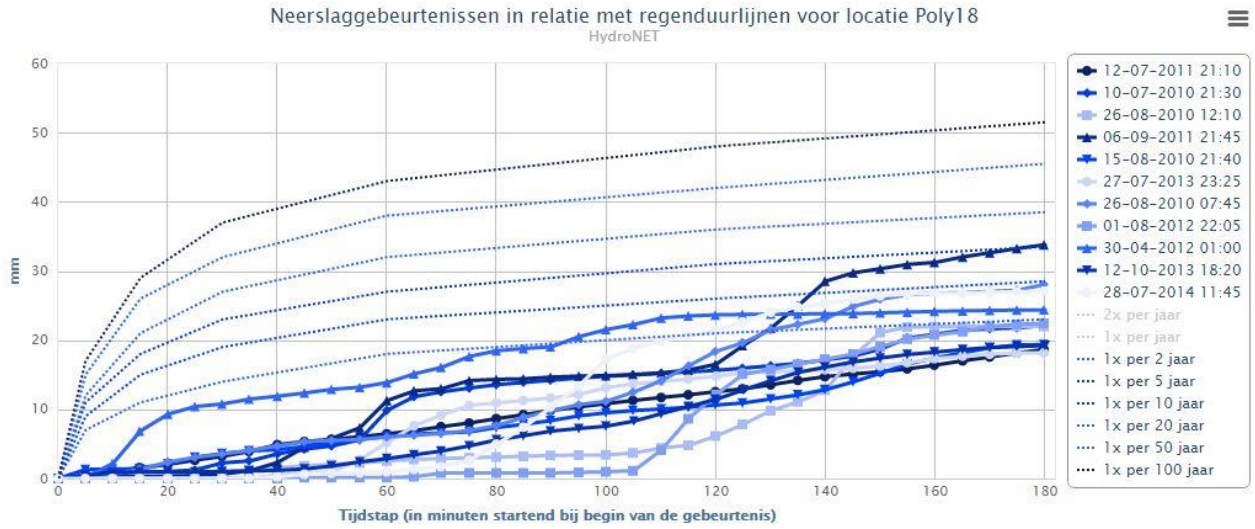
De modelleringssoftware SOBEK wordt vaak toegepast bij rioolberekeningen. De software heeft als voordeel dat het rioolmodel kan worden gekalibreerd op capaciteit, stroomsnelheid, debieten en kennis over “water op straat”. Een model als deze mag eigenlijk niet ontbreken voor een dergelijk groot stelsel zoals bij Hilversum. Hierom is al vroeg begonnen met een geavanceerd model. Hier zijn de laatste wijzigingen in verwerkt en is dus erg actueel. Tevens is een, voor Hilversum, grote bui met neerslag hoeveelheid van 70mm/3 uur ingevoerd in SOBEK. Deze bui kan dus worden gebruikt om gegevens te kalibreren.
Tevens zijn zeer recent de verharde oppervlakken en schuine daken opnieuw opgenomen. Via satellietbeelden is Hilversum geanalyseerd en is zo een actuele hoeveelheid benaderd.

6.2 -Hoe extreem waren de buien na de afkoppeling van de Laarder Wasmeren? Hebben we het puntje van de ijsberg gezien? Of waren dit al een zware buien?

Neerslag gegevens

Sinds een paar jaar is de Gemeente Hilversum geïnteresseerd geraakt in specifiekere neerslag gegevens. Opzoek naar een geschikte partner voor het leveren van deze betrouwbare gegevens kwam zij uit bij Hydronet. Dit is een zeer flexibel bedrijf welke naar oppervlakte op de kaart neerslaggegevens aanreikt in elk gewenst formaat. Denk hierbij aan verslaggegevens met half uur. Gegevens in mm/oppervlakte en vergelijkingen met bijvoorbeeld een jaargemiddelde en een T=100 buienreeks. (Bijlage 1)

Hydronet is in 2009 begonnen met het uitrollen van deze gegevens en gebruikt geavanceerde satellieten voor het bepalen van de gevallen hoeveelheden.



Figuur 11 buienreeks voor Hilversum, zwaarder dan 18mm/u na 2009.

Figuur 13 Voorge

Figuur 12 millimeters regen per 24uur per riooldistrict in Hilversum.

26-08-2010

Op 26 augustus 2010 vielen er 2 buien, te weten een T=5 bui en een T=2 bui. Toch zorgde deze 2 buien samen voor een dag balans van 74,6 mm/24uur, zie figuur 14. Volgens de KNMI buienreeks in Bijlage 1, valt zo'n water bezwaar slechts eens per 60 jaar. Dit was dus nog geen dag hoeveelheid die hoort bij een T=100 bui, dan kan er 85mm vallen in 24uur. Tevens is bekend dat de neerslaghoeveelheden op jaar\basis steeds verder toenemen en buien intensiever worden. Een T=100 van nu zal in de toekomst hoger worden.

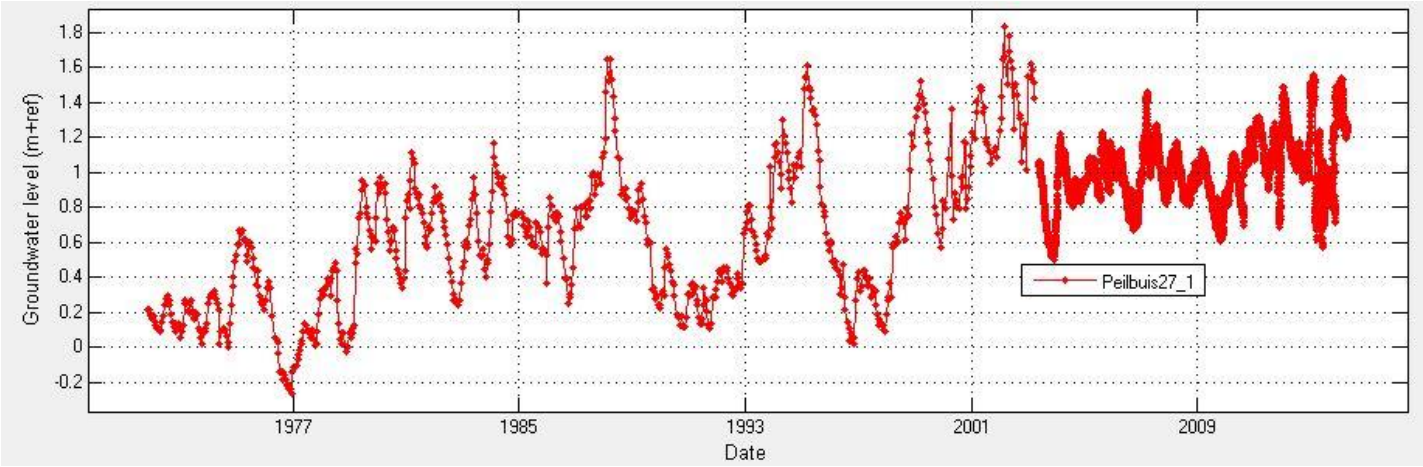
Conclusie: in de periode dat Anna's hoeve functioneert als berging voor hemelwater, sinds 2006, is nog niet de intensieve bui van een T=100 of meer gevallen, waar we in de toekomst wel op berekend moeten zijn.

Het bijzondere van de bui van augustus 2010 ze is dat het vijverpeil van de Vijvers Anna's Hoeve slechts 40 cm steeg in 24 uur en slechts 60 cm stijging had bereikt na 48 uur. Hierna daalde het peil alweer. In hoofdstuk 7 wordt verder ingegaan op de stijging van het vijverpeil tov de aangevoerde hoeveelheid.

6.3 -De heersende grondwaterstand kan grote invloed hebben op de berging en infiltratiesnelheid. Welke grondwaterstanden zijn opgetreden en zijn er in de toekomst hogere grondwaterstanden te verwachten?

De Gemeente Hilversum heeft intern al onderzoek gedaan naar dit vraagstuk. Zo is er medio 2000 uitgerekend dat er uit moet worden gegaan van een maximale grondwaterstand van 2,25m+NAP. Dit is ongeveer 1,3m boven het initieel peil van de vijvers Anna's Hoeve. Met deze grondwaterstand blijft er circa 1,2m over tot het maximum peil van de vijvers. Of deze grondwaterstand ooit een keer voor gaat komen in een periode dat een grote berging is vereist, is een lastig vraagstuk. Door de intensivering van de buienreeks en het steeds vaker voor komen van zware buien, wordt de kans groter dat ook ten tijde van hoge grondwaterstanden(maanden Maart/april) zware buien of lange natte perioden kunnen komen. Tijdens de zomermaanden is de grondwaterstand vaak tussen de 1m+ NAP en 1,6m+ NAP. Rond het einde van de winter en begin van het voorjaar, kunnen in extreme gevallen de hoogste grondwaterstanden worden verwacht. Dit zijn dan ook uitgangspunten van deze studie. Deze extreme grondwaterstand is opgebouwd uit de maximale grondwaterstand ooit gemeten in peilbuis 27 nabij de vijvers Anna's Hoeve, 2m+ NAP, zie figuur 14. *Figuur 14 grafiek vanaf 1985-heden laten zien).* Hier komt 0,25m bij ten gevolgen van klimaat veranderingen. Hier komt nog iets bij ten gevolgen van het uitzetten van de grondwater winning. Hier over leest u in de het volgende hoofdstuk meer.

Aanbevelingen maximale grondwaterstand:
De hier gebruikte maximale grondwaterstand is een grove benadering. Inmiddels zijn alle peilbuizen van de gemeente geanalyseerd (2014) en zijn de relaties met grondwateronttrekking en neerslag nauwkeuriger belend. Aanbevolen wordt om de maximale grondwaterstand hieruit nauwkeuriger te bepalen.



Figuur 14 Grondwaterstand nabij de Vijvers Anna's Hoeve.

Grondwaterstanden

Al sinds de jaren ’70 worden de grondwaterstanden gemonitord en bijgehouden.
Sinds de eeuwwisseling gebeurt dit met digitale “diver-loggers”. Deze meet-sondes, hangen in een geboorde peilbuis. Deze peilbuizen zitten tot maximaal enkele honderden meters in de grond. Vaak zitten deze grondwaterstandmonitor buizen een meter of 20 maximaal in de grond.
Deze Diver-loggers meten de druk (en dus de hoogte). Als van deze druk de toen geldende luchtdruk wordt afgetrokken blijft een waterhoogte over. Deze gegevens worden in een database verwerkt. Nu zijn er zeer uitgebreide grafieken voorhanden. Hierop is de hoogte te zien, en hoe deze varieert in de tijd in verband met het seizoen. Enkele conclusies kunnen er aan worden verbonden zoals de invloed van bepaalde gebeurtenissen in de omgeving.

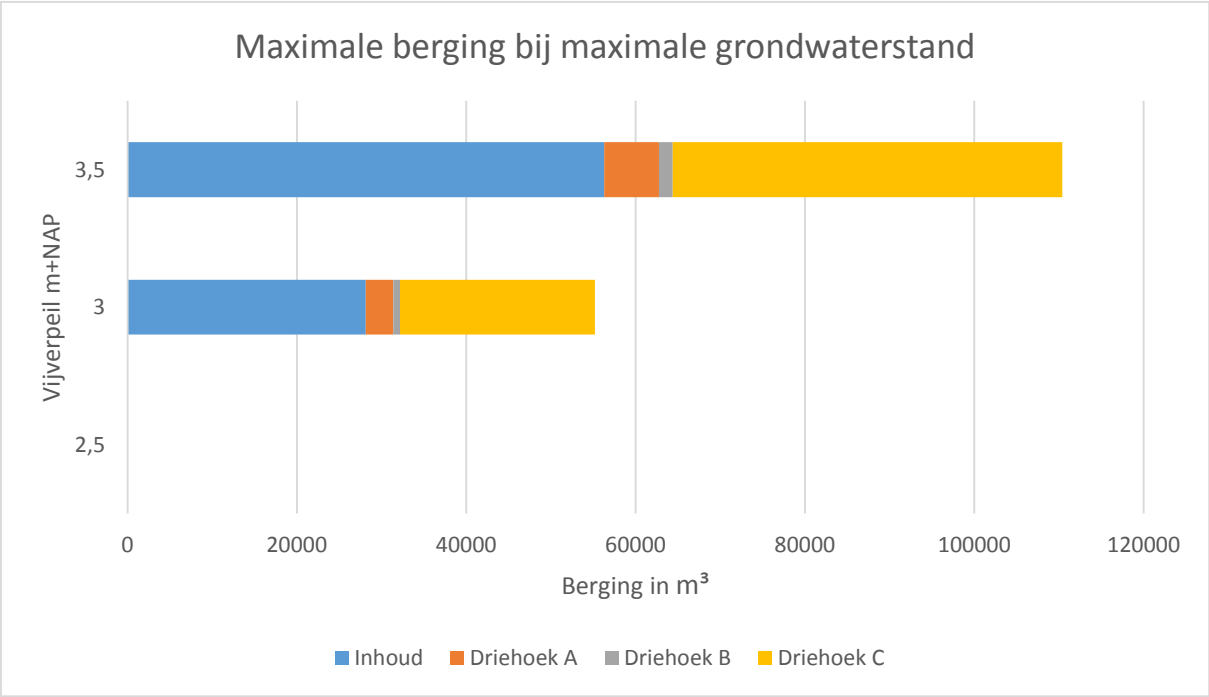
Figuur 15 Diver Logger. .

Gevolgen hoge grondwaterstand op de berging.

Naar mate de grondwaterstand stijgt, zal de berging afnemen. Zodra de maximale grondwaterstand bereikt is, zal de maximale berging uiteraard ook flink afnemen. De maximale grondwaterstand zal worden toegelicht in het volgende hoofdstuk.

6.4 -Wat is de invloed van het uitzetten van de grondwater winning t.b.v. drinkwater(op de grens van Hilversum en Laren) ter waarde van 3miljoen m³/jaar, op de berging van de Vijvers Anna's Hoeve?

Ook deze vraag is door de Gemeente Hilversum intern al uitgewerkt. Toch heeft het antwoord wel degelijk een grote invloed op dit onderzoek. Als er gekeken moet worden naar een bergings vraagstuk, moet er al gauw ruim 50jaar voorruit gekeken worden. Zo ook naar veranderingen in de toekomst, denk aan grote bouw projecten (veel bronnering), maar ook de drinkwaterwinning van Vitens. Dat de drinkwaterwinning wordt uitgeschakeld tussen nu en 50jaar is een mogelijkheid. Vitens is druk bezig drinkwaterwinningen op diverse plaatsen te bundelen en op 1 centrale plaats een grotere winning te bouwen. Zo is de drinkwaterwinning in Flevoland goed voor miljoenen kuub 's en is het wellicht een mogelijkheid dat het Hilversumse drinkwater daar ook vandaan gaat komen over 50jaar. De invloed van het uitzetten van de winning is door de gemeente Hilversum geraamd op 22,4cm stijging met een deviatie van 2,8cm. Dit is bepaald door middel van tijdreeksanalyses(Lit 5: KWR Gegevensverwerking en tijdsreeksanalyse gemeente Hilversum 2014). Dit brengt de totale maximale te verwachten grondwaterstand tot ca 2,5m+NAP.



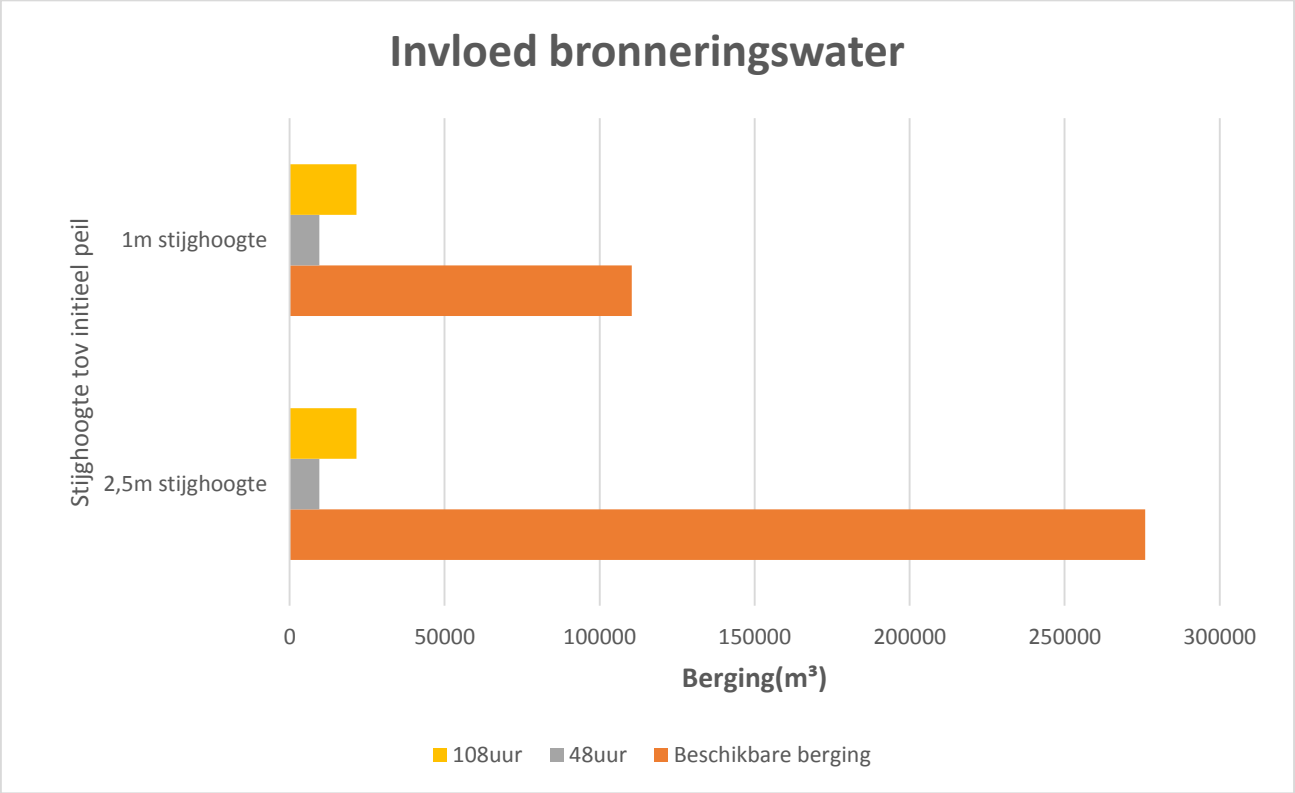
Nu blijft er circa 1meter over tot het maximum peil van de vijvers. Onderstaande grafiek geeft de berging van de vijver bij een grondwaterstand van 2,5 m+NAP, voor verschillende scenario's van het vijverpeil. Nu blijft er circa 1meter over tot het maximum peil van de vijvers.

6.5 -Een randvoorwaarde is dat er te allen tijde 200m³/u bronneringswater op het systeem moet kunnen. Wat is de invloed van dit bronneringswater op de berging van de vijvers Anna's Hoeve?

De maatgevende periode voor piekberging is vastgesteld op 48uur en 108uur. Dit is gebaseerd uit de rapporten analyse van Hoofdstuk4. Dit betekent dat er in deze periode het meeste neerslag valt. In deze periode is het dan ook het lastigst een extra hoeveelheid water te bergen. 48uur lang bronnerings water resulteert in 9600m³ extra water. 9600m³ is 3,5% van de totaal beschikbare hoeveelheid berging. De conclusie is dan ook dat dit niet gevoelig is. Met 3,5% mag je concluderen dat de bronnering die er te allen tijde op moet kunnen, er ook zeker op past.

Met een bui van 108uur is het een ander verhaal. Nu praat je al over 20.000m³ aan extra water. Dit is dan ook bijna 20% van de beschikbare hoeveelheid bij een hoge grondwaterstand. In combinatie met het lage peil heeft het slechts een invloed van 8%. Dit is dan weer niet gevoelig en is geen probleem op het totale water bezwaar.

Bronneringswater in combinatie met een hoge grondwaterstand.
Bij een extreem hoge grondwaterstand (NAP+2,5 m) is de overgebleven berging slechts 110.000m³.
In dit geval is het aandeel bronneringswater een stuk groter, bijna 10%.
Zoals te zien in onderstaande grafiek, de verhouding bronneringswater op de totale beschikbaarheid aan berging.



Figuur 16 Invloed bronneringswater

6.6 -Waar ligt de gevoeligheid van het bergingsprobleem?

Vanuit de NBW en de overheid wordt er aan gemeenten en waterhuiskundige geadviseerd het rioolstelsel in de stad te dimensioneren op een T=2. Dit houdt in dat er met een bui welke elke 2 jaar voorkomt, geen water op straat mag liggen al het water ten afstroom komt. Gezien de geadviseerde T=2 bui vaker voorkomt dan eens per 2 jaar in Hilversum, heeft er toe geleid dat het rioolstelsel op de meest kritieke punten (flink) vergroot is. De robuustheid van het stelsel is hiermee vooruit gegaan.

In Hoofdstuk 5 is te lezen dat de maximale berging een stuk groter is dan verwacht en eerst aangenomen.
Dat het rioolstelsel inclusief zijn afvoerpompen de begrenzende factor zijn binnen dit systeem, is gebleken uit vergelijkingen uit het verleden. Zoals in hoofdstuk 6.2 wordt genoemd is er in 2010 een Bui is T=60. Die dag viel er circa 74 mm water in 24uur. Dit zou volgens onze theoretische berekening leiden tot circa 165.000m³ water dat tot afvoer komt. Toch is het vijverpeil niet meer dan 80 cm gestegen in 2 dagen. In hoofdstuk 5 staat dat 1 meter stijging gelijk staat aan ongeveer 110.000 m³. 80 cm komt dan overeen met ongeveer 90.000 m³. Dit is bijna de helft van wat er verwacht werd. Hieruit zou je kunnen concluderen dat de rest van het water deels niet tot afvoer komt en deels wordt geborgen in het rioolstelsel zelf.
Metingen kunnen hier meer uitsluitsel over geven, de volgende paragraaf gaat hier verder op in.

Hoofdstuk 7 Te verwachten hoeveelheid waterbezwaar uit Hilversum-oost.

Om een gevoel te krijgen van de hoeveelheden wordt een T=100 bui vermenigvuldigd met het verhard oppervlak en een percentage van het onverhard oppervlak (Runoff). Een T=100 buienreeks zoals is te vinden in bijlage 1, geeft 85 mm per 24 uur voor een T=100. Zoals in Hoofdstuk 6.2 te lezen is, is er al een T=60 voorgekomen in 2010. Als we buiten beschouwing laten hoeveel het stelsel kan afvoeren, en of de pomp capaciteit voldoende is, kunnen we het aantal mm vermenigvuldigen met de oppervlakte. Dit is gedaan in de onderstaande tabel. Tevens is er geen rekening gehouden met de berging in het rioolstelsel zelf voordat het overstort naar de vijvers Anna's Hoeve.

Runoff Coëfficiënt.

De Runoff Coëfficiënt, is het percentage van het onverharde oppervlak dat ten afstroom komt tijdens een grote bui. In principe kan al het water infiltreren in een open bodem infiltreren. Een open bodem is een bodem welke niet bedekt is met tegels, asfalt of een andere (deels-) dichte bodem bedekking. Bij een grote/hevige bui komt er echter zoveel neerslag op het oppervlak terecht wat niet op tijd kan infiltreren, dit water komt tot afstroom. Het rioolstelsel wordt dus extra belast met dit water. In stedelijk gebied wordt in de ROW een coëfficiënt van 0,5 tot 0,7 aangehouden. Hilversum heeft veel hellend maaiveld en tevens veel betegelde voortuinen. In deze is het realistisch de coëfficiënt wat te verhogen. Een coëfficiënt van 0,7 ligt hier meer in de verwachting.

Uit de tabel kan worden geconcludeerd dat bij een runoff van 0,7, bij een bui T=100, 192000 m3 aan water tot afvoer komt uit Hilversum-oost.

In de toekomst kan, door intensievere buien, een T=100 groter worden dan 85 mm in 24 uur.
Er vanuit gaande dat er 192.000 m³ aan neerslag valt binnen 24 uur en dat al dat water naar de vijvers Anna's Hoeve moet worden verpompt is er een pompcapaciteit benodigd van 8000 m³/uur.
Een pomp met deze capaciteit is veel te groot en onwenselijk.

Figuur 17 Verwachtte waterbezwaar uit Hilversum-oost bij een T=100.

	Runoff coef: 0,0	Runoff coef: 0,5	Runoff coef: 0,7	Runoff coef: 1,0
Gesloten verharding(ha)	19,14			
Openverharding (ha)	46,74			
Daken vlak(ha)	31,1			
Daken Hellend(ha)	35,9			
Totaal Opp(ha)	132,88			
Totaal opp incl runoff(ha)	132,88	199,32	225,896	265,76
mm/24u	85			
equivelant aan T=	100			
totaal aan m³ neerslag	112948	169422	192012	225896

Aanbevelingen

Om dit probleem beter uit te werken is verder onderzoek verreist. Denk hierbij aan het meten van debieten richting de vijvers Anna's Hoeve. Tevens is het belangrijk de relatie Bui-intensiteit-afvoer richting de Vijvers te definiëren. Dit geeft extra inzicht in de werking en berging van het stelsel. Deze gegevens kunnen worden gebruikt om het bestaande SOBEK model te kalibreren.

Hoofdstuk 8 Conclusie “Is er extra berging vereist buiten de Vijvers Anna’s Hoeve om?”

Is er extra berging vereist buiten de Vijvers Anna’s Hoeve om?
Om dit vraagstuk te beantwoorden zijn de volgende waarden nodig:

1) de berging van de vijvers Anna’s Hoeve,
2) het maximaal waterbezwaar uit de stad
3) en de factoren die 1 en 2 beïnvloeden.

Maximale berging
De maximale berging is vastgesteld door middel van veldwerk en een gevoeligheid analyse. Zo bleek er na uitvoerig veldwerk maar liefst 276.000m³ in de vijvers te passen dankzij de formule van Ernst en een nauwkeurige oppervlakte berekening. De meeste extra berging is te realiseren door de oeververdaging te meten. Hier bleek circa 110.000m³ aan extra water te passen wat dankzij percolatie binnen 1 dag bereikt wordt bij een stijghoogte verschil van 2.5 meter. Dit is maar liefst 90% van de eerst berekende totale berging aan extra berging. Als het maximale peil van 3.5m+NAP, is 2,5 m stijghoogte verschil, langer aanhoud zou dit getal alleen maar groter kunnen worden omdat de percolatie verder doordringt, zelfs tot enkele honderden meters.

Water bezwaar uit de stad
Als er niet gekeken wordt naar het rioolstelsel wat het water vanuit de stad zou moeten transporteren en louter wordt gekeken naar de verharde oppervlakken en Runoff coëfficiënten van het onverharde oppervlak, is het waterbezwaar uit de Hilversum-oost richting de vijvers Anna’s Hoeve 192.000 m³. De berging in het rioolstelsel zelf is hierbij niet meegenomen. Dit kan enkele tienduizenden kuubs zijn.
De 192.000 m³ zou volgens de KNMI buienreeks een grotere kans hebben te vallen tijdens de zomer maanden. Dit is de periode dat het peil van de vijvers het laagst is. Toch zou het vijverpeil van de Vijvers Anna’s Hoeve maximaal 1,75m+NAP mogen zijn om dit water bezwaar volledig te kunnen bergen. Er is dan uit gegaan van de meest waarschijnlijke Runoff coëfficiënt.
Bij deze berekening is geen rekening gehouden met een natter worden klimaat een toename van T=100 in de toekomst

Variabele die invloed hebben op de berging
De twee variabelen die het meeste invloed hebben op de berging zijn de maximale grondwaterstand en het bronneringswater. Zoals hierboven staat vermeld, kan een T=100 bui worden geborgen mits de grondwaterstand lager is dan 1,75m+NAP. Echter is er in de toekomst een grondwaterstand mogelijk van 2,5 m+NAP. Dit verlaagt de maximale berging tot 110.000 m³. In dat geval moet er nog 82.000 m³ extra water, elders worden geborgen. Het bronneringswater is vastgesteld op 200 m³/uur. Dit heeft bij een hoge grondwaterstand een invloed van tussen de 8% en 20%, afhankelijk van de lengte van de bui. Dit betekent dat er van de 110.000m³ aan beschikbare berging er circa 88000 m³ over blijven. In dit geval moet er nog 114000m³ extra water elders worden geborgen.

Pompcapaciteit
In onze conclusie is geen rekening gehouden met de pompcapaciteit. Om het vijverpeil van de Vijvers Anna’s Hoeve op 3,5 m+NAP te krijgen, zou er al vanaf een vijverpeil van 2,2 m+NAP begonnen moeten worden met pompen. Tot het vijverpeil van 2,2m+NAP zou nog kunnen volstaan met vrij verval zoals in de huidige situatie. Om de maximale berging maximaal te gebruiken zou de pomp zo snel mogelijk moeten inslaan om overlast te minimaliseren in de stad.

“Waar blijft het vijverpeil van 3,5m+NAP?”

In 2010 is er zeer veel water gevallen, de intensiteit kan worden vergeleken met een T=60. Deze bui werd als zeer heftig ervaren maar toch werd het maximale vijverpeil van 3,5 m + NAP niet bereikt.

Uit dit onderzoek is gebleken dat de berging in voornamelijk de oevers van de vijvers behoorlijk is, wat verklaart dat het vijverpeil in 2010 weliswaar gestegen is maar niet tot maximaal. Ook kan worden geconcludeerd dat een T=100, wat het hemelwatersysteem in Hilversum-oost met de bijbehorende vijvers Anna’s Hoeve moet kunnen bergen, niet is opgetreden sinds de Laarder Wasmeren in 2006 zijn afgekoppeld.

Dit onderzoek geeft een getal voor de bergingscapaciteit die beschikbaar is in de vijvers Anna’s Hoeve, namelijk 110.000 m^3 bij een grondwaterstand van 2,5 m+NAP. De berging neemt toe bij een lagere grondwaterstand.

Een waterbezwaar dat bij een T=100 tot afvoer kan komen, hier berekend op 192.000 m3, zal het vijverpeil wel doen stijgen tot NAP+3,5 m. Bij een grondwaterstand hoger dan NAP + 1,75 m kan deze hoeveelheid niet volledig worden geborgen in de vijvers Anna’s Hoeve. Extra bergingscapaciteit is dan benodigd
Of de 192.000 m3 ook daadwerkelijk tot afvoer komt richting de vijvers zal met behulp van veldmetingen (debietmetingen en vijverpeilen) en een zo goed mogelijk gekalibreerd model van de riolering nader moeten worden onderzocht.

8.1 aanbevelingen

Runoff coëfficiënt en waterbezwaar uit de stad
Om de runoff coëfficiënt beter uit te werken is verder onderzoek verreist. Denk hierbij aan het meten van debieten richting de vijvers Anna's Hoeve. Tevens is het belangrijk de relatie Bui-intensiteit-afvoer richting de Vijvers te definiëren. Dit geeft extra zicht op de werking en berging van het stelsel. Deze gegevens kunnen worden gebruikt om het bestaande SOBEK model te kalibreren.

Maximale grondwaterstand
De gebruikte maximale grondwaterstand is een grove benadering. Inmiddels zijn alle peilbuizen van de gemeente geanalyseerd (2014) en zijn de relaties met grondwateronttrekking en neerslag nauwkeuriger bekend. Aanbevolen wordt om de maximale grondwaterstand hieruit nauwkeuriger te bepalen.

Oever verzadiging
De oever verzadiging wordt in dit onderzoek als benadering berekend.
Doormiddel van een boring en bodemlaagdikte bepaling zou een nauwkeurige kD-factor bepaald kunnen worden. Met deze factor kan de uitstraling exacter berekend worden. Door dit te combineren met veldwerk berekeningen kan de formule van Ernst gevalideerd en gekalibreerd worden.

Pompcapaciteit
Om een T=100 bui van 24uur zo snel mogelijk uit de stad te krijgen is een optimaal werkend hemelwater afvoerstelsel noodzakelijk. Om een gevoel te krijgen, bij een T=100 bui valt er 192.000m³ per 24uur. Dit zou betekenen dat er 8000 m³/uur moet worden afgevoerd. De hoofdleiding richting de Vijvers Anna's Hoeve heeft een capaciteit van krap 6000 m³/u onder vrij verval. Dit betekent dat er nog 2000 m³/u extra noodzakelijk is. Tevens zou er vanaf een vijverpeil van 2,5m+NAP een pomp moeten draaien van 8000 m³/u om de overlast in de binnenstad weg te houden. Uitgezocht moet worden of alle 192.000m³ ook daadwerkelijk tot afvoer komen.

Hoofdstuk 9 Bronvermelding

Literatuur 1 NBW-toetsing Hilversum-Oost, Nelen & Schuurmans, 10-april-2009

Literatuur 2 Aanvullende berekeningen watersysteem Hilversum-Oost, Acacia-Water, Jouke Velstra, 08-april-2009

Literatuur 3 Effect peilopzet Vijvers Anna's Hoeve Hilversum, Wareco ingeniers, G.J.Willems, 24-november-2014

Literatuur 4 Kalibratie rioleringsmodel Hilversum, Cornelis Dingemans, juli 2013

Literatuur 5 5 minuten regens, Grontmij, 1970

Literatuur 6 Onderzoek watersysteem Hilversum-Oost, Dienst Waterbeheer en Riolering, 17-september-2003

Literatuur 7 The auger hole method, W.F.J. Beers, 1979

Literatuur 8 Verhoging van grondwaterstanden en vermindering van afvoer door opstuwing van beken, L.F. Ernst, 1959

Literatuur 9 Double Ring Infiltrometer, Eijkelkamp, april-2012

Bijlage 1 KNMI neerslagreeks van December-2014

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

neerslagstatistiek

KNMI

Bezoekadres
Utrechtseweg 297
3731 GA De Bilt
Postbus 201
3730 AE De Bilt
T 030-220 69 11
F 030-221 04 07
www.knmi.nl

Datum
2 december 2014

Voor duren korter dan 24 uur kan voor een willekeurige plaats in Nederland tabel 1 worden gebruikt.
Er zijn geen plaatselijke verschillen binnen Nederland aangetoond voor deze duren.

Voor duren van 1 etmaal of langer dient rekening gehouden te worden met regionale verschillen en geldt tabel 2.
De gebieden, waar de neerslagregimes L, G, H en H+ heersen, zijn weergegeven in de figuur op de volgende bladzijde.

Tabel 1

Hoeveelheid neerslag (in mm) gedurende een gegeven aantal minuten of uren met de frequentie van overschrijding (geen verschillen binnen Nederland aangetoond).

	minuten				uren				
	5	15	30	60	2	4	6	8	12
10 x per jaar	-	3	4	5	7	9	11	12	13
5 x per jaar	-	4	6	7	10	12	14	15	17
2 x per jaar	4	6	8	10	13	16	19	20	23
1 x per jaar	5	9	11	14	17	21	23	24	27
1 x per 2 jaar	7	11	14	18	21	25	27	29	32
1 x per 5 jaar	9	15	19	23	26	31	34	36	40
1 x per 10 jaar	11	18	23	27	31	36	39	41	46
1 x per 20 jaar	12	21	27	32	36	41	45	47	52
1 x per 50 jaar	15	26	32	38	42	49	53	56	61
1 x per 100 jaar	17	29	37	43	48	55	59	62	68

Tabel 2

Hoeveelheid neerslag (in mm) gedurende een gegeven aantal etmalen met de frequentie van overschrijding voor de verschillende neerslagregimes volgens de kaart op de volgende bladzijde.

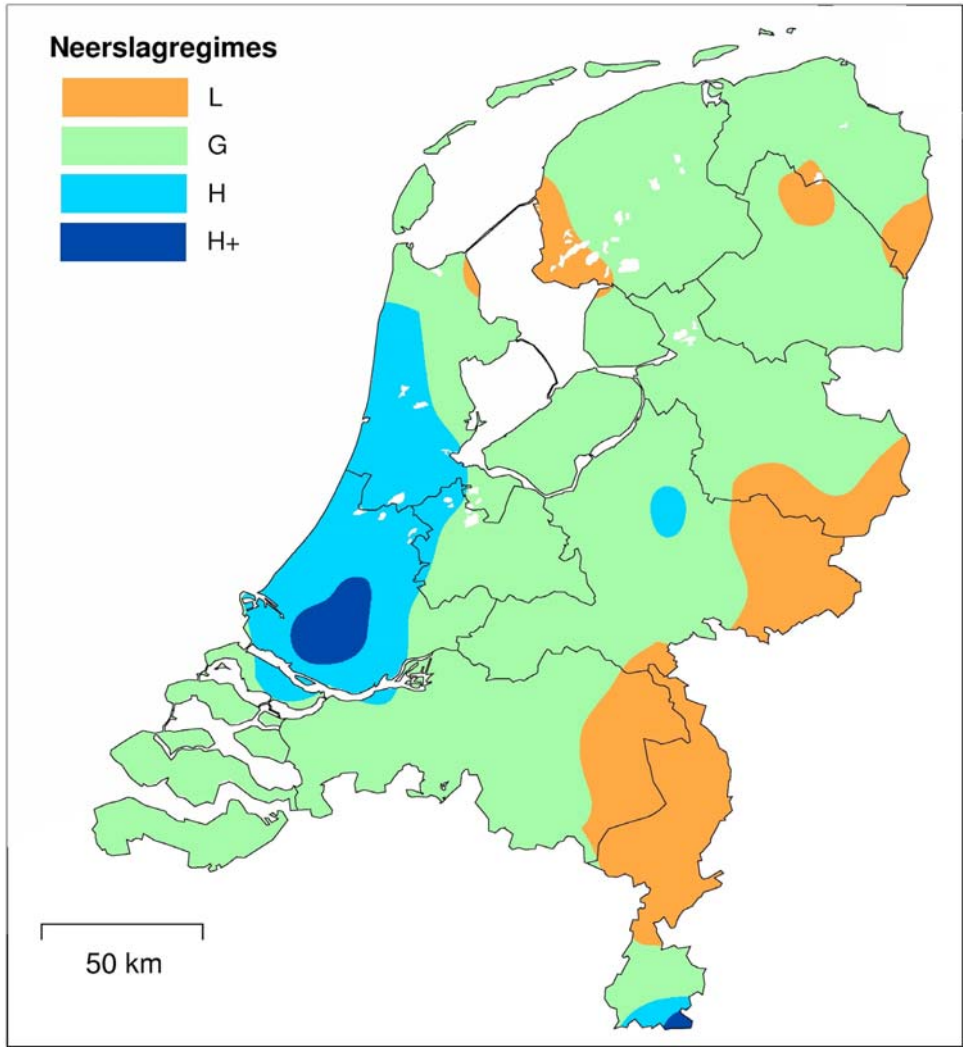
	etmalen L					etmalen G					etmalen H					H+				
	1	2	4	7	10	1	2	4	7	10	1	2	4	7	10	1	2	4	7	10
10 x per jaar	14	18	-	-	-	15	19	-	-	-	16	21	-	-	-	17	22	-	-	-
5 x per jaar	20	24	-	-	-	21	26	-	-	-	23	28	-	-	-	24	30	-	-	-
2 x per jaar	26	33	42	54	63	28	35	45	58	68	30	38	49	63	73	32	40	51	66	78
1 x per jaar	31	38	48	61	74	33	41	52	66	80	36	44	56	71	86	38	47	59	75	91
1 x per 2 jaar	36	45	56	71	85	39	48	60	76	91	42	52	65	82	98	44	55	68	87	104
1 x per 5 jaar	44	54	66	82	98	47	58	71	88	105	51	63	77	95	113	54	66	81	100	120
1 x per 10 jaar	50	60	74	91	106	54	65	80	98	114	58	70	86	106	123	62	74	91	112	130
1 x per 20 jaar	57	68	83	100	115	61	73	89	107	124	66	79	96	116	134	70	83	101	122	141
1 x per 50 jaar	66	78	93	111	126	71	84	100	119	135	77	91	108	129	146	81	96	114	136	154
1 x per 100 jaar	73	86	101	118	133	79	92	109	127	143	85	99	118	137	154	90	105	124	145	163

Voorbeeld

In een tijdsduur van 60 minuten is gemiddeld eens in de 2 jaar een neerslaghoeveelheid van minstens 18 mm te verwachten.

In een tijdsduur van 7 etmalen is gemiddeld eens in de 2 jaar een neerslaghoeveelheid van minstens 71 mm te verwachten voor een plaats in het gebied met regime L tot minstens 87 mm voor een plaats in het gebied met regime H+.

toelichting op de neerslagstatistiek



Neerslagregimes in Nederland volgens Buishand, T.A., R. Jilderda en J.B. Wijngaard, 2009

Bronnen

Voor de kortere duren (2 uur of minder):

- Buishand, T.A., J.B.M. van Acker en H. van Luijtelaar, 1991. Analyse van kwartiersommen van de neerslag. H_2O, **24**, 294-299.

- Buishand, T.A. en J.B. Wijngaard, 2007. Statistiek van extreme neerslag voor korte neerslagduren. Technical Report TR-295, KNMI, De Bilt.

De gegevens voor overschrijdingsfrequenties voor duren van 4 uur of langer zijn afkomstig uit:

- Smits, A, J.B. Wijngaard, R.P. Versteeg en M. Kok, 2004. Statistiek van extreme neerslag in Nederland. STOWA publicatie 2004-26. STOWA, Utrecht.

- Buishand, T.A., R. Jilderda en J.B. Wijngaard, 2009. Regionale verschillen in extreme neerslag. Scientific report WR 2009-01, KNMI, De Bilt.

Versie: april 2009

KNMI

Bezoekadres
Utrechtseweg 297
3731 GA De Bilt
Postbus 201
3730 AE De Bilt
T 030-220 69 11
F 030-221 04 07
www.knmi.nl

Datum
2 december 2014