

Werking bezinkleiding

Hemelwaterstelsel Ookmeerweg

Mark Nijman
Najim El Ayadi
Marcel Zandvoort

Datum
19 mei 2015

Korte Ouderkerkerdijk 7
Amsterdam
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam
T 0900 93 94 (20 cent per gesprek,
plus uw gebruikelijke belkosten)
F 020 608 39 00
KvK 41216593

www.waternet.nl

19 mei 2015

Colofon

Opdrachtgever

Sector	Afvalwater
Afdeling	Assetmanagement Waterketen
Projectleider	Niels Schaart & Egbert Baars
Projectnummer	90004-023

Opdrachtnemer

Sector	Techniek, Onderzoek en Projecten
Afdeling	Onderzoek en Advies
Projectleider	Mark Nijman
Kwaliteitsborger	Marcel Zandvoort
Projectnummer	90004-023

Rapport

Rapporteur	Najim el Ayadi
Versie	3
Rapportnummer	15.005986

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Onderzoeksvragen	7
1.2	Onderzoeksopzet	7
1.2.1	Onderzoeksgebied	7
1.2.2	Vooronderzoek	9
1.2.3	Metingen onderzoeksplan "hoofdonderzoek"	9
2	Resultaten vooronderzoek	9
2.1	Slibophoping	10
2.2	Waterniveau	10
2.3	Geleidbaarheid, doorzicht, stroomsnelheid en ammonium	11
3	Onderzoeksplan	15
3.1	Resultaten onderzoeksplan	17
3.1.1	Massabalans onopgeloste bestanddelen	17
3.1.2	Bespreking meetresultaten	22
3.1.3	Slibdikten	24
3.1.4	Slibkwaliteit	26
3.1.5	Bezinkingsnelheid	27
3.1.6	Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)	27
3.1.7	Vergelijking meetresultaten met berekeningen basisrioleringsplan	28
4	Conclusies	30
5	Aanbevelingen vervolgonderzoek	33
6	Gebruikte afkortingen	34
7	Referenties	34

Bijlagen

Bijlage 1:	Slibdikten per put
Bijlage 2:	Metingen Q04 en Q05
Bijlage 3:	Rapport camera-inspectie
Bijlage 4:	Analyseresultaten chemische samenstelling water bezinkleiding
Bijlage 5:	Presentatie "Erfahrungen mit Anlagen zur Straßenabwasserreinigung", S. Fuchs und B. Lambert, d.d. 20-10-2011
Bijlage 6:	Neerslagstatistieken KNMI
Bijlage 7:	Regengrafieken
Bijlage 8:	Analyseresultaten chemische samenstelling slib in de putten IN en UIT van de bezinkleiding
Bijlage 9:	Bezinkingsproeven sediment (Hogeschool van Amsterdam)
Bijlage 10:	Grafieken elektrisch geleidingsvermogen (EGV)

1 Inleiding

Behalve verbeterd gescheiden stelsels (VGS) heeft het Amsterdamse hemelwaterstelsel ook diverse alternatieve afvoersystemen voor hemelwater, zoals stelsels met bezinkleidingen, stelsels met bezinkbakken, infiltratietransportriolen e.d. Hoe deze voorzieningen in de praktijk functioneren is niet helemaal duidelijk. Het hier beschreven onderzoek richtte zich op het kwantitatief functioneren van een bezinkleiding.

1.1 Onderzoeksvragen

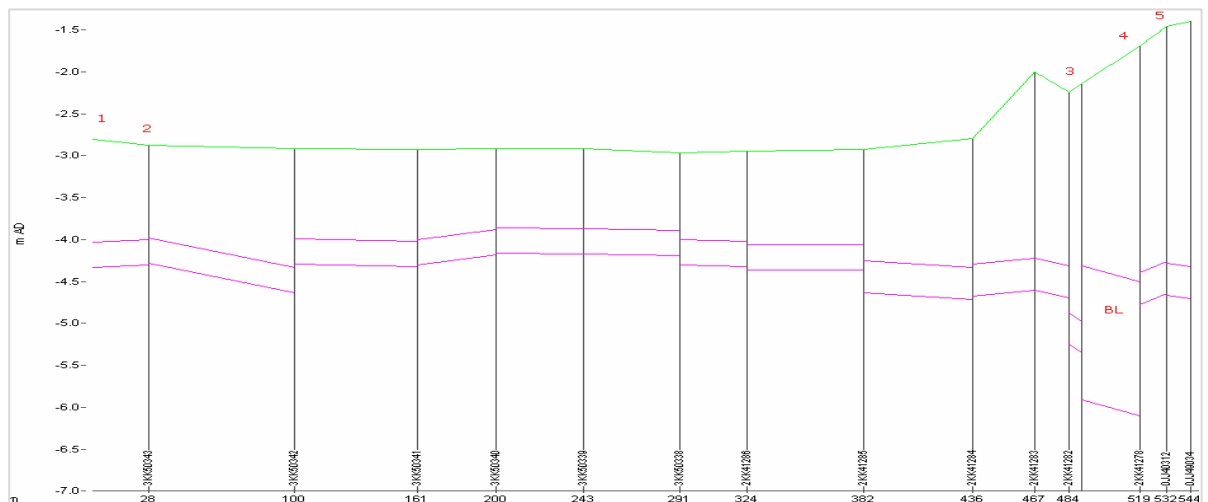
- **Hoofddoel:** Inzicht krijgen in het functioneren van een bezinkleiding in kwantitatief opzicht.
- **Nevendoele:** Bijdragen aan methodeontwikkeling voor de kwantitatieve, en zo mogelijk kwalitatieve, werking van bezinkvoorzieningen in hemelwater-systemen. Hiermee kan vastgesteld worden welk type bezinkstelsel het effectiefst is.
- **Perspectief:** Een voorspellende rekenmethodiek voor de effectiviteit van bezinkvoorzieningen, te benutten voor het ontwerp.

1.2 Onderzoekopzet

1.2.1 Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied bevindt zich in het stadsdeel Nieuw-West. In de Ookmeerweg liggen drie bezinkleidingen in drie stroomgebieden: Q04, Q05 west en Q06. Het stroomgebied met bezinkleiding dat nader is onderzocht, Q06, bevindt tussen de Osdorper Ban en de Osdorperweg. De bezinkleiding (BL) heeft een diameter van 1,6 meter, een lengte van 29,4 meter en een totaal volume van 59 m³ en hij ligt tussen twee grote putten. Put KK4-1279 is de put die direct voorafgaat aan de bezinkleiding [IN]. Op deze put komt het hemelwaterstelsel uit. Put KK4-1278 is de put na de bezinkleiding [UIT]. Na deze put volgt het laatste traject van het hemelwaterstelsel tot aan het lozingspunt. Hierna wordt met "bezinkleiding (BL)" de bezinkleiding inclusief de beide putten (KK4 1278 en KK4-1279) bedoeld, tenzij anders is aangegeven. Op dit stelsel is 1,70 ha verhard oppervlak aangesloten. Q06 hoort bij de functionele eenheid FE-152. Het stelsel (zie figuur 1) is aangelegd in 2005 en het is gereinigd in 2008.

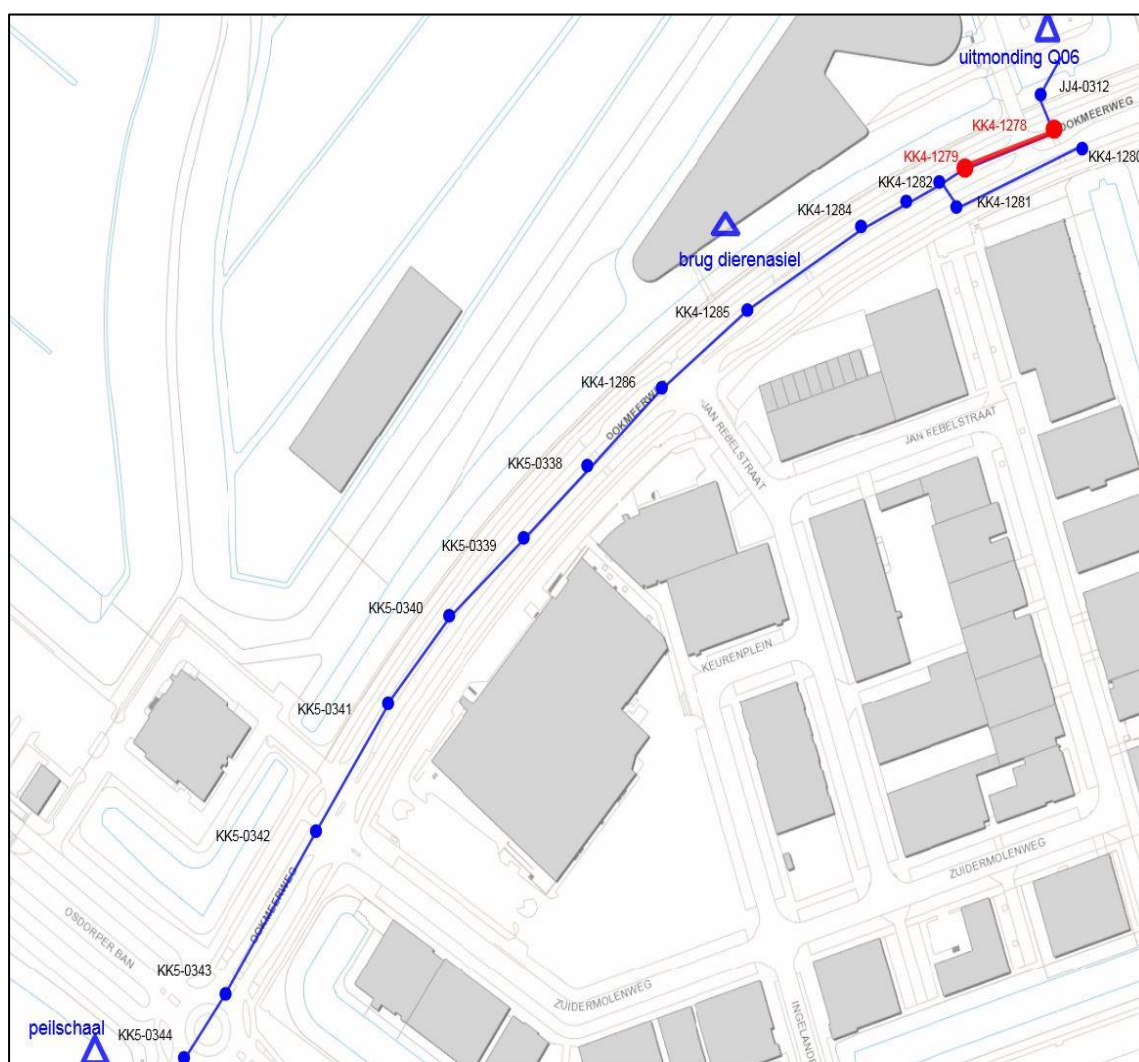
**Figuur 1: Dwarsdoorsnede regenwaterafvoerstelsel (RWA-stelsel)
groen = maaiveld, paars = stelsel en BL = bezinkleiding**



In een bezinkleiding (BL) worden de stroomsnelheden zo laag dat bezinkbare delen zullen bezinken. Het sediment in de leiding moet periodiek (na een aantal jaren) worden verwijderd. In het basisrioleringsplan (BRP) van het gebied Ookmeerweg is het bezinkrendement berekend op 95% ^{1 & 2}, dat wil zeggen dat gemiddeld 95% van de gesuspendeerde stoffen in de bezinkleiding zal bezinken.

Het hemelwaterstelsel (Q06) in de Ookmeerweg bestaat uit 17 strengen en 17 putten. De bezinkleiding zit tussen twee grote putten ((KK4-1279) put IN en (KK4-1278) put UIT). Elke put heeft een zonk (verdieping) om onopgeloste bestanddelen zoals zand en slib te laten bezinken. Vóór de bezinkleiding zitten 14 putten, waarvan één put niet toegankelijk is (deze ligt onder het maaiveld) en twee putten zijn aangesloten op een zijtak van het stelsel. De twee putten aan de zijtak zijn niet meegenomen in het onderzoek. Tussen de laatste grote put van de bezinkleiding en het lozingspunt zit nog één put (zie figuur 2).

Figuur 2: Traject Ookmeerweg (de HW-putten zijn blauw gemarkeerd en de BL-putten rood)



¹ 14 januari 2010 - Omgang met hemelwater – Bas de Nijs en Eric Baars

² 5 december 2015 – Basisrioleringsplan – Bas de Nijs

Op het hemelwaterstelsel in de Ookmeerweg zijn 58 kolken aangesloten om het water van de doorgaande weg af te voeren. Elke kolk is uitgerust met een zandvang. Uit eerder onderzoek op de Middenweg in Amsterdam blijkt dat tijdens neerslag niet al het materiaal in de kolk achterblijft (zand, slib, bladen en bij ontbreken van het stankscherm ook blikjes etc.). Dit materiaal komt dan terecht in het hemelwaterstelsel en uiteindelijk mogelijk ook in het oppervlaktewater. Het maximale vuilvolume dat wordt afgescheiden in de kolken aan de Middenweg ligt rond 8 liter (het volume van de zandvang van de kolken bedraagt 20 liter). Tijdens dit onderzoek is door TAUW in het waterlaboratorium van de TU Delft onderzocht vanaf welke snelheid het "Amsterdamse" slib uit de zandvang van de kolken spoelt. Dit blijkt het geval te zijn bij een snelheid van 7,2 mm/uur. Buien van circa 7 mm/uur komen gemiddeld vijf keer per jaar voor in Nederland ³. Als water op straat blijft staan als gevolg van verstopte kolken, worden de kolken in de Ookmeerweg door het stadsdeel Nieuw-West ⁴ ontstopt.

1.2.2 Vooronderzoek

In het vooronderzoek zijn bij de bezinkleidingen Q06, Q05 en Q04 diverse metingen uitgevoerd (zie tabel 1).

Tabel 1: Metingen vooronderzoek

Nr.	Omschrijving
1	afmetingen putten (diepte, breedte, dikte en hoogte buisdoorvoer)
2	slibdikten in putten en leidingen
3	waterniveaus in putten en oppervlaktewater
4	geleidbaarheid, ammonium, temperatuur en doorzicht
5	stroomsnelheid
6	camera-inspectie

1.2.3 Metingen onderzoeksplan "hoofdonderzoek"

Op basis van de resultaten uit het vooronderzoek is een onderzoeksplan opgesteld om vooral de hoofdvraag te beantwoorden: "Hoe functioneert een bezinkleiding in kwantitatief opzicht?" (zie tabel 2).

Tabel 2: Onderzoeksplan

Nr.	Omschrijving
1	analyses onopgeloste bestanddelen IN – UIT (tijd proportioneel)
2	neerslag
3	slibdikten
4	bezinkingssnelheid slib
5	elektrisch geleidingsvermogen (EGV)
6	Berekeningen BRP vergelijken met de onderzoeksresultaten

2 Resultaten vooronderzoek

Het vooronderzoek is uitgevoerd in 2013.

³ 10 juli 2012 – Putkleponderzoek – Marcel Zandvoort

⁴ Teamleider/productvoorzitter Reiniging – stadsdeel Nieuw-West

2.1 Slibophoping

Om meer te weten te komen over de aangroei van het slib en over de manier waarop het zich verspreidt over de putten, het stelsel en de bezinkleiding is vanaf 22 juli 2014 de slibdikte bepaald (zie bijlage 1: Slibdikten per put). De slibdikte is in het midden van de put gemeten met een stok. Aan de onderkant van de stok zit een plat horizontaal gedeelte dat ervoor zorgt dat weerstand wordt gevoeld als het slib is bereikt. Ook al worden de slibdiktemetingen telkens op dezelfde manier uitgevoerd, toch blijven dergelijke handwaarnemingen foutgevoelig. Tijdens de slibdiktemetingen in de putten is gevoeld of ook in de inkomende en uitgaande leidingen slib ligt. De putten KK4-1279 (put begin bezinkleiding) en KK4-1278 (put eind bezinkleiding) zijn zo groot dat het slib bij deze putten zowel in het midden als in de hoek van de put is gemeten. In de hoeken van de putten ligt meer slib dan in het midden. Het gemiddelde van de slibdikte in de hoek en van de slibdikte in het midden is genomen als de slibdikte van de betreffende put. Met behulp van de putafmetingen kan vervolgens het slibvolume worden berekend. Het stelsel is voor het laatst in 2008 gereinigd. De berekende totale bergingscapaciteit van de zonken van de hemelwaterputten (inclusief de twee zonken van de zijtak) en de bezinkleidingputten bedraagt 5,34 m³. Op basis van de slibdikten en de afmetingen van de putten is een slibvolume van 3,55 m³ berekend. Dit houdt in dat vijf jaar na reiniging circa 67% van de slibbuffercapaciteit van de zonken en bezinkleidingputten is benut. Slechts in één van de 15 leidingtrajecten tussen de putten in is een beetje slib waargenomen. In de bezinkleiding zelf is geen slib waargenomen.

Metingen in de stroomgebieden Q04 en Q05-west tonen aan dat ook daar minimale hoeveelheden slib worden gemeten in de bezinkleidingen inclusief de beide putten aan weerskanten (zie bijlage 2: Metingen Q4 en Q5).



Voor de camera-inspectie op 3 en 4 december 2013 is het hemelwaterstelsel langzaam leeggepompt om te voorkomen dat het slib zich verplaatst of verdwijnt. De camera-inspectie toont aan dat in dit hemelwaterriool zeer weinig slib aanwezig is. Ook de bezinkleiding is nagenoeg leeg (zie bijlage 3: Rapport camera-inspectie).

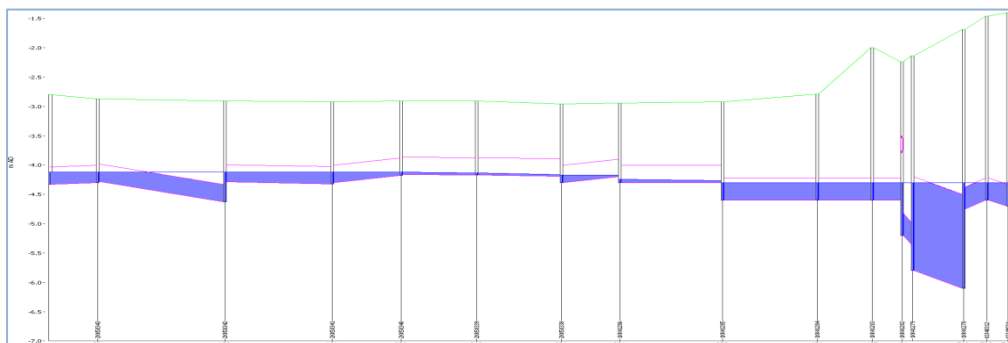
Op 22-07-2013 is eenmalig bij alle kolken de slibdikte bepaald. Per kolk ligt gemiddeld drie centimeter slib. Er is echter sprake van vrij grote verschillen: van helemaal geen slib tot 15 cm slib. De slibbuffercapaciteit van de 58 kolken bedraagt 1,18 m³ (0,22 m diepte x 0,37 m lengte x 0,25 m breedte). In totaal ligt in de kolken echter 0,16 m³ slib, ofwel slechts 14% van de totale capaciteit van de kolken.

2.2 Waterniveau

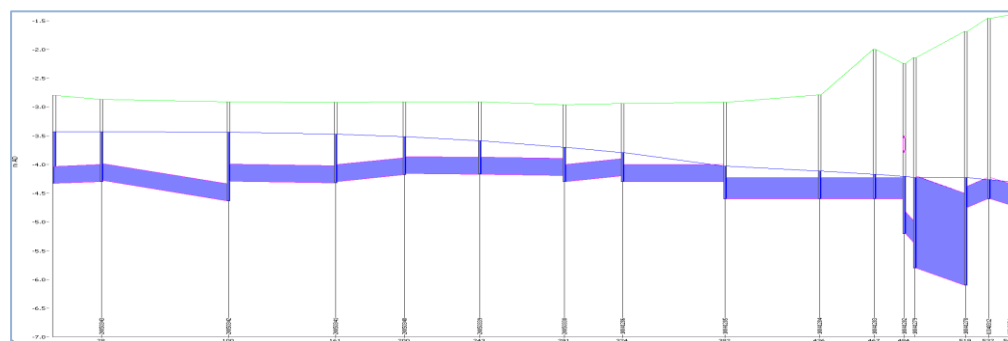
Het hemelwaterstelsel is een deels verdrongen stelsel. Het betreffende deel van de bezinkleiding ligt grotendeels onder het polderpeil van circa NAP -4,30 meter.

Figuur 3 toont de waterniveaus in de bezinkleiding in een bijna lege situatie en figuur 4 toont de waterniveaus in een maximaal gevulde situatie. Beide figuren betreffen de ontwerpgegevens van het stelsel.

Figuur 3: BL Ookmeerwegstelsel minimaal gevuld



Figuur 4: BL Ookmeerwegstelsel maximaal gevuld



De bovenstaande figuren laten zien dat de bezinkleiding en het deel na de bezinkleiding altijd gevuld blijven. Ook het voorliggende deel blijft deels gevuld. De metingen bevestigen dat dit stelsel nog steeds op deze manier functioneert.

2.3 Geleidbaarheid, doorzicht, stroomsnelheid en ammonium

Om te kunnen vaststellen welke parameters het meest relevant zijn om te meten tijdens het hoofdonderzoek zijn tijdens het vooronderzoek de geleidbaarheid, het doorzicht, de stroomsnelheid en de ammoniumconcentratie gemeten. De eerste drie metingen (geleidbaarheid, doorzicht en stroomsnelheid) dienden om de werking van de bezinkleiding te bepalen. Samen met de ammoniumbepaling diende de stroomsnelheidsmeting bovendien om te controleren of het stelsel geen water bevat dat afkomstig is uit andere bronnen (afvalwaterstelsel, grondwater).

Geleidbaarheid

Het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) is gemeten met de Solinst Levelogger, model 3001. Het EGV is een indicator voor opgeloste zouten in water en wordt uitgedrukt in us/cm. Het EGV van zeewater bedraagt circa 50.000 us/cm. Het EGV van grondwater ligt tussen de 200 tot 1500 us/cm. Regenwater heeft een EGV van nagenoeg nul ⁵.

⁵ www.watertool.be

Op meerdere plaatsen, diepten en dagen is de EGV-waarde van het water gemeten in het oppervlaktewater, in het hemelwaterstelsel (voor en na de bezinkleiding) en in de putten KK4-1279 [IN] en KK4-1278 [UIT] van de bezinkleiding. Tabel 3 toont de meetresultaten van het oppervlaktewater. De meetlocaties zijn te zien op figuur 2.

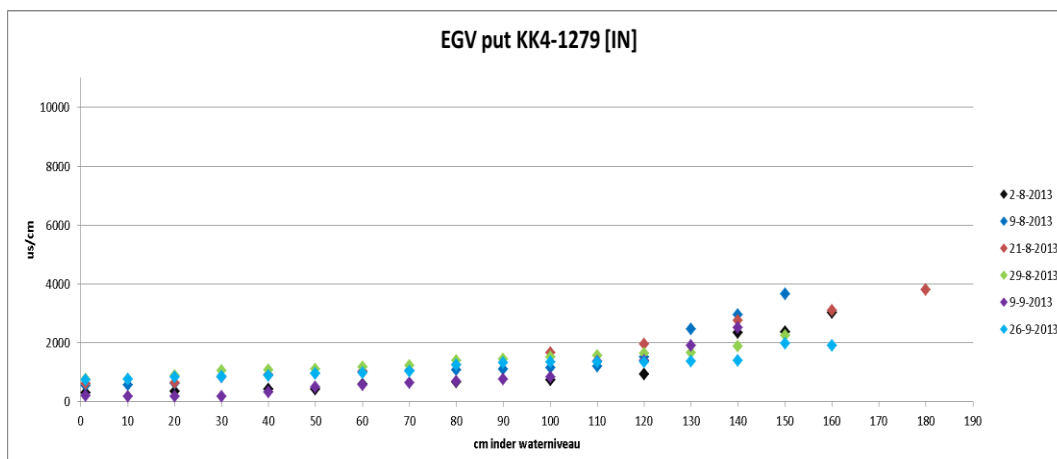
De meetresultaten van hemelwaterput KK4-1282 (vlak vóór de bezinkleiding) laten zien dat het EGV in de toplaag van het water gemiddeld 100 us/cm bedraagt. Bij diepere metingen stijgt het EGV, met een maximale waarneming van 1682 us/cm. De metingen in hemelwaterput JJ4-0312 (vlak vóór het lozingspunt) laten zien dat de EGV-waarde in de toplaag gemiddeld 625 us/cm bedraagt en relatief licht stijgt, tot een maximale waarde van 1809 us/cm, als dieper onder water wordt gemeten.

In de toplaag van KK4-1279 [IN] bedraagt de gemiddelde EGV-waarde 528 us/cm en vanaf 100 cm diepte stijgt ze tot een maximum van 3810 us/cm (figuur 5). In de toplaag van KK4-1278 [UIT] bedraagt de gemiddelde EGV-waarde 650 us/cm en vanaf 100 cm onder water stijgt ze tot een maximale waarde van 10.150 us/cm (figuur 6).

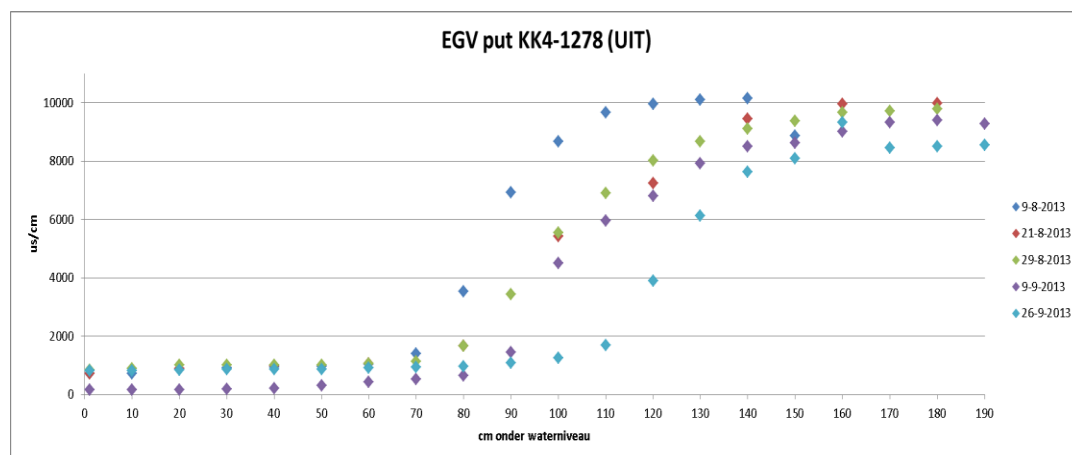
Tabel 3: EGV oppervlaktewater

Meetpunt	Toplaag EGV in us/cm	Middenlaag EGV in us/cm	Diepe laag EGV in us/cm
Uitmonding Q06	466	610	1406
Brug dierenasiel	770	776	857
Peilschaal	613	593	587

Figuur 5: EGV begin bezinkleiding [IN]



Figuur 6: EGV eind bezinkleiding [UIT]



De EGV-waarde in put KK4-1278 [UIT] ligt zo hoog dat kan worden gesproken van brak water. Op 9 september 2013 zijn de top-, midden- en diepe waterlaag in put KK4-1279 [IN] en put KK4-1278 [UIT] bemonsterd om de chemische samenstelling van het water te bepalen (zie bijlage 4: Analyseresultaten chemische samenstelling bezinkleidingwater). Uit de resultaten blijkt dat in de meest brakke laag (KK4-1278 onderste laag) de natrium-, chloride- en ijzerconcentraties het meest stijgen. De concentraties in de eerste twee lagen van beide putten zijn vergelijkbaar. Tabel 4 vergelijkt de concentraties in de top (bovenste 10 cm van de waterkolom) en de diepe waterlaag (130 cm onder het waterniveau) van beide putten. Uit de analyseresultaten kan worden afgeleid dat de hoge EGV-waarden worden veroorzaakt door natriumchloride. Dit ligt voor de hand, omdat natriumchloride wordt gebruikt bij de bestrijding van gladheid op de openbare weg. In de winter kan dit zout via afspoeling in het hemelwaterstelsel komen. Uit een presentatie uit 2011 blijkt ook dat zich in hemelwaterstelsels een zoutlaag kan vormen door het strooien van zout (zie bijlage 5: presentatie "Eigenschappen und Reinigung von Strassenabflüssen – Erfahrungen mit Anlagen zur Straßenabwasserreinigung").

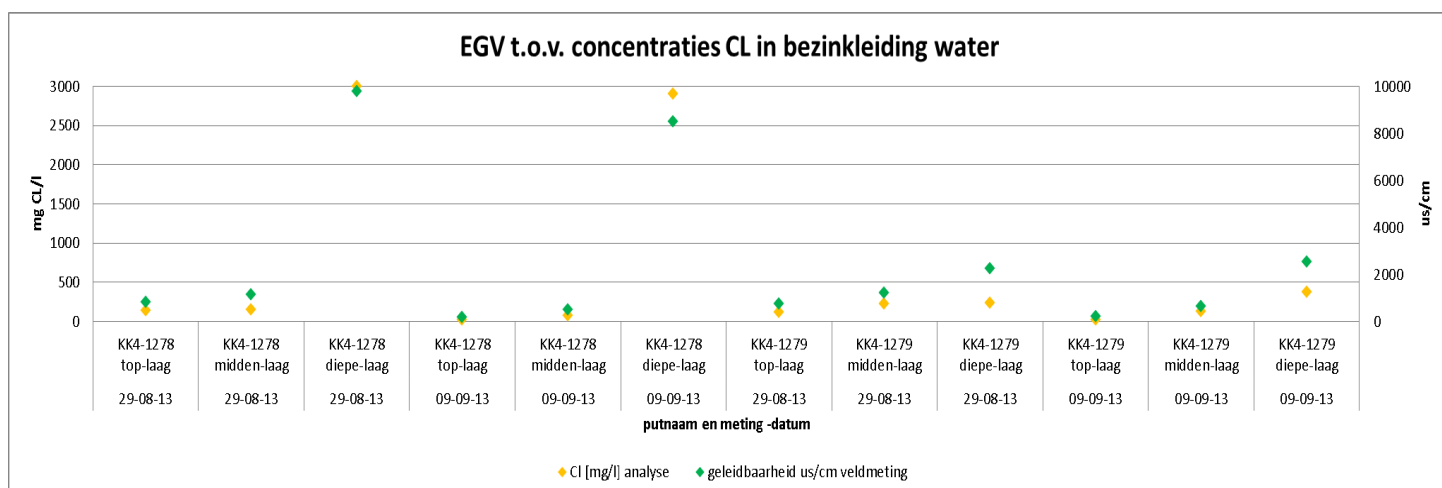
Figuur 7 vergelijkt de EGV-waarden met de chlorideconcentraties. De figuur laat duidelijk een verband zien tussen de EGV-waarden en de chlorideconcentraties. Bij een EGV-waarde van 10.000 us/cm bedroeg de chlorideconcentratie 3.000 mg/l.

Ook in de bezinkleidingen Q05-west en Q04 zijn geleidbaarheidsmetingen uitgevoerd en ook hierin zijn verhoogde EGV-waarden waargenomen, maar niet zo hoog als in bezinkleiding Q06 (zie bijlage 2: Metingen Q04 en Q05).

Tabel 4: Chemische analyse "zoute" laag

Parameter	Monster uit put KK4-1279 [IN]		Monster uit put KK4-1278 [UIT]	
	top waterlaag	diepe waterlaag	top waterlaag	diepe waterlaag
IJzer (mg/l)	0,42	7,2	0,25	35
Natrium (mg/l)	50	270	36,5	2000
Chloride (mg/l)	75,5	380	48,5	2900

Figuur 7: EGV (us/cm) versus chloride (mg/l)



Doorzicht

De Nephelometric Turbidity Unit (NTU) is een maateenheid voor de troebelheid van een vloeistof, de mate waarin kleine opgeloste zwevende deeltjes de lichtinval verstoren. In dit onderzoek is gemeten met NTU-meter HACH 2100Qis.

Wanneer de dichtheid van de deeltjes groter is dan de dichtheid van de vloeistof waarin ze zich bevinden zullen ze, als de vloeistof stilstaat, uiteindelijk naar de bodem zinken. Als de dichtheid van de deeltjes min of meer gelijk is aan de dichtheid van de vloeistof zelf, of de deeltjes zijn colloïdaal, dan blijven ze in de vloeistof zweven.

De NTU-waarden van het water in het hemelwaterstelsel, in de bezinkleiding en in het oppervlaktewater zijn meerdere keren gemeten. De metingen zijn uitgevoerd op verschillende plaatsen en waterdiepten. De waarden zijn niet constant en schommelen aanzienlijk. De bovenste laag (eerste 10 cm van de waterkolom) schommelt rond 15 NTU. De diepere lagen zijn meestal minder troebel en bedragen circa 8 NTU. Vlakbij de onderste laag (10 cm boven de sliblaag) schiet de NTU-meter snel door zijn meetbereik heen, met >60 NTU. In put KK4-1278 (UIT) loopt de NTU-waarde in de zoutlaag op. De zoutlaag bevindt zich op circa 80 cm onder het wateroppervlak. In dit vooronderzoek is gekeken of de NTU-waarde verband houdt met de parameter onopgeloste bestanddelen. Dit verband is niet aangetoond. Onderzocht is of zout water de NTU-meting beïnvloedt. Dat blijkt niet het geval te zijn.

Snelheidsmeting

De stroomsnelheid is gemeten op diverse dagen (droge en regenachtige), in verschillende putten en op verschillende diepten. De metingen zijn gedaan met de Sensa Nautilus (Electromagnetic Flow Sensor). Op droge dagen staat het water in het stelsel stil. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het riool niet lek is en er geen water infiltreert vanuit de omgeving. Op regenachtige dagen is wel een stroming gemeten, lopend in de richting van het oppervlaktewater. Bekeken is of deze gegevens een goed inzicht geven in de hoeveelheid afgevoerd water. Ook is bekeken of het EGV en de troebelheid tegelijkertijd op dezelfde diepte konden worden bepaald, zodat de hoeveelheid, de EGV-waarde en de NTU-waarde in één

keer bekend zijn van zowel het water dat de bezinkleiding binnenkomt als van het water dat de bezinkleiding verlaat.

Het is in de praktijk niet uitvoerbaar om met de beschikbare apparatuur continu snelheidsmetingen te verrichten. Ook blijkt dat de troebelheid (NTU) geen verband heeft met de concentratie onopgeloste bestanddelen.

Ammonium

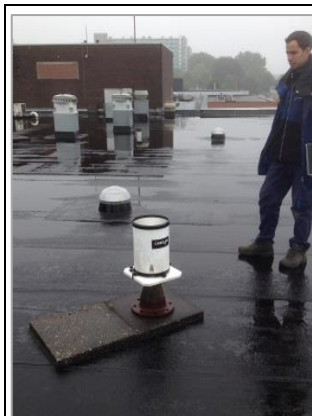
Ammonium vormt een indicatie voor de aanwezigheid van vuilwater in het hemelwaterstelsel ⁶. Uit ammoniummetingen die zijn verricht op 12 en 22 juli 2013 bleek dat in dit stelsel geen vuilwater aanwezig was.

3 Onderzoeksplan

Om de voornaamste onderzoeksvraag – hoe functioneert een bezinkleiding in kwantitatief opzicht? – zo goed mogelijk te kunnen beantwoorden zou een debietproportionele bemonstering over de totale stroom voor en na de bezinkleiding gewenst zijn. De monsters kunnen dan worden geanalyseerd op onopgeloste bestanddelen, zodat precies bekend is wat de bezinkleiding in- en uitgaat. Als de regendata ook bekend zijn, kunnen deze gegevens worden gekoppeld aan neerslagintensiteiten. Omdat deze meetopstelling kostbaar is en omdat niet bekend is of onopgeloste bestanddelen voor en na de bezinkleiding goed meetbaar zijn is op basis van de vooronderzoeksresultaten en de opgedane kennis over dit stelsel een alternatief onderzoeksplan opgesteld.

Gekozen is voor een tijdproportionele bemonstering. De Liquidport 2010 CSP44 is een via batterijen gevoede monsternamen-unit die onder in de put kan worden opgesteld. Via een slangenpomp wordt elke zes minuten een deelmonster van honderd milliliter genomen. De aanzuigslang is gefixeerd ter hoogte van het midden van de rioolbuis. Na één uur is één monsterfles van één liter gevuld en gaat de bemonstering door met de volgende fles. In totaal kunnen vierentwintig uur monsters worden genomen. In de hemelwaterputten vóór (KK4-1282) en na (JJ4-0312) de bezinkleiding (inclusief de bijbehorende putten) was een Liquidport-unit geplaatst. Zodra regen werd voorspeld werd de apparatuur aangezet. Na de regenbui werden de monsters verzameld en door het laboratorium geanalyseerd op onopgeloste bestanddelen.

⁶ Neerslag 2012/VI – “Foutaansluitingen - hoe vind je die?!” – Mark Nijman



De regenmeter is op het dak geplaatst



De uurmonsters in de literflessen worden overgegoten in glazen potten



In elk van deze literflessen van de monstername-unit zit een uurmonster



Bemonstering van een hemelwaterput met een Liquidport 2010 CSP44 monstername-unit



Het overgieten van de monsters in glazen potten

Om nauwkeurige neerslaggegevens te verkrijgen van het onderzoeksgebied is een regenmeter (Casella CEL-regenmeter) geplaatst op het dak van een gebouw langs het onderzoeksgebied. De regenmeter registreert neerslag via schakelingen. Elke schakeling vertegenwoordigt 0,2 mm neerslag. De regenmeter kan worden ingesteld om bij elke schakeling een tijdstip te registreren, maar hij kan ook gedurende een bepaalde periode de hoeveelheid schakelingen cumulatief optellen.

Uit de visuele beoordelingen blijkt dat zand grotendeels achterblijft in de kolken en dat het lichte en zwaardere slib voornamelijk terechtkomt in het hemelwaterstelsel. De metingen van de slibdikten in de putten zijn tijdens het hoofdonderzoek voortgezet. Van het bezonken slib zijn monsters genomen, waarmee in het laboratorium van de Hogeschool van Amsterdam de bezinkingssnelheid is gemeten. In het vooronderzoek is aangetoond dat in de bezinkleiding een zoutlaag zit. Voor de camera-inspectie is het stelsel langzaam leeggepompt, zodat het slib zoveel mogelijk op zijn plek bleef liggen. Het zoute water werd echter weggepompt en vervangen door zoet oppervlaktewater. In de bezinkleiding, put KK4-1278 [UIT] en in de hemelwaterput vóór de bezinkleiding (put KK4-1282) en in de hemelwaterput na de bezinkleiding (JJ4-0312) werden EGV-loggers opgehangen, zodat kon worden gemonitord wanneer en hoe snel de zoutlaag zich vormt.

Tijdens het onderzoek bleek dat inzicht in de werking van de bezinkleiding kan worden verkregen via de kwaliteit, de korrelgrootteverdeling en de soortelijke

massa van het slib uit de putten aan het begin en aan het eind van de bezinkleiding en via de bepaling van het organische en anorganische materiaal daarin. Daarvoor zijn twee slibmonsters genomen en geanalyseerd in het laboratorium, één uit put KK4-1279 (begin bezinkleiding) en één uit put KK4-1278 (eind bezinkleiding). De monsters zijn geanalyseerd op de volgende parameters: arseen, cadmium, chroom, ijzer, koper, kwik, lood, nikkel, zink, minerale olie, EOX en PAK (som 16). Verder zijn de korrelgrootteverdeling en de soortelijke massa van het slib en het organisch-stofgehalte in het slib bepaald.

3.1 Resultaten onderzoeksplan

Met uitzondering van de EGV-metingen zijn de metingen voor het onderzoeksplan uitgevoerd vanaf eind 2013 tot half augustus 2014. De EGV-metingen worden nog steeds uitgevoerd.

3.1.1 Massabalans onopgeloste bestanddelen

Tijdens de onderzoeksperiode zijn 13 metingen uitgevoerd. De regenbuien tijdens de metingen verschilden qua tijdsduur en intensiteit. Elke meting wordt hieronder apart beschreven. Tijdens elke meting is de neerslagintensiteit vergeleken met de neerslagstatistiek van het KNMI om de herhalingskans van een bui te bepalen (zie bijlage 6: Neerslagstatistiek KNMI).

Tien metingen zijn uitgevoerd tijdens buien die volgens de neerslagstatistieken van het KNMI méér dan 10 keer per jaar voorkomen, twee metingen tijdens buien die maximaal 10 keer per jaar voorkomen en één meting tijdens een bui die maar twee keer per jaar voorkomt. Meting 9 vond plaats tijdens de meest intensieve regenbui. Tijdens deze meting is 6,4 mm neerslag gevallen in 15 min (van 18:20 tot 18:35 uur op 27 mei 2014). Tabel 5 onder de volgende paragraaf (3.1.2 bespreking meetresultaten) toont bij elke meting de herhalingskans van de betreffende bui. De herhalingskans toont echter alleen de frequentie van een soort bui en niet de hoeveelheid neerslag die wordt afgevoerd naar het hemelwaterriool. Bijvoorbeeld 4 mm per 5 minuten met een intensiteit van 133 l/s/h heeft dezelfde herhalingskans als 10 mm per uur met een intensiteit van 28 l/s/h. Geconcludeerd kan worden dat de herhalingskans van een bui is berekend op basis van de hoeveelheid neerslag per tijdseenheid. Het rendement van de bezinkleiding is berekend op basis van onder andere de neerslagintensiteit.

Bijlage 7 (Regengrafieken) bevat alle regendata van de buien waarin tijdens dit onderzoek is gemeten en bemonsterd.

meting1							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
25-02-14 17:00	9	7	0	0	0	0	0
25-02-14 19:00	16	6	1,05	17,85	0,29	0,11	0,18
25-02-14 21:00	17	7	0	0	0	0	0
			som	17,85	0,29	0,11	0,18

Meting 1: De concentratie onopgeloste bestanddelen (OB) voordat het ging regenen bedroeg op beide meetpunten ongeveer 8 mg OB/l. Tijdens en vlak na de bui liep de concentratie vóór de bezinkleiding op tot 17 mg OB/l. De concentratie na de bezinkleiding bleef hetzelfde als voor de bui, circa 7 mg OB/l. Deze bui was voorafgegaan door drie dagen zonder neerslag. De buiensoort had een hogere

frequentie dan 10 keer per jaar. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 0,3 maal ververst (17,85 m³ regenwater/59 m³ waterbergingscapaciteit).

meting2							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
27-02-14 11:00	4	6	0	0	0	0	0
27-02-14 13:00	15	6	1,6	27,20	0,41	0,16	0,24
27-02-14 15:00	54	7	0,2	3,40	0,18	0,02	0,16
			som	30,60	0,59	0,19	0,40

Meting 2: Na een tijdsverloop van 38 uur na meting 1 was de concentratie vóór de bezinkleiding gedaald van 17 mg OB/l tot 4 mg OB/l. De concentratie na de bezinkleiding was onveranderd gebleven (6 mg OB/l). Tijdens en vlak na deze bui liep de concentratie vóór de bezinkleiding op tot 54 mg OB/l. De concentratie na de bezinkleiding bleef onveranderd. De buiensoort had een hogere frequentie dan 10 keer per jaar. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 0,5 maal ververst.

meting3							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
26-03-14 9:00	8	9	0	0	0	0	0
26-03-14 10:00	3	13	0	0	0	0	0
26-03-14 11:00	38	11	2,6	44,20	1,68	0,49	1,19
26-03-14 12:00	71	13	0	0	0	0	0
26-03-14 13:00	39	15	0	0	0	0	0
26-03-14 14:00	24	16	0	0	0	0	0
26-03-14 15:00	20	15	0	0	0	0	0
26-03-14 16:00	13	14	0	0	0	0	0
			som	44,20	1,68	0,49	1,19

Meting 3: De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen opnieuw ongeveer 8 mg OB/l. Tijdens en vlak na deze bui bedroeg de concentratie vóór de bezinkleiding 71 mg OB/l. Als een regenbui is gestopt loopt de concentratie OB geleidelijk terug naar lagere waarden. Vijf uur na de bui was de concentratie teruggelopen naar 13 mg OB/l. De concentratie na de bezinkleiding schommelde tussen 9 en 16 mg OB/l. In 41 minuten viel 2,6 mm neerslag. De buiensoort had een hogere frequentie dan 10 keer per jaar. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 0,7 maal ververst.

meting4							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
6-04-14 3:00	8	5	0	0	0	0	0
6-04-14 4:00	9	6	0	0	0	0	0
6-04-14 5:00	8	8	0,2	3,40	0,03	0,03	0
6-04-14 6:00	9	7	0,2	3,40	0,03	0,02	0,01
6-04-14 7:00	9	7	0	0	0	0,00	0
6-04-14 8:00	10	6	0	0	0	0	0
6-04-14 9:00	10	5	0,2	3,40	0,03	0,02	0,02
6-04-14 10:00	16	4	0,6	10,20	0,16	0,04	0,12
6-04-14 11:00	9	4	0	0	0	0	0
6-04-14 12:00	9	3	0	0	0	0	0
6-04-14 13:00	11	2	0	0	0	0	0
			som	20,40	0,26	0,11	0,15

Meting 4: De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen respectievelijk 8 mg OB/l en 5 mg OB/l. Er waren twee neerslagperiodes. In de eerste neerslagperiode motregende het en in de tweede periode regende het iets harder. Tussen de twee neerslagperiodes in was het twee uur lang droog. Tijdens en vlak na de eerste regenperiode werd vóór en na de bezinkleiding weinig verandering waargenomen in de concentratie onopgeloste bestanddelen. Tijdens de tweede meting liep de concentratie vóór de bezinkleiding op tot 16 mg OB/l. De concentratie na de bezinkleiding nam af tot onder de beginconcentratie (2 mg OB/l). De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 0,3 maal ververst.

meting5							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
7-04-14 16:00	13	4	0	0	0	0	0
7-04-14 17:00	14	4	0	0	0	0	0
7-04-14 18:00	100	55	4,2	71,40	7,14	3,93	3,21
7-04-14 19:00	110	130	0,6	10,20	1,12	1,33	-0,20
7-04-14 20:00	320	120	5	85	27,20	10,20	17
7-04-14 21:00	75	76	2,4	40,80	3,06	3,10	-0,04
7-04-14 22:00	28	49	0	0	0	0	0
7-04-14 23:00	36	27	0	0	0	0	0
8-04-14 0:00	25	21	0	0	0	0	0
8-04-14 1:00	25	27	1,2	20,40	0,51	0,55	-0,04
8-04-14 2:00	33	28	2,2	37,40	1,23	1,05	0,19
8-04-14 3:00	23	22	0,6	10,20	0,23	0,22	0,01
8-04-14 4:00	18	19	0	0	0	0	0
8-04-14 5:00	19	15	0	0	0	0	0
8-04-14 6:00	16	17	0	0	0	0	0
8-04-14 7:00	14	17	0	0	0	0	0
8-04-14 8:00	13	16	0,2	3,40	0,04	0,05	-0,01
8-04-14 9:00	14	14	0,2	3,40	0,05	0,05	0
			som	282,20	40,59	20,48	20,11

Meting 5: De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen respectievelijk 13 mgOB/l en 4 mg OB/l. Tijdens deze neerslagperiode regende het meerdere keren met daar tussenin droge perioden van maximaal 4 uur. Aan het begin van een neerslagperiode viel de meeste neerslag per uur. Tijdens en vlak na de eerste neerslagperiode liep de concentratie vóór de bezinkleiding op tot 320 mg OB/l. De concentratie na de bezinkleiding liep in deze periode op tot 130 mg OB/l.

Na de eerste neerslagperiode heeft het minder hard geregend met droge tussenpozen. Aan het eind van de meetperiode regende het nog. Voor beide meetpunten gold dat de concentratie afnam, maar niet onder de 10 mg OB/l kwam. Van 19:58 tot 20:20 uur op 7 april 2014 is 4 mm neerslag gevallen in 22 minuten. De buiensoort had een frequentie van 5 à 10 keer per jaar. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 4,8 maal ververst.

meting6							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
8-05-14 14:00		9	0	0	0	0	0
8-05-14 15:00		10	0	0	0	0	0
8-05-14 16:00		9	2,2	37,40	0	0,34	-0,34
8-05-14 17:00		13	1,6	27,20	0	0,35	-0,35
8-05-14 18:00		26	1,6	27,20	0	0,71	-0,71
8-05-14 19:00		42	0,6	10,20	0	0,43	-0,43
8-5-2014 20:00		30	0,8	13,60	0	0,41	-0,41
8-5-2014 21:00		34	0,6	10,20	0	0,35	-0,35
8-5-2014 22:00		35	3,6	61,20	0	2,14	-2,14
8-5-2014 23:00		83	3,2	54,40	0	4,52	-4,52
8-5-2014 0:00		31	0	0	0	0	0
9-5-2014 1:00		27	0	0	0	0	0
			som	241,4	0	9,24	

Meting 6: Omdat bij deze meting de bemonsteringsapparatuur in de put vóór de bezinkleiding (put KK4-1282) niet heeft gefunctioneerd, kunnen de concentraties vóór en na de bezinkleiding niet met elkaar worden vergeleken. Daardoor valt deze meting buiten de berekeningen en conclusies verderop in dit rapport.

De beginconcentratie na de bezinkleiding bedroeg rond 9 mg OB/l. Tijdens de bui liep de concentratie op tot 83 mg OB/l (op het eind van de bui). Twee uur later (zonder neerslag) was de concentratie teruggelopen naar 27 mgOB/l. In 45 minuten (15:35 tot 16:20 uur) was 2,4 mm neerslag gevallen. De buiensoort had een hogere frequentie dan 10 keer per jaar. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 4,1 maal ververst.

meting7							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
9-05-14 16:00	18	9	0	0	0	0	0
9-05-14 17:00	8	9	0	0	0	0	0
9-05-14 18:00	15	9	0	0	0	0	0
9-05-14 19:00	29	10	2,6	44,20	1,28	0,44	0,84
9-05-14 20:00	54	14	0	0	0	0	0
9-05-14 21:00	52	19	0	0	0	0	0
			som	44,20	1,28	0,44	0,84

Meting 7: De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen 18 mg OB/l en 9 mg OB/l. Tijdens de neerslagperiode liepen de concentraties vóór en na de bezinkleiding op tot 54 en 19 mg OB/l. In 17 minuten (van 18:04 tot 18:21 uur) was 2,6 mm neerslag gevallen. De buiensoort had een hogere frequentie dan 10 keer per jaar. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 0,7 maal ververst.

meting8							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
10-05-14 8:00	18	15	0	0	0	0	0
10-05-14 9:00	9	10	0	0	0	0	0
10-5-2014 10:00	14	12	0,4	6,80	0,10	0,08	0,01
10-5-2014 11:00	22	9	0,4	6,80	0,15	0,06	0,09
10-5-2014 12:00	19	9	1,4	23,80	0,45	0,21	0,24
10-5-2014 13:00	27	11	1,2	20,40	0,55	0,22	0,33
10-5-2014 14:00	45	14	2,4	40,80	1,84	0,57	1,26
10-5-2014 15:00	20	19	0,2	3,40	0,07	0,06	0,00
			som	102	3,15	1,22	1,93

Meting 8: De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen 18 mg OB/l en 15 mg OB/l. Tijdens de neerslagperiode liepen de concentraties vóór en na de bezinkleiding op tot 45 en 19 mg OB/l. De buiensoort had een hogere frequentie dan 10 keer per jaar. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 1,7 maal ververst.

meting9							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
27-05-14 15:00	29	30	0,2	3,40	0,10	0,10	0,00
27-05-14 16:00	29	35	1,4	23,80	0,69	0,83	-0,14
27-05-14 17:00	47	34	0,8	13,60	0,64	0,46	0,18
27-05-14 18:00	67	38	2	34,00	2,28	1,29	0,99
27-05-14 19:00	260	84	7,4	125,80	32,71	10,57	22,14
27-05-14 20:00	48	99	4,4	74,80	3,59	7,41	-3,81
27-05-14 21:00	22	61	1,2	20,40	0,45	1,24	-0,80
27-05-14 22:00	19	49	0,4	6,80	0,13	0,33	-0,20
27-05-14 23:00	21	61	0	0	0	0	0
			som	302,60	40,58	22,24	18,34

Meting 9: De regenmeter heeft tijdens de neerslagperiode niet gefunctioneerd. In plaats daarvan zijn de regendata van de regenmeter op het adres Rijnstraat 1 gebruikt (op 9 km afstand van de meetlocatie). Tijdens de neerslagperiode is de bemonsteringsapparatuur aangezet. De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen 29 mg OB/l en 30 mg OB/l. Tijdens de neerslagperiode liepen de concentraties vóór en na de bezinkleiding op tot 260 en 99 mg OB/l. Van 18:15 tot 18:29 uur is 6 mm neerslag gevallen in 15 minuten. Dit soort buien komt 2 keer per jaar voor. Gedurende de meting is 302,6 m³ regenwater door de bezinkleiding afgevoerd naar het oppervlaktewater. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 5,1 maal ververst.

meting10							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
28-05-14 12:00	47	28	0,08	1,36	0,06	0,04	0,03
28-05-14 13:00	64	36	0,44	7,48	0,48	0,27	0,21
28-05-14 14:00							
28-05-14 15:00	42	7	0,2	3,4	0,14	0,02	0,12
28-05-14 16:00	43	7	0,4	6,8	0,29	0,05	0,24
28-05-14 17:00	41	8	0	0	0	0	0
28-05-14 18:00	36	6	0	0	0	0	0
28-05-14 19:00	29	7	0	0	0	0	0
28-05-14 20:00	27	6	0,2	3,4	0,09	0,02	0,07
28-05-14 21:00	26	10	0,8	13,6	0,35	0,14	0,22
28-05-14 22:00	37	9	0,8	13,6	0,50	0,12	0,38
28-05-14 23:00	41	9	0,6	10,2	0,42	0,09	0,33
28-05-14 0:00	43	9	0,4	6,8	0,29	0,06	0,23
29-05-14 1:00	41	8	0,2	3,4	0,14	0,03	0,11
29-05-14 2:00	38	6	0	0	0	0	0
			som	70,04	2,78	0,84	1,94

Meting 10: De bemonsteringsapparatuur stond nog aan van de vorige metingen van 27-05-2014. Omdat maar 24 uur kon worden bemonsterd was de apparatuur eerst uitgezet om de monsters te kunnen verzamelen. Later werd deze weer aanzet (op 28-05-2014 om 14:00 uur). Tussen de neerslagperiodes van 27-05 en 28-05 zat een droge periode van 13 uur. In deze periode zakten de concentraties vóór en na de bezinkleiding naar 47 en 28 mg OB/l. Na 15:00 uur schommelden de concentraties vóór de bezinkleiding tussen 64 en 26 mg OB/l. Na de bezinkleiding bleven de concentraties laag (maximaal 10 mg OB/l) en leken zelfs steeds meer af te nemen. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 1,2 maal ververst.

meting11							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
2-08-14 15:00	6	11	0	0	0	0	0
2-08-14 17:00	37	10	4	68	2,52	0,68	1,84
2-08-14 19:00	36	12	0	0	0	0	0
			som	68	2,52	0,68	1,84

Meting 11: De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen 6 mg OB/l en 11 mg OB/l. Tijdens de neerslagperiode liepen de concentraties vóór en na de bezinkleiding op tot 37 en 12 mg OB/l. In 11 minuten (van 16:28 tot 16:39 uur) is 3,2 mm neerslag gevallen. De buiensoort had een frequentie van maximaal 10 keer per jaar (3 mm neerslag in 15 minuten = 10 keer/jaar). Tijdens de meting was sprake van een korte hevige bui. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 1,2 maal ververst.

meting12							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
6-08-14 15:00	6	6	0	0	0	0	0
6-08-14 17:00	6	7	0,6	10,20	0,06	0,07	-0,01
6-08-14 18:00	8	12	0,4	6,80	0,05	0,08	-0,03
6-08-14 19:00	8	9	0,4	6,80	0,05	0,06	-0,01
6-08-14 20:00	9	11	0,4	6,80	0,06	0,07	-0,01
6-08-14 22:00	7	9	0	0	0	0	0
			som	30,6	0,23	0,29	-0,06

Meting 12: De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen allebei 6 mgOB/l. Tijdens de neerslagperiode liepen de concentraties vóór en na de bezinkleiding op tot 9 en 12 mgOB/l. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 0,5 maal ververst.

meting13							
datum	voor BL - OB in mg/l	na BL - OB in mg/l	mm/uur	m ³ /uur	IN kg/uur	UIT kg/uur	verschil IN-UIT
9-08-14 4:00	7	8	0	0	0	0	0
9-08-14 5:00	7	6	0	0	0	0	0
9-08-14 6:00	6	5	0,8	13,60	0,08	0,07	0,01
9-08-14 7:00	8	7	0,8	13,60	0,11	0,10	0,01
9-08-14 8:00	10	8	0,4	6,80	0,07	0,05	0,01
9-08-14 9:00	16	6	0	0	0	0	0
9-08-14 10:00	10	8	0	0	0	0	0
			som	34	0,26	0,22	0,04

Meting 13: De beginconcentraties vóór en na de bezinkleiding bedroegen 7 mg OB/l en 8 mgOB/l. Tijdens deze neerslagperiode liepen de concentraties vóór de bezinkleiding op tot 16 mgOB/l. De concentraties na de bezinkleiding schommelden tussen 5 en 8 mgOB/l. De inhoud van de bezinkleiding is maximaal 0,6 maal ververst.

3.1.2 Bespreking meetresultaten

Per meting werden de vrachten IN en UIT (kilogram onopgeloste bestanddelen) berekend (zie tabel 5), ervan uitgaande dat het water in een hemelwaterstelsel uitsluitend stroomt als afstroming plaatsvindt. Tijdens de 13 metingen is geen rekening gehouden met de verdamping en de infiltratie van regenwater. Tijdens één meting (bui) treden verschillende neerslagintensiteiten op. In dit onderzoek is tijdens elke meting gekeken naar de momenten van de intensiefste neerslag en op basis daarvan is de herhalingskans van een bui vastgesteld.

De concentraties onopgeloste bestanddelen in de monsters die vóór aanvang van de buien vóór en na de bezinkleiding waren genomen, lagen tussen 3 en 18 mg/l. Gemiddeld werd 8 mg/l gemeten. Er is dus sprake van een achtergrondconcentratie van niet-bezinkende onopgeloste bestanddelen, die niet kunnen worden verwijderd met deze bezinkleiding. De verwachting is dat deze fractie ook niet met andere bezinksystemen kan worden verwijderd. Met filtratiesystemen kan deze fractie wel worden verwijderd. De laatste kolom van tabel 5 corrigeert dit in de rendementsberekeningen.

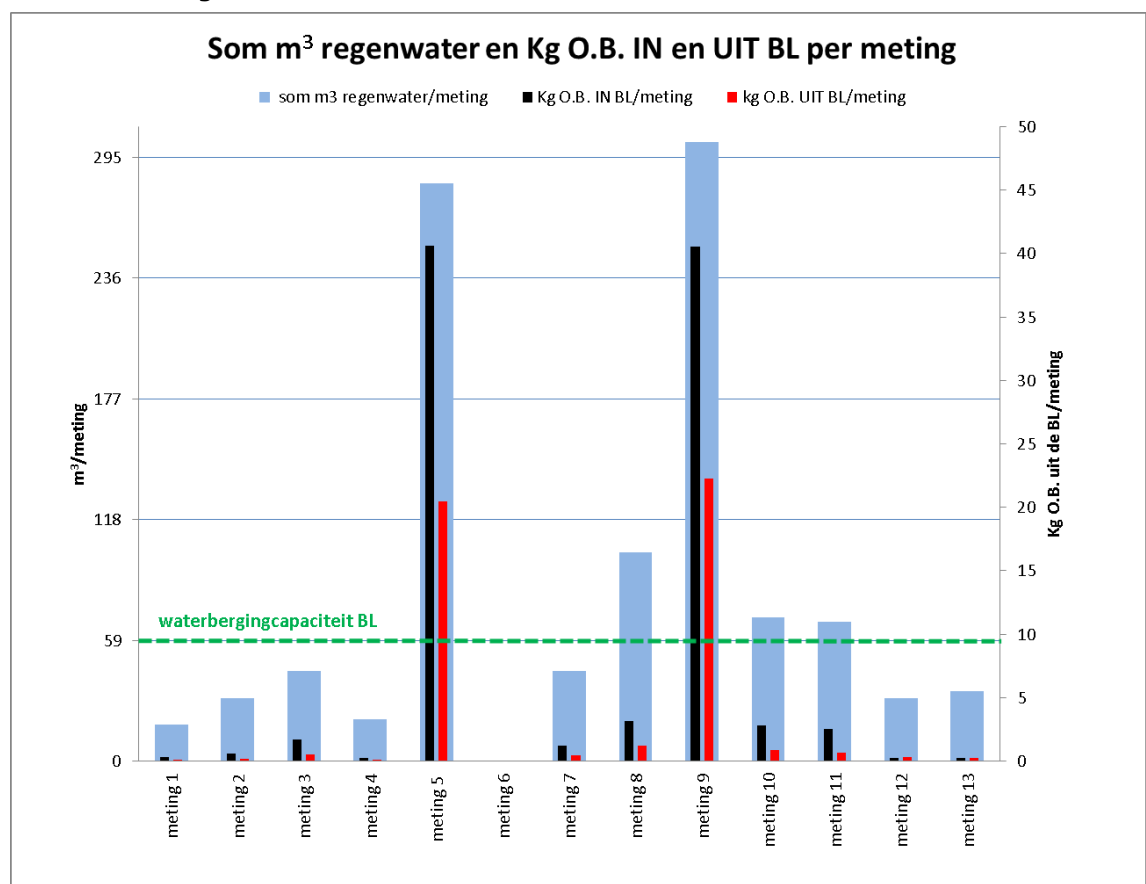
Tabel 5: Balans bezinkleiding van de hoeveelheid in- en uitgaande onopgeloste bestanddelen

Meting	kg IN	kg UIT	% OB bezink-leiding UIT	Herhalings-kans	Theoretisch aantal verversingen BL - water	% Rendement BL	% Rendement BL zonder achtergrond-waarde (8mg/l)
1	0,29	0,11	37,5	> 10 keer/jaar	0,3	62,5	100
2	0,59	0,19	31,6	> 10 keer/jaar	0,5	68,4	100
3	1,68	0,49	29,0	> 10 keer/jaar	0,7	71	90
4	0,26	0,11	42,7	> 10 keer/jaar	0,3	57,3	100
5	40,59	20,48	50,4	5-10 keer/jaar	4,8	49,6	52,47
6	-	9,24	-	> 10 keer/jaar	4,1		
7	1,28	0,44	34,5	> 10 keer/jaar	0,7	65,5	90,48
8	3,15	1,22	38,6	> 10 keer/jaar	1,7	61,4	82,82
9	40,58	22,24	54,8	2 keer/jaar	5,1	45,2	48,07
10	2,78	0,84	30,2	> 10 keer/jaar	1,2	69,8	86,71
11	2,52	0,68	27,0	< 10 keer/jaar	1,2	73	93,10
12	0,23	0,29	125,0	> 10 keer/jaar	0,5	-25	n.v.t.
13	0,26	0,22	84,2	> 10 keer/jaar	0,6	15,8	100

Figuur 8 toont per meting de hoeveelheid regenwater die de bezinkleiding is gepasseerd, de hoeveelheid onopgeloste bestanddelen die in de bezinkleiding is

terechtgekomen en de hoeveelheid die is uitgespoeld. De metingen 5, 9 en 11 hebben plaatsgevonden tijdens buien die minder dan 10 keer per jaar voorkomen. De regenbui tijdens meting 11 was echter kort en hevig. Er was geen sprake van een lange neerslagperiode. De gemeten neerslagintensiteiten zeggen niets over de hoeveelheid regenwater die in de bezinkleiding is terechtgekomen. Uit figuur 8 blijkt dat de resultaten van meting 11 niet vergelijkbaar zijn met die van de metingen 5 en 9. Tijdens meting 11 zijn minder onopgeloste bestanddelen in de bezinkleiding terechtgekomen en ze zijn ook minder uitgespoeld dan bij de metingen 5 en 9. De bui tijdens meting 11 had niet dezelfde verversingscapaciteit voor het water in de bezinkleiding als de buien tijdens de metingen 5 en 9.

Figuur 8: Watervolume en in- en uitspoeling van onopgeloste bestanddelen per meting



Uit tabel 5 valt af te leiden dat het gemiddelde verwijderingsrendement van de bezinkleiding voor onopgeloste bestanddelen (metingen 1-5 en 7-13) ligt op 50,2%. Het verwijderingsrendement is berekend op basis van de totaalvrachten IN en UIT tijdens de metingen. De gemeten maximumconcentratie uitgespoelde OB bij de buien met een hogere frequentie dan 10 keer per jaar bedroeg 36 mg/l en de minimumconcentratie bedroeg 2 mg/l. De maximumconcentratie uitgespoelde OB tijdens de buien 5 en 9 bedroeg 130 mg/l en de minimumconcentratie bedroeg 4 mg/l.

Tijdens alle metingen samen, uitgezonderd meting 6, viel een totale hoeveelheid neerslag van 1046 m³. Op basis van de analyseresultaten is berekend dat daarmee in totaal een massa van 94,2 Kg onopgeloste bestanddelen terecht kwam in

de bezinkleiding. Alleen al tijdens twee metingen samen (5 en 9) kwam een massa van 81,18 Kg (86%) in de bezinkleiding terecht: 40,59 Kg (43%) tijdens meting 5 en 40,58 Kg (43%) tijdens meting 9. Tijdens de overige metingen (1-4, 7-8 en 10-13) kwam in totaal 13,03 kg (14%) OB in de bezinkleiding terecht.

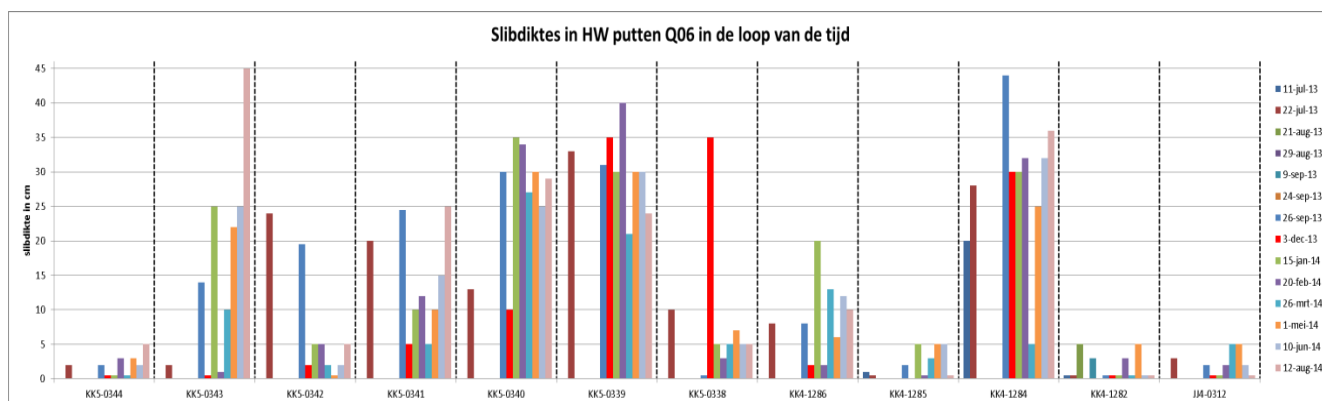
De totale hoeveelheid uitgespoelde onopgeloste bestanddelen van alle metingen samen, uitgezonderd meting 6, bedroeg 47,31 kg. Tijdens de metingen 5 en 9 spoelde 42,72 kg (90%) uit naar het oppervlaktewater: 20,48 kg (43 %) tijdens meting 5 en 22,24 kg (47%) tijdens meting 9. Tijdens de overige metingen (1-4, 7-8 en 10-13) spoelde 4,59 kg (10%) OB uit naar het oppervlaktewater.

Het maximale rendementspercentage per meting werd gemeten tijdens meting 11. Tijdens deze meting is 73% minder onopgeloste bestanddelen gemeten bij de hemelwaterput na de bezinkleiding (JJ4-0312) dan bij de put vóór de bezinkleiding (KK4-1282). Tijdens deze meting bezonk in totaal 1,84 kg onopgeloste bestanddelen in de bezinkleiding. Het minimale rendementspercentage per meting is gemeten tijdens meting 12. Tijdens deze meting is 25% meer onopgeloste bestanddelen gemeten bij de hemelwaterput na de bezinkleiding dan bij de hemelwaterput vóór de bezinkleiding. Tijdens deze meting kwam 0,23 kg onopgeloste bestanddelen terecht in de BL en 0,29 kg spoelde uit naar het oppervlaktewater. De vracht onopgeloste bestanddelen die tijdens deze meting in de BL terecht kwam is kleiner dan de vrachten die tijdens de andere metingen in de BL terechtkwamen. Ook is het verschil tussen de vrachten IN en UIT zeer klein, aangezien slechts 0,06 kg OB meer uit de bezinkleiding is gespoeld dan er in is gestroomd. Het negatieve rendement van de bezinkleiding zou ook kunnen worden verklaard door mogelijke foutmarges bij de bemonstering en/of de analyse.

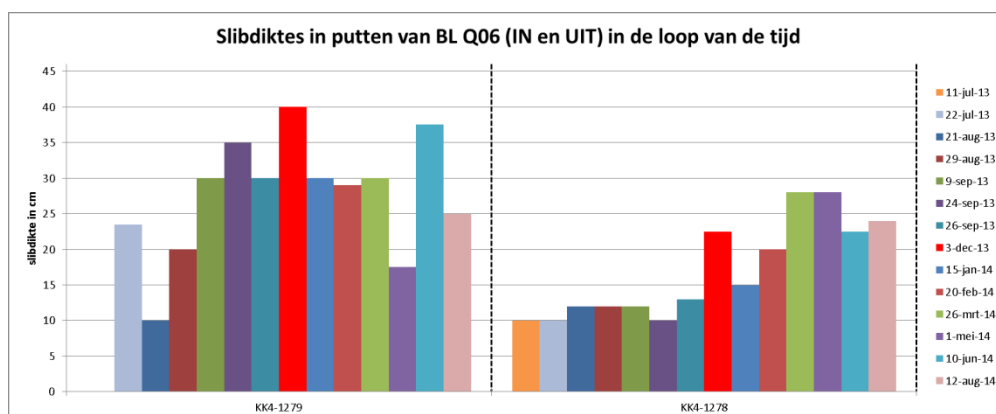
3.1.3 Slibdikten

De slibdikten in de zonken van de hemelwaterputten vóór en na de bezinkleiding zijn maandelijks gemeten. In totaal is veertien keer gemeten, maar bij sommige hemelwaterputten is minder vaak gemeten. In de putten KK4-1281 en KK4-1280 van de zijtak zijn geen slibdiktemetingen uitgevoerd. De totale bergingscapaciteit van de zonken van alle hemelwaterputten van Q06, exclusief die van de zijtak, bedraagt 5,20 m³. Figuur 9 toont de resultaten van de metingen in de hemelwaterputten, figuur 10 de resultaten van metingen in de putten van de bezinkleiding en figuur 11 toont per meting het totale slibvolume en het slibvolume in de bezinkleidingputten en in de hemelwaterputten.

Figuur 9: Slibdikten per maand in de hemelwaterputten, juli 2013-augustus 2014

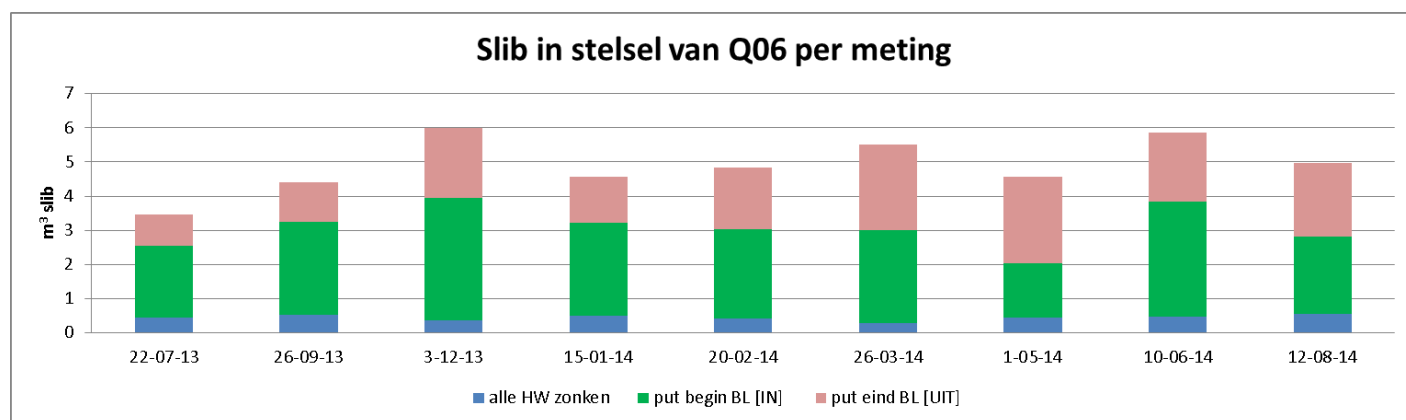


Figuur 10: Slibdikten per maand in de bezinkleidingputten, juli 2013-augustus 2014



Voor de camera-inspectie is begin december 2013 al het water uit het stelsel gepompt, waarna een nulmeting is uitgevoerd (rode kolommen in figuur 9 en figuur 10). In figuur 9 is te zien dat de slibdikte in de meeste zonken van hemelwaterputten tijdens de meetperiode in hoogte varieert. In figuur 10 is te zien dat de slibdikte in BL-put KK4-1279 (put IN) groter is dan in put KK4-1278 (put UIT) en bovendien varieert. De slibdikte in de put KK4-1278 (put UIT) vertoont een licht stijgende lijn, maar ook hier is te zien dat de slibdikte varieert. Al het slib in KK4-1278 is de bezinkleiding al gepasseerd. Zoals in paragraaf 2.1 (Slibophoping) is vermeld kunnen bij de slibdiktemetingen onnauwkeurigheden zijn opgetreden.

Figuur 11: Totale hoeveelheid slib in m³ per maand, juli 2013-augustus 2014



Figuur 11 toont het slibvolume in stelsel Q06. Het blauwe deel van de kolommen toont het slibvolume in de zonken van de hemelwaterputten, het groene deel toont het slibvolume in put IN van de bezinkleiding en het lichtrode deel het slibvolume in put UIT van de bezinkleiding. De grafiek laat zien dat de totale hoeveelheid slib in zowel de hemelwaterputten als de putten van de bezinkleiding min of meer hetzelfde bleef (schommelend rond 5 m³). Het meeste slib lag in de putten van de bezinkleiding.

In dit onderzoek is gebleken dat onopgeloste bestanddelen uitspoelen naar het oppervlaktewater. Het is niet duidelijk of die onopgeloste stoffen tijdens de betreffende bui (meting) zijn afgespoeld van het verharde oppervlak of dat ze door de stroming zijn opgewoeld vanuit het slib dat al in hemelwaterstelsel zat.

3.1.4 Slibkwaliteit

Uit de metingen (metingen 1-5 en 7-13) blijkt dat 50% van de OB-vracht die terecht kwam in de bezinkleiding daar ook is bezonken. Uit de analyseresultaten van de slibmonsters uit de bezinkleidingputten IN en UIT blijkt dat het slib uit de put UIT (put KK4-1278) een lagere dichtheid heeft, dat het meer organisch stof bevat en een kleinere korrelgrootte heeft dan het slib uit de put IN (put KK4-1279).

Ook via de analyseresultaten van de korrelgrootteverdeling in het slib uit de putten van de bezinkleiding is geconstateerd dat het slib in de bezinkleiding zeer kleine deeltjes bevat. De textuur van het slib laat een duidelijk verschil zien tussen het slib uit de putten IN en UIT van de bezinkleiding. Het slib uit de put UIT is fijner dan het slib uit de put IN en bestaat voor 95% uit lutum en silt en voor 5% uit zand. Het slib uit de put IN bestaat voor 54,7% uit zand. In tabel 7 worden de verschillende slibtexturen in de putten van de bezinkleiding met elkaar vergeleken. Zie bijlage 8 over de samenstelling van het slib in de putten IN en UIT.

De soortelijke massa's van het slib uit de putten IN en UIT bedragen respectievelijk 1144 g/l en 1098g/l. Het feit dat de soortelijke massa van het slib uit de bezinkleiding niet erg verschilt van de soortelijke massa van het water (1000 g/l) kan er op duiden dat in de bezinkleiding zeer slecht bezinkbaar slib terecht komt.

Tabel 7: Textuur van het slib in de putten van de bezinkleiding

Textuur van het slib	Slibpercentage put IN	Slibpercentage put UIT
Lutum (< 2 µm)	21	37,7
Silt (2 µm-63 µm)	24,3	57,4
Zand (63 µm-1 mm)	54,7	4,9

Koper en zink zijn aangetroffen in concentraties boven de interventiewaarden van het Besluit bodemkwaliteit. Lood, kobalt, cadmium, chroom, nikkel, kwik en minerale olie werden ook in het slib aangetroffen in licht tot matig verontreinigde concentraties. Het slib uit beide putten is verontreinigd en valt onder de kwaliteitsklasse "niet-toepasbaar" voor gebruik in de bodem. Het slib uit de putten begin- en eind-bezinkleiding bevat respectievelijk 18% en 31% organische stoffen. Bij de put eind-bezinkleiding zijn de verontreinigingsconcentraties in het slib hoger dan bij de put begin-bezinkleiding: bij de metalen 35%, bij minerale olie en EOX 65% en bij de som PAK 15%. Daaruit kan worden geconcludeerd dat de verontreinigingsconcentraties hoger zijn in slib met een kleine korrelgrootte. Uit eerder onderzoek door Tauw in opdracht van RIONED⁷ blijkt dat ongeveer 60% van de verontreinigingen zich bindt aan kleine, moeilijk bezinkbare deeltjes (uitgezonderd PAK).

Als de verontreinigingsconcentraties in de slibmonsters uit de bezinkleidingputten via een berekening worden gedeeld door het organisch-stofgehalte per monster levert dat per monster ongeveer hetzelfde resultaat op. Dit duidt op een mogelijk

⁷ RIONED-rapport "Concentraties, bindingspercentages en bezinkingsmogelijkheden van verontreinigingen in afstromend hemelwater – Praktijkmetingen in Nederland"

verband tussen het gehalte organisch stof en de verontreinigingsconcentratie (zie tabel 6).

Tabel6: Relatie tussen organisch-stofgehalte en verontreinigingsconcentraties

parameter	concentraie slib uit put begin BL [IN]	concentratie gedeeld door organisch stof gehalte [IN]	concentraie slib uit put eind BL [UIT]	concentratie gedeeld door organisch stof gehalte [UIT]	factor IN/UIT
organisch stof gehalte %	18		30,9		
cadmium mg/kg dg	1	0,06	1	0,03	1,72
chromium mg/kg dg	71	3,94	100	3,24	1,22
cobalt mg/kg dg	9	0,50	13	0,42	1,19
ijzer mg/kg dg	22000	1222,22	31000	1003,24	1,22
koper mg/kg dg	300	16,67	430	13,92	1,20
kwik mg/kg dg	0,2	0,01	0,3	0,01	1,14
lood mg/kg dg	100	5,56	140	4,53	1,23
nikkel mg/kg dg	32	1,78	44	1,42	1,25
zink mg/kg dg	1100	61,11	1500	48,54	1,26
calcium mg/kg dg	17000	944,44	20000	647,25	1,46
m olie mg/kg dg	7800	433,33	13000	420,71	1,03
EOX mg/kg dg	8	0,44	14	0,45	0,98
Pak EPA mg/kg dg	16,83	0,94	19,48	0,63	1,48

3.1.5 Bezinkingssnelheid

Om inzicht te krijgen in de bezinkingssnelheden van het slib op verschillende plekken in het rioolstelsel zijn drie verschillende slibmonsters verzameld: slib uit de putten van de bezinkleiding, een mengmonster van het slib in de zonken van de hemelwaterputten en een monster uit de bodem onder het oppervlaktewater waar bezinkleiding Q06 in uitmondt. In opdracht van Waternet heeft de Hogeschool van Amsterdam (HvA) drie bezinkingsproeven uitgevoerd. Het betrof uitsluitend reeds bezonken slib. Op de HvA is de bezinkingssnelheid bepaald met een sediment-meetopstelling (zie bijlage 9: "Bezinkingsproeven sediment" voor een beschrijving van de meetopstelling en de uitvoeringsstappen van de proeven).

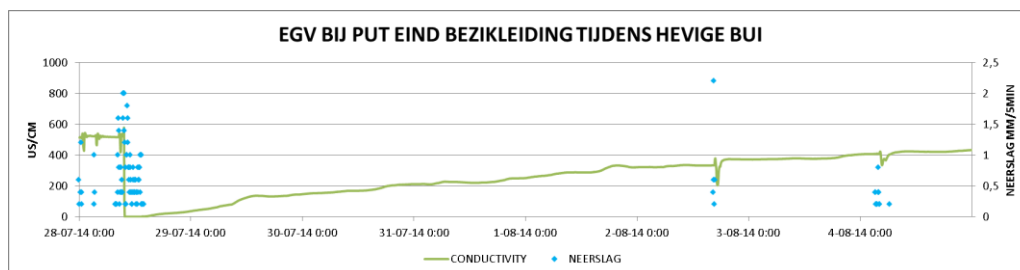
Uit de resultaten van het onderzoek kan worden afgeleid dat 90% van de onopgeloste bestanddelen in alle drie de monsters een grotere bezinkingssnelheid heeft dan 0,1 meter per uur. Dit betekent dat 90% in ieder geval binnen 16 uur is bezonken (diameter bezinkleiding is 1,6 m). De overgebleven 10% bezinkt in ieder geval sneller dan 0,01 m/uur (binnen zeven etmalen). Ook is te zien dat 10 % van het slib uit de putten van de bezinkleiding met een snelheid groter dan 5 meter per uur bezinkt, terwijl 30% van het slib uit de hemelwaterputten met een snelheid groter dan 5 meter per uur bezinkt.

3.1.6 Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)

Nadat de zoutlaag voor de camera-inspectie was weggepompt is vanaf december 2013 het EGV gemonitord van het water in de hemelwaterputten vóór en na de bezinkleiding (KK4-1282 en JJ4-0312) en van het water in de put UIT (KK4-1278). Bij deze drie putten blijkt de EGV-waarde tijdens de winter van 2013/2014 niet te zijn gestegen. De waarden liggen gedurende de hele periode onder 1300 us/cm. De winter van 2013/2014 was een zachte winter, waarin nauwelijks is gestrooid. Verder valt op dat de EGV-waarden zakken tijdens neerslag. Dit komt doordat zoutloos regenwater(schoon regenwater) in het hemelwaterstelsel stroomt. Bij de hemelwaterputten KK4-1282 en JJ4-0312 zakten de EGV-waarden tijdens kleine buien al snel. Dit gebeurde in mindere mate bij de put aan het eind van de bezinkleiding [UIT], behalve op 11 en 28 juli 2014. Op deze dagen regende het flink en was de EGV-waarde bij put UIT gezakt tot nul. Tijdens deze bui werd het

water in de bezinkleiding 14 keer ververs. Na de regenbui steeg de EGV-waarde weer tot circa 600 us/cm. Figuur 12 toont een voorbeeld van een meting bij put KK4-1278 tijdens een hevige regenbui waar de EGV-waarde zakte tot nul.

Figuur 12: EGV-metingen bij put UIT tijdens een regenbui



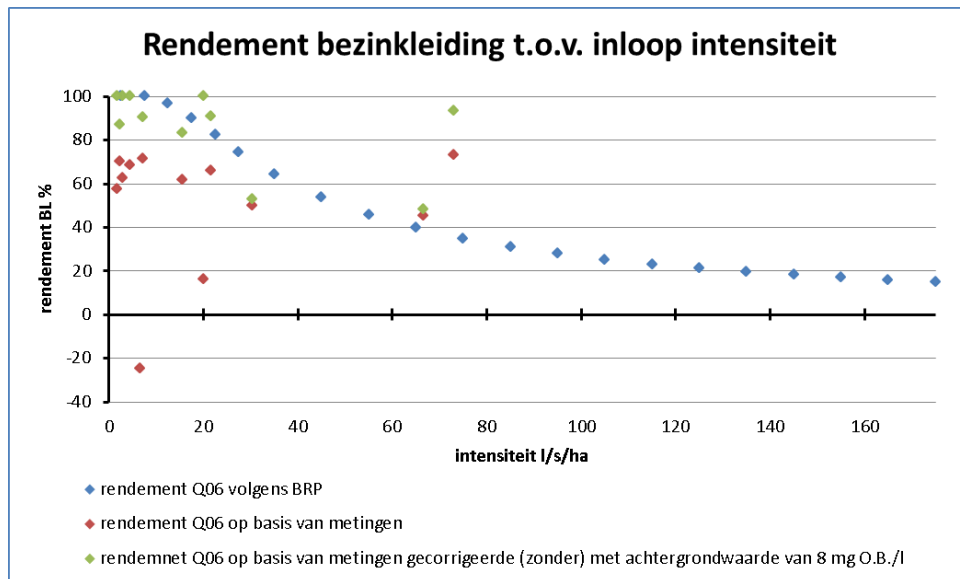
Het water in de bezinkleiding staat in open verbinding met het oppervlaktewater. De stijging van de EGV-waarden na de neerslag valt mogelijk te verklaren door de geleidelijke menging van het water in de bezinkleiding met het oppervlaktewater, maar de stijging kan ook worden veroorzaakt door nalevering uit het slib in de bezinkleiding. De EGV-waarden in het oppervlaktewater liggen rond 800 us/cm.

In de winter van 2014-2015 stegen de EGV-waarden wel. In put KK4-1278 [UIT] steeg de EGV-waarde tot 7000 us/cm (30-1-2015). In hemelwaterput JJ4-0312 steeg de EGV-waarde tot ongeveer 5500 us/cm (28-01-2015). Bij put KK4-1282 (HW-put vóór de BL) schommelde de EGV-waarde aanzienlijk. De hoogste waarde werd gemeten op 24 januari 2015, namelijk 7800 us/cm. Tijdens deze winter is wel vaak gestrooid. Het vermoeden dat de zoutlaag in put UIT ontstaat door de ophoping van opgelost strooizout dat tijdens de winter van de openbare weg terecht komt in het hemelwaterriool is bevestigd. De zoutlaag in de bezinkleiding kan mogelijk invloed hebben op het bezinkingsgedrag van de onopgeloste deeltjes. De grafieken met de resultaten van de EGV-metingen zijn te vinden in bijlage 10.

3.1.7 Vergelijking meetresultaten met berekeningen basisrioleringsplan

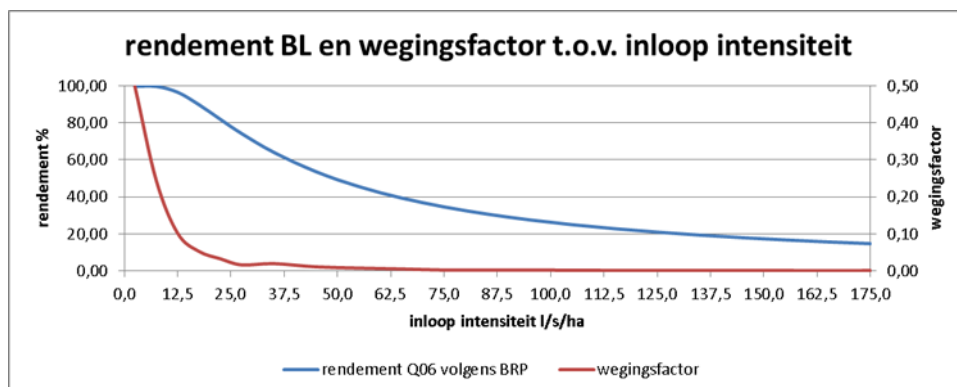
Volgens de berekeningen voor het basisrioleringsplan (BRP) van het gebied Ookmeerweg (FE-152-III stroomgebied Q06 situatie 2010) wordt het rendement van de bezinkleiding lager naarmate de intensiteit van een bui toeneemt. Bij een neerslagintensiteit van 30,3 l/s/ha (maximale intensiteit van meting 5) zou het rendement van de bezinkleiding volgens het BRP 70% bedragen. Bij een intensiteit van 66,6 l/s/ha (maximale intensiteit van meting 9) zou dit 39% zijn. Het werkelijke rendement tijdens de metingen 5 en 9 bedroeg respectievelijk 49,6% en 45,2%. Figuur 13 toont het rendement volgens het BRP, het rendement volgens de metingen en het rendement volgens de metingen, maar dan gecorrigeerd met de achtergrondwaarde van 8 mg OB/l die als zwevend stof aanwezig is in het hemelwaterriool. In de grafiek is te zien dat de rendementen van de metingen met de gecorrigeerde achtergrondwaarde ongeveer overkomen met de berekende rendementen volgens het basisrioleringsplan (BRP). Dit duidt erop dat de BRP-berekeningen voor individuele buien goed aansluiten op de metingen, maar dit geldt niet voor het gemiddelde van het berekende rendement bij alle neerslagintensiteiten.

Figuur 13: Rendement bezinkleiding t.o.v. neerslagintensiteit



Het berekende gemiddelde rendement van de bezinkleiding van 95% is onder andere gebaseerd op de neerslagintensiteit en de wegingsfactor daarvan. De wegingsfactor geeft aan hoe belangrijk de neerslagintensiteit is in de berekening van het rendement. De buien met een lage intensiteit hebben een hoge wegingsfactor en buien met een hoge intensiteit hebben een lage wegingsfactor. Het feit dat de bezinkleiding een laag rendement heeft tijdens een hoge neerslagintensiteit beïnvloedt het totale rendement niet, want de meest voorkomende buien hebben een lage neerslagintensiteit, waardoor bijna alle deeltjes zouden kunnen bezinken. In de BRP-berekeningen is gerekend met rendementen op basis van verwijderingspercentages per intensiteitssoort. Dit leidt tot een onnauwkeurig beeld, omdat geen rekening wordt gehouden met de verschillen in vrachten tijdens kleine en tijdens hevige buien. In figuur 14 zijn het rendement en de wegingsfactor uitgezet tegen de neerslagintensiteit volgens het BRP.

Figuur 14: Rendement bezinkleiding en wegingsfactor t.o.v. neerslagintensiteit



Op basis van de metingen is geconstateerd dat de meeste onopgeloste bestanddelen in de bezinkleiding terechtkomen tijdens relatief lange neerslagperioden met intensieve neerslag en niet tijdens rustige buien. De vrachten tijdens kleine buien zijn relatief veel lager dan de vrachten tijdens intensieve buien. Het resultaat is dat tijdens kleine buien het rendement hoog is, terwijl de vracht laag is, en dat

tijdens intensieve buien het rendement laag is, terwijl de vrachten relatief gezien hoog zijn. Ook is geen rekening gehouden met de achtergrondconcentratie van zwevende deeltjes in het hemelwater (circa 8 mg OB/l) die altijd, ook bij lichte neerslag, zullen uitspoelen.

In de berekeningen voor het BRP is er van uitgegaan dat alle onopgeloste bestanddelen dezelfde bezinkingssnelheid zouden hebben van 5 m/uur, in de praktijk blijkt dat niet het geval te zijn. Van het bezonken slib in de bezinkleidingputten bezinkt 90% met een lagere snelheid dan 5 m/uur.

4 Conclusies

Functioneren BL Q06

Rendement op basis van de vrachten onopgeloste bestanddelen

Aan de hand van de metingen is geconstateerd dat het gemiddelde rendement van de bezinkleiding circa 50% bedraagt. De overige 50% is uitgespoeld naar het oppervlaktewater. Het is niet duidelijk of de onopgeloste bestanddelen die tijdens de regen zijn uitgespoeld naar het oppervlaktewater rechtstreeks afkomstig zijn van het wegdek of van het slib dat reeds aanwezig was in het hemelwaterstelsel. Het rendement is berekend op basis van het verschil tussen de vracht onopgeloste bestanddelen die in de bezinkleiding is gestroomd en de vracht die is uitgespoeld naar het oppervlaktewater. Dat is het werkelijke rendement van de bezinkleiding. Een en ander staat haaks op de berekeningen van het BRP, die zijn gebaseerd op verwijderingspercentages per neerslagintensiteit. De bezinkingssnelheid van de deeltjes van 5 meter per uur, waarmee het rendement is berekend, is hoog geschat. Van het slib in de bezinkleiding heeft 90% een lagere bezinkingssnelheid. Op basis van de korrelgrootte, de soortelijke massa en de bezinkingssnelheid van het slib in de putten van de bezinkleiding kan worden geconcludeerd dat het slib dat in de bezinkleiding terechtkomt traag bezinkt.

Er is sprake van een rendementsafname als het water in de bezinkleiding minimaal één keer is verversd. Buien die vaker dan 10 keer per jaar voorkomen zijn over het algemeen minder intens en leiden tot een relatief hoog verwijderingsrendement. Het verwijderingspercentage kan oplopen tot 100% als de achtergrondwaarde van 8 mg OB/l zwevende stof in de berekeningen vervalst. Buien die minder vaak voorkomen zijn meestal intensiever, verversen het water van de bezinkleiding meerdere malen en leiden tot een relatief laag verwijderingsrendement. In stelsel QQ6 vindt de grootste uitstroming van onopgeloste bestanddelen naar de bezinkleiding en vervolgens naar oppervlaktewater plaats tijdens buien waarin het watervolume dat door neerslag ontstaat groter is dan de waterbergingscapaciteit van de bezinkleiding. De buiensoort en de verversingsgraad van de bezinkleiding kunnen daarom betere indicatoren zijn voor het bepalen van de verwijderingspercentages dan alleen de neerslagintensiteit. De neerslagintensiteit toont uitsluitend een momentopname en niet de hoeveelheid regenwater die wordt afgevoerd naar een bezinkleiding.

Zwevend stof in hemelwater en afname rendement bezinkleiding

Op basis van de metingen kan worden geconcludeerd dat altijd, ook als het water in het hemelwaterstelsel stilstaat, een achtergrondwaarde wordt gemeten van

rond 8 mg OB/l. Deze concentratie zal, zodra in het stelsel stroming ontstaat, altijd uitspoelen naar het oppervlaktewater. Dit leidt tot de conclusie dat alle onopgeloste bestanddelen die tijdens buien in de putten IN en UIT belanden na afloop van een regenbui bezinken tot 8 mg OB/l. Op basis van de metingen is berekend ook dat 8 mg OB/l overeenkomt met 9% van de totale inkomende vracht onopgeloste bestanddelen tijdens de metingen. Daarom is een rendement van 95% op basis van de vracht in bezinkleiding Q06 niet haalbaar.

Slib in het stelsel

Per meetpunt varieert de slibdikte over een langere periode, maar het totale slib-volume in het stelsel blijft op een constant niveau van circa 5 m³. Het meeste slib ligt in de putten van de bezinkleiding. Het slib in deze putten is verontreinigd en kan niet worden toegepast voor gebruik in de bodem. Het slib in de laatste put van de bezinkleiding (UIT) bevat het hoogste gehalte organisch stof en de hoogste verontreinigingsconcentraties. Het is het lichtste slib met de kleinste korrelgrootteverdeling. Tussen het gehalte organisch stof en de verontreinigingsconcentraties in het slib bestaat mogelijk een verband. Hoe hoger het organisch-stofgehalte is, des te hoger zijn de verontreinigingsconcentraties. De relatie tussen het organisch-stofgehalte en de korrelgrootteverdeling is niet onderzocht. Van het slib uit de bezinkleiding heeft 10% een hogere bezinkingssnelheid dan 5 meter per uur, terwijl van het slib uit de hemelwaterputten 30% een hogere bezinkingssnelheid heeft dan 5 meter per uur.

Zout in de bezinkleiding

Het zout in de bezinkleiding is waarschijnlijk afkomstig van strooizout. Door het strooien ontstaat een zoutlaag in de put aan het eind van de bezinkleiding (UIT). De chlorideconcentratie in de zoutlaag is vergelijkbaar met de chlorideconcentratie in brak water (3.000 mg CL/l). Het is onbekend of de zoutlaag het bezinkingsgedrag van de deeltjes in de bezinkleiding beïnvloedt.

Effectiviteit bezinksystemen

Bij dit onderzoek is gefocust op de werking en de effectiviteit van bezinkleiding Q06. Duidelijk is gebleken dat bij onderzoek naar de effectiviteit van verschillende bezinkvoorzieningen per buiensoort rekening moet worden gehouden met een verschillende instroom van slib in de bezinkvoorziening en met de eigenschappen van dat slib (kwaliteit, grootte van deeltjes etc.). In dit onderzoek zijn geen vergelijkingen getrokken met andere bezinkvoorzieningen.

Rekenmethodiek rendement bezinkleiding

De rendementsberekeningen volgens het BRP, waarop de bezinkleiding is gedi-mensioneerd, geven een vertekend beeld van de werkelijke effectiviteit van het stelsel. Het totale rendement op basis van de vrachten ligt aanzienlijk lager dan het gemiddelde rendement op basis van de verwijderingspercentages per buien-soort. Bij intensieve buien zijn de vrachten veel hoger. Tijdens buien die meer dan 10 keer per jaar voorkomen, waarin het water in de bezinkleiding maximaal één keer wordt ververs, komt slechts een kleine hoeveelheid onopgeloste bestanddelen in de bezinkleiding terecht (minder dan 2 kg/bui). Tijdens langdurige neerslag met soms intensieve buien (zie de metingen 5 en 9) komt de grootste hoeveelheid onopgeloste bestanddelen in de bezinkleiding terecht (meer dan

40 kg/bui). De grootste uitspoeling van onopgeloste bestanddelen naar het oppervlaktewater vindt ook plaats tijdens intensieve buien.

Geconcludeerd kan worden dat de rendementsberekening volgens het BRP per neerslagintensiteit (individuele buien) mogelijk betrouwbaarder is dan het berekende rendement van alle buien, gebaseerd op de wegingsfactor van neerslag. De rekenmodule waarmee de rendementsberekeningen van de bezinkleiding zijn uitgevoerd (volgens het BRP) zou beter aansluiten op de praktijk als de wegingsfactor van neerslag wordt vervangen door de vrachten per buiensoort.

5 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Metingen

Om het rendement van de bezinkleiding tijdens buien waarmee het water in de bezinkleiding minimaal één keer wordt verversd beter in beeld krijgen, zijn meer metingen in de bezinkleiding van de Ookmeerweg tijdens deze buien gewenst. De conclusies over het uitspoelen van relatief grote vrachten onopgeloste bestanddelen (OB) zijn gebaseerd op twee metingen. De metingen (kwantitatief, maar vooral ook kwalitatief) moeten worden herhaald bij een andere bezinkleiding, om na te gaan of de metingen in het Ookmeerwegstelsel representatief zijn.

Rekenmodule

De rekenmodule voor het dimensioneren van de bezinkleiding moet worden herzien. Vanwege de vele (locatiespecifieke) variabelen en onduidelijkheden is de kans echter klein dat een eenvoudige rekenmodule kan worden opgesteld. De huidige rekenmodule voor de dimensionering van een bezinkleiding voldoet niet, omdat deze is gebaseerd op het verwijderingsrendement bij een bepaalde neerslagintensiteit en niet op de (verwijderde) vracht onopgeloste bestanddelen (OB). Bovendien is de aangenomen bezinkingsnelheid van de OB te hoog en wordt geen rekening gehouden met een achtergrondconcentratie van OB.

Mogelijk kan een rekenmodule worden opgesteld met nieuwe parameters, zoals het aantal verversingen in de bezinkleiding. In dat geval wordt aanbevolen om een vervolgonderzoek uit te voeren naar de relatie tussen de verversingsgraad in de bezinkleiding en de gebiedseigenschappen (instroom van OB) en de uitstroom van OB (kwalitatief en kwantitatief). Dit onderzoek kan daarvoor een belangrijke basis zijn.

Het is kansrijker om voorafgaand aan het ontwerpen van een bezinkleiding voor een specifieke locatie een nulmeting uit te voeren van vrachten en vervuiling en van de bezinkingeigenschappen van OB als functie van de neerslagintensiteit. Deze informatie kan worden gebruikt als input voor het ontwerp van de bezinkleiding.

Beoordelen en vergelijken bezinkvoorzieningen

Voor een uniforme beoordeling van de verwijderingsrendementen van bezinkingsvoorzieningen moeten de volgende acties worden ondernomen:

- Afspraken maken over de manier waarop wordt omgegaan met de in dit onderzoek gevonden achtergrondconcentratie onopgeloste bestanddelen.
- Afspraken over de "modelbuien" waarvoor het beoogde verwijderingsrendement moet gelden
- Afspreken dat op basis van de verwijderde vracht het rendement van de voorziening wordt vastgesteld.
- De karakteristieken en eigenschappen van de verwijderde vrachten onopgeloste bestanddelen in bezinkleidingen met elkaar vergelijken:
 - Kwalitatief: 1) aard en concentraties van de gevonden verontreinigingen en 2) chemische en fysische eigenschappen van het slib.
 - Kwantitatief: de verwijderde vrachten (in verhouding tot de omvang van de betreffende bezinkleiding).

Als vervolgstap op de afspraken voor een uniforme beoordeling kunnen de bezinksystemen met elkaar worden vergeleken.

Er is een niet-bezinkbare fractie (in dit onderzoek ongeveer 8 mg/l) onopgeloste bestanddelen (OB). Deze fractie zal in geen enkel bezinkstelsel worden verwijderd. Het is van belang om te onderzoeken of de samenstelling ervan bezwaarlijk is voor het oppervlaktewater en of het wenselijk is deze fractie te verwijderen.

Kennisontwikkeling

Verdere kennisontwikkeling is nodig om er achter te komen hoe het hemelwaterstelsel inclusief voorzieningen functioneert:

- onderzoek naar de invloed van het bovenstroomse stelsel (en de conditie daarvan) op de belasting van de bezinkingsvoorziening
- onderzoek van het stromingspatroon in de bezinkleiding (propstroom versus menging)
- optimaliseren van het stromingspatroon in de bezinkleidingen
- onderzoek naar de kwaliteit van de onopgeloste bestanddelen die achterblijven in de bezinkleiding en die uitstromen naar het oppervlaktewater (hoeveel vervuiling blijft achter en hoeveel komt in het oppervlaktewater terecht?)
- onderzoek van de invloed van de zoutgradiënt op de bezinkingseigenschappen van onopgeloste bestanddelen
- onderzoek naar de maximum slibbergingscapaciteit van het hemelwaterstelsel; bij welke hoeveelheid slib is die capaciteit bereikt en wat gebeurt met het instromende slib nadat die capaciteit is bereikt?

6 Gebruikte afkortingen

BL	bezinkleiding
BRP	basisrioleringsplan
EGV	elektrisch geleidingsvermogen
EOX	niet-vluchtige extraheerbare organohalogenenverbindingen
IT-riool	infiltratietransportriool
IN	put direct vóór de bezinkleiding
OB	onopgeloste bestanddelen
PAK	polycyclische aromatische koolwaterstoffen
RWA-stelsel	regenwaterafvoerstelsel
UIT	put direct na de bezinkleiding
VGS	verbeterd gescheiden stelsel

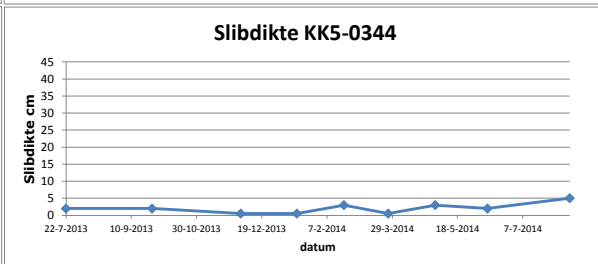
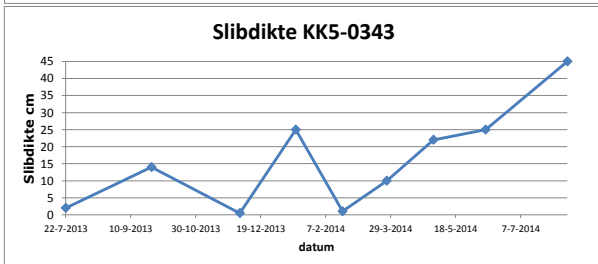
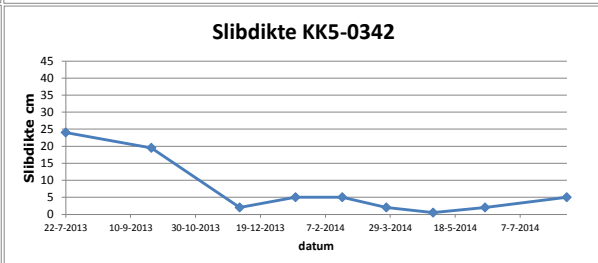
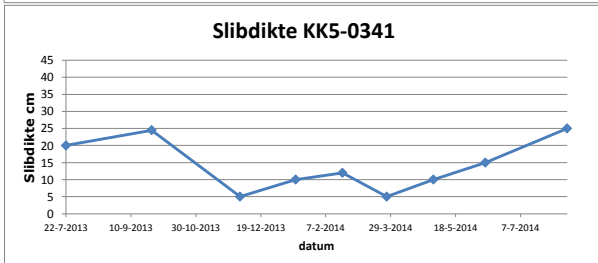
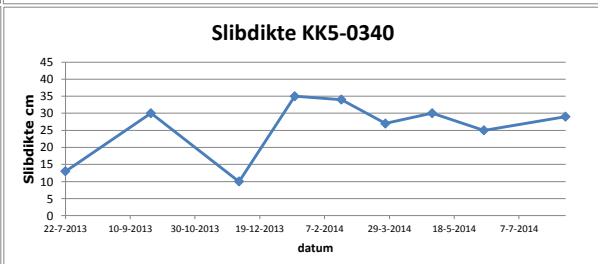
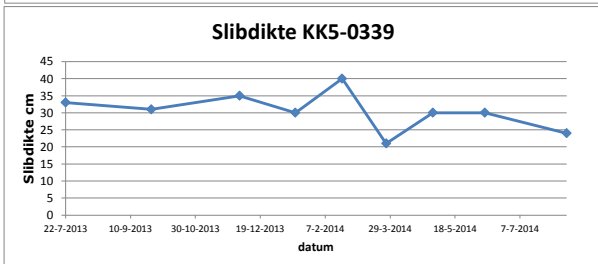
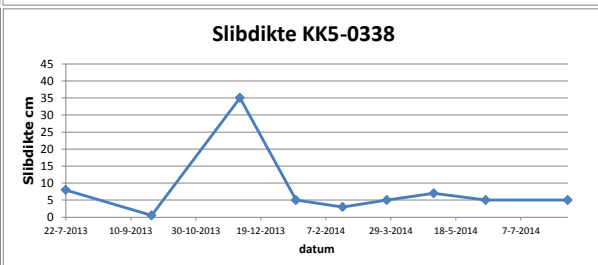
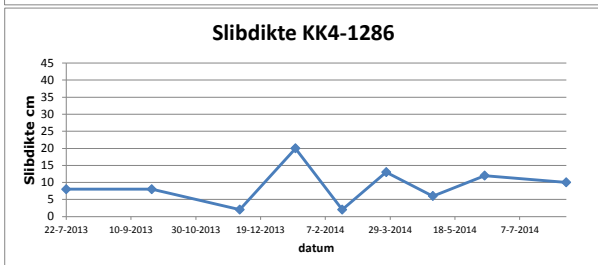
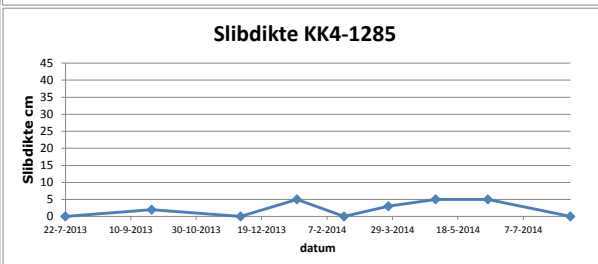
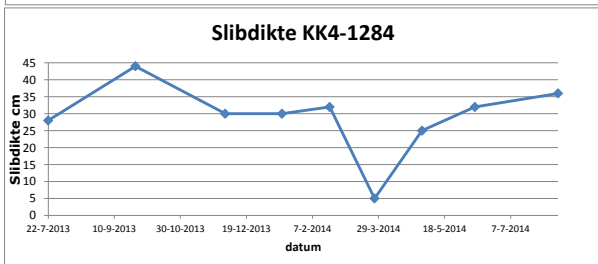
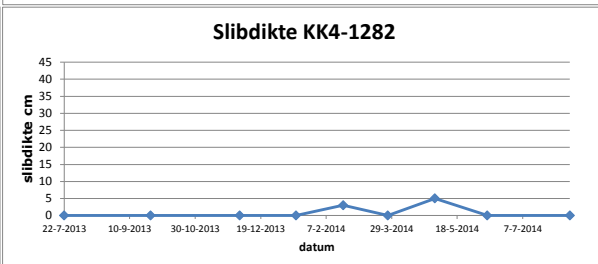
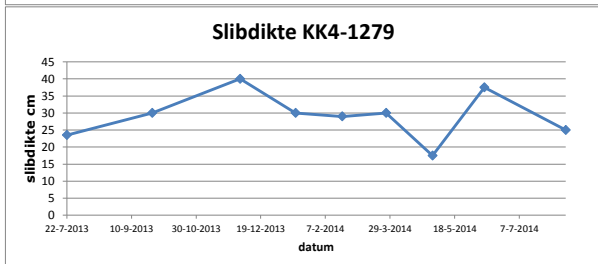
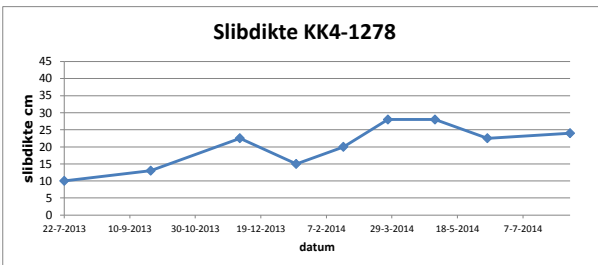
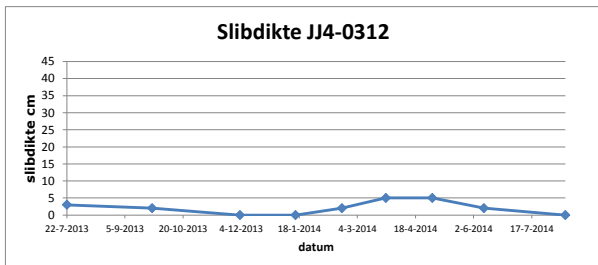
7 Referenties

- Eigenschaften und Reinigung von Strassenabflüssen – Erfahrungen mit Anlagen zur Straßenabwasserreinigung; Präsentation Fachseminar Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Abteilung Wasserwirtschaft, den 20. Oktober 2011; S. Fuchs, B. Lambert
- Concentraties, bindingspercentages en bezinkingsmogelijkheden van verontreinigingen in afstromend hemelwater – Praktijkmetingen in Nederland; rapport Rioned; ir. E. de Graaf, dr. ir. J. Kluck, ing. P.R. Kregting

Bijlage 1

Slibdikten per put

Slibdikten per put (cm)



Bijlage 2

Metingen Q04 en Q05

EGV en slibdikten bij bezinkleidingen Q04- en Q05-west
(rood zijn MAX waarden en groen zijn MIN waarden)

Bezinkleiding Q04	Waterdiepte (cm)	EGV bij JJ4-0291 (begin BL) us/cm	Slibdikte JJ4-0291 (cm)	EGV bij JJ4-0290 (eind BL) us/cm	Slibdikte JJ4-0290 (cm)
26-11-2013	toplaag	422		419	
	90	422		419	
	135	422		432	
	180	1750		3960	
16-12-2013	toplaag	743		772	
	85	890		910	
	170	905		4950	
26-3-2014	toplaag	115	25	140	10
	25	118		150	
	45	125		164	
	65	146		200	
	85	220		290	
	105	460		590	
	125	610		655	
	145	670		830	
	165	705		3000	
	185	1000		4650	
1-5-2014	toplaag	271		271	
	25	271		272	
	45	280		273	
	65	286		275	
	85	308		277	
	105	340		300	
	125	440		400	
	145	706		1530	
	165	805		2500	
	185	1075		3820	

Bezinkleiding Q05 west	Waterdiepte (cm)	EGV bij JJ4-0278 (begin BL) us/cm	Slibdikte JJ4-0278 (cm)	EGV bij JJ4-0279 (eind BL) us/cm	Slibdikte JJ4-0279 (cm)
16-12-2013	toplaag	566		815	
	105	800		1000	
	210	3950		4360	
26-3-2014	toplaag	71,9	25	900	2 a 3
	25	71,9		908	
	45	72,4		915	
	65	77		945	
	85	830		940	
	105	855		958	
	125	920		1030	
	145	1000		1200	
	165	1270		1665	
	185	1800		2580	
	205	2800		2900	
	215	2900		niet gemeten	
	225	slib		3200	
	235	slib		3200	
1-5-2014	toplaag	224		320	
	25	220		322	
	45	221		326	
	65	230		350	
	85	254		380	
	105	432		508	
	125	770		660	
	145	1100		1000	
	165	1800		1690	
	185	2180		2190	
	200	2300		niet gemeten	
	205	slib		2400	
	225	slib		2790	

Bijlage 3

Rapport camera-inspectie

R&I **Afvalwater - Onderhoud**

1. Situatie

- **Omschrijving riool, locatie, inspectiemethode en doel.**

Het regenwaterriool in de Ookmeerweg is ongereinigd en met een stationaire camera geïnspecteerd.

Aanleiding voor deze inspectie is het visueel zichtbaar maken van de vervuiling in de bezinkleidingen.

- **Niet geïnspecteerde strengen en de reden(en) hiervoor.**
Niet van toepassing.

- **Omschrijving van de geconstateerde schades in het riool.**

Inhangende rubberring.

Zie ook punt 3 Aandachtspunten en de bijlage 1 en 2 Situatie geconstateerde schades aan het riool

- **Omschrijving van de geconstateerde schade aan en in putten.**

Er zijn geen noemenswaardige schades geconstateerd

Zie voor details de Putschade-formulieren in bijlage 4.

2. Conclusie

- **Beoordeling R&I van de conditie van het riool op buisniveau n.a.v. inspectie.**

Niet van toepassing. Zie 3 aandachtspunten

3. Aandachtspunten

- De geconstateerde schades

Straatnaam

Ookmeerweg

KK50340	-	KK50339
---------	---	---------

Streng lengte	m.42.89
diameter	297 mm.
Materiaal	Pvc-u
Streng id nr.	28



Foto 12
meter

Inhangende
rubbering klasse 4
laagste punt onder
het midden

Foto
meter

Foto
meter

Advies:Herstellen

Ookmeerweg

KK50344	-	KK50343
---------	---	---------

Streng lengte	m.28.20
diameter	297 mm.
Materiaal	Pvc-u
Streng id nr.	32

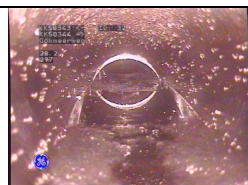


Foto 21
meter

Bezonken afzetting
klasse 5
i.v.m. verzakking

Foto
meter

Foto
meter

Advies:Herleggen

Situatie

Geïnspecteerde riolen

Aantal riolen	Materiaal	Afmeting	Lengte [m]
1	Beton	1600	29
12	PVC-U	297	578
5	PVC-U	375	134
18			742

Aantal toestands-aspecten

Toestandsaspect	Code	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Totaal
Deformatie	BAA	0	0	0	0	0
Scheur	BAB	0	0	0	0	0
Breuk/instorting	BAC	0	0	0	0	0
Defectieve bakstenen of metselwerk	BAD	0	0	0	0	0
Ontbrekende metselspecie	BAE	0	0	0	0	0
Oppervlakteschade	BAF	0	0	0	0	0
Instekende inlaat	BAG	0	0	0	0	0
Defectieve aansluiting	BAH	0	0	0	0	0
Indringend afdichtingsmateriaal- Afdichtingsring	BAIA	0	0	1	0	1
Indringend afdichtingsmateriaal-Anders	BAIZ	0	0	0	0	0
Verplaatste verbinding-Axiaal	BAJA	0	0	0	0	0
Verplaatste verbinding-Radiaal	BAJB	0	0	0	0	0
Verplaatste verbinding- Hoekverdraaiing	BAJC	0	0	0	2	2
Defectieve lining	BAK	0	0	0	0	0
Defectieve reparatie	BAL	0	0	0	0	0
Lasfouten	BAM	0	0	0	0	0
Poreuze buis	BAN	0	0	0	0	0
Grond zichtbaar door defect	BAO	0	0	0	0	0
Holle ruimte zichtbaar door defect	BAP	0	0	0	0	0
Wortels	BBA	0	0	0	0	0
Aangehechte afzettingen	BBB	0	0	0	0	0
Bezonken afzettingen	BBC	4	1	2	1	8
Binnendringen van grond	BBD	0	0	0	0	0
Andere obstakels	BBE	0	0	0	0	0
Infiltratie	BBF	0	0	0	0	0
Exfiltratie	BBG	0	0	0	0	0
Ongedierte	BBH	0	0	0	0	0
Waterpeil	BDD	0	0	0	0	0
Totaal		4	1	3	3	11

Geconstateerde gebreken:

Overzicht toestandsaspecten per riool

Straatnaam Riool- identificatie	Lengte	Materiaal riool Toestandsaspect	Afmeting riool Co/ KI	Afstand	Klok	Foto
Ookmeerweg / JJ40312 - KK41278	12.75	PVC-U JJ40312 KK41278	Cirkel 375 0.00 12.75			
Ookmeerweg / KK41278 - KK41279	29.38	Beton Bezonken afzettingen KK41278 Bezonken afzettingen KK41279	Cirkel 1600 BBC/2 0.00 BBC/4 0.00 29.38 29.38		3 2	
Ookmeerweg / KK41279 - KK41282	6.03	PVC-U KK41279	Cirkel 375 0.00			
/ KK41282 - KK41284	48.63	KK41284	48.63			
/ KK41284 - KK41285	54.33	Bezonken afzettingen KK41284 Bezonken afzettingen KK41285	BBC/2 0.00 BBC/2 0.00 54.33 54.33		5 6	
Ookmeerweg / KK41285 - KK41286	58.48	PVC-U KK41285 KK41286	Cirkel 297 0.00 58.48			
/ KK41286 - KK50338	32.90	KK41286 KK50338	0.00 32.90			
/ KK50338 - KK50339	47.96	KK50338 KK50339	0.00 47.96			
/ KK50339 - KK50340	42.89	KK50339	0.00			
		Indringend afdichtingsmateriaal KK50340	BAIA/4 42.89 42.89		12	
/ KK50340 - KK50341	39.23	KK50340 Verplaatste verbinding-Hoekver KK50341	0.00 BAJC/5 39.23 39.23			

Geconstateerde gebreken:

Overzicht toestandsaspecten per riool

<i>Straatnaam Riool- identificatie</i>	<i>Lengte</i>	<i>Materiaal riool Toestandaspect</i>	<i>Afmeting riool Co/ KI</i>	<i>Afstand</i>	<i>Klok</i>	<i>Foto</i>
/ KK50341 - KK50342	61.13	KK50341		0.00		
		KK50342		61.13		
/ KK50342 - KK50343	71.57	Verplaatste verbinding-Hoekver	BAJC/5	0.00		15
		KK50342		0.00		
		Bezonken afzettingen KK50343	BBC/3	71.57 71.57		16
/ KK50343 - KK50344	28.20	Bezonken afzettingen	BBC/2	0.00		18
		Bezonken afzettingen KK50343	BBC/4	0.00 0.00		19
		Bezonken afzettingen KK50344	BBC/5	28.20 28.20		21

Foto's



Riool: / KK41278 - KK41279 Fotonr: 3



Riool: / KK41278 - KK41279 Fotonr: 2



Riool: / KK41284 - KK41285 Fotonr: 5



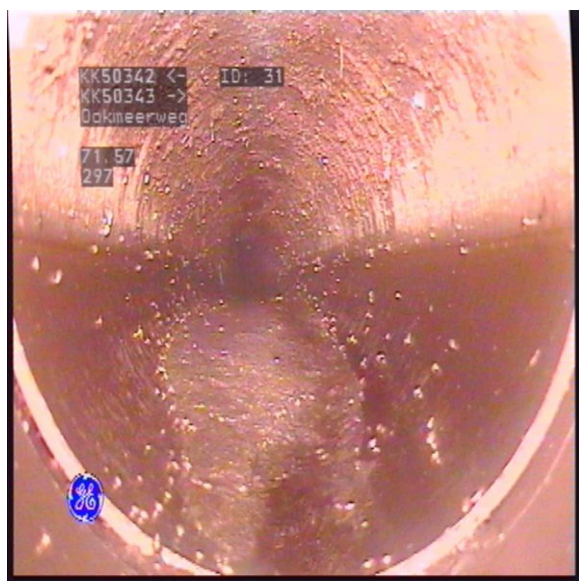
Riool: / KK41284 - KK41285 Fotonr: 6



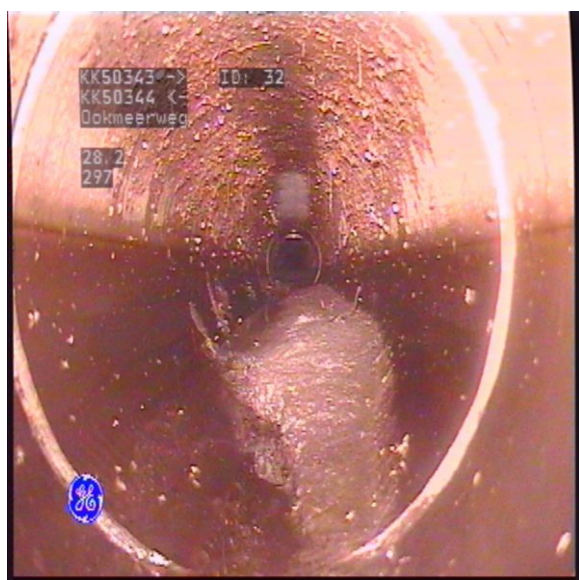
Riool: / KK50339 - KK50340 Fotonr: 12



Riool: / KK50342 - KK50343 Fotonr: 15



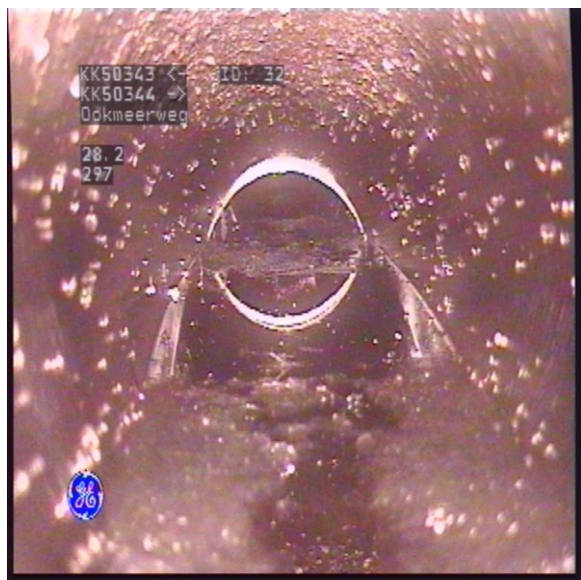
Riool: / KK50342 - KK50343 Fotonr: 16



Riool: / KK50343 - KK50344 Fotonr: 18



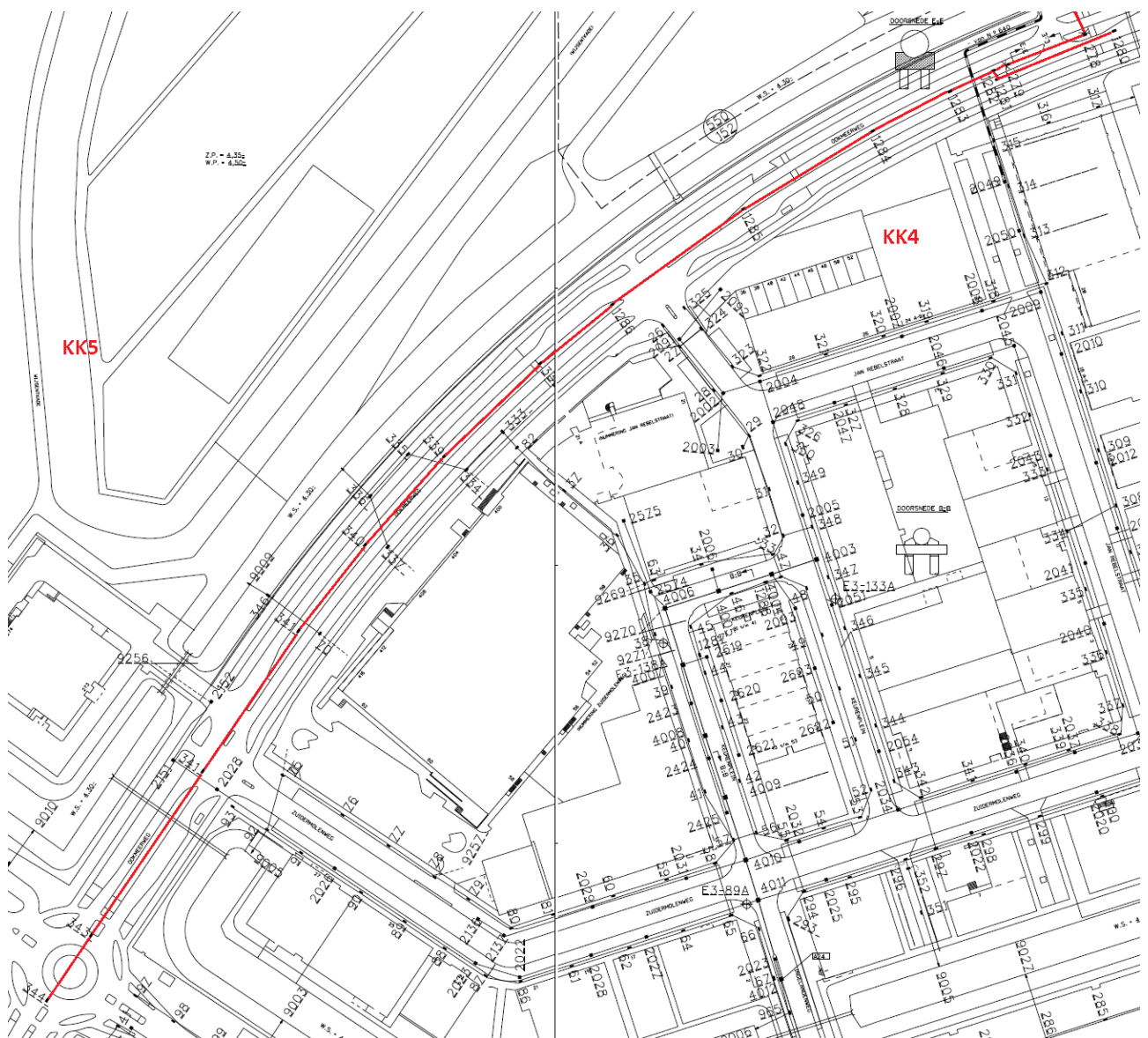
Riool: / KK50343 - KK50344 Fotonr: 19



Riool: / KK50343 - KK50344 Fotonr: 21

Tekening KK4 / KK5

Ookmeerweg
werknummer: 13-11267



Bijlage 4

Analyseresultaten chemische samenstelling water bezinkleiding

Analyserapport



Waternet, Onderzoek & Advies
Onderzoek en Projecten, B6
T.a.v. de heer N. El. Ayadi
Postbus 94107
1090 GC AMSTERDAM

Datum:
26-09-2013

Rapportnummer:
206605

Uw Kenmerk:
--

Project:
dooea001/496, Hemelwater

Monstername door:
Opdrachtgever

Uw projectcode:
Hemelwater

Geachte heer El. Ayadi,

Hierbij zend ik u de resultaten van analyses die op uw verzoek werden uitgevoerd.
Deze resultaten hebben alleen betrekking op de monsters, zoals die door u ter analyse werden aangeboden.

De werkzaamheden zijn, tenzij anders aangegeven, uitgevoerd overeenkomstig het document 'Analysemethoden en Tarieven Stichting Waterproef'. Belangrijk voor de interpretatie van de resultaten is het gegeven dat analyseresultaten altijd een meetonzekerheid bezitten. Gegevens over de analysemethoden en meetonzekerheden worden u op aanvraag toegezonden.

De met een Q gemerkte analyses zijn geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie.

Dit rapport mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

De resultaten op dit rapport zijn geautoriseerd namens de directeur van Stichting Waterproef
R.W.G.M. Melis.


Rapportnummer:

206605

Pagina

2 / 3

Volgnummer	Puntcode	Monsteromschrijving
388865	ox050026	Divers overige matrix hemelwaterprojecten KK4-1278, bovenlaag
388866	ox050026	Divers overige matrix hemelwaterprojecten KK4-1278, middenlaag
388867	ox050026	Divers overige matrix hemelwaterprojecten KK4-1278, bodemlaag
388868	ox050026	Divers overige matrix hemelwaterprojecten KK4-1279, bovenlaag

Volgnummer	388865	388866	388867	388868
Monstertype	Overige	Overige	Overige	Overige
Bemonsteringstype	steekmonster	steekmonster	steekmonster	steekmonster
Monsternemer	N.El Ayadi	N.El Ayadi	N.El Ayadi	N.El Ayadi
Monsternamedatum	09-09-2013	09-09-2013	09-09-2013	09-09-2013
Monsternametijd	00:00	00:00	00:00	00:00
Acceptatiedatum	18-09-2013	18-09-2013	18-09-2013	18-09-2013

Fysisch- Chemische analyses

Fysisch- Chemische analyses									Eenheid
Chloride	21	<i>b</i>	76	<i>b</i>	2900	<i>b</i>	21	<i>b</i>	mg/l Cl
Nitriet	0,05	<i>ab</i>	0,07	<i>ab</i>	< 0,01	<i>ab</i>	0,06	<i>ab</i>	mg/l N
Nitraat	0,8	<i>ab</i>	0,6	<i>ab</i>	< 0,1	<i>ab</i>	0,8	<i>ab</i>	mg/l N
Som nitriet + nitraat	0,86	<i>ab</i>	0,64	<i>ab</i>	< 0,05	<i>ab</i>	0,90	<i>ab</i>	mg/l N
Totaal-fosfor in water	0,12	<i>b</i>	0,62	<i>b</i>	3,1	<i>b</i>	0,13	<i>b</i>	mg/l P
Sulfaat	5	<i>b</i>	6	<i>b</i>	5	<i>b</i>	< 5	<i>b</i>	mg/l SO4
Onopgeloste bestanddelen	3	<i>b</i>	5	<i>b</i>	51	<i>b</i>	5	<i>b</i>	mg/l

Metaal analyses

Metaal analyses									Eenheid
Calcium in water	13	<i>b</i>	43	<i>b</i>	180	<i>b</i>	14	<i>b</i>	mg/l
IJzer in water	140	<i>b</i>	350	<i>b</i>	35000	<i>b</i>	160	<i>b</i>	ug/l
Kalium in water	2,1	<i>b</i>	6,0	<i>b</i>	14	<i>b</i>	2,3	<i>b</i>	mg/l
Koper in water	8	<i>b</i>	6	<i>b</i>	< 1,5	<i>b</i>	8	<i>b</i>	ug/l
Lood in water	0,5	<i>b</i>	0,9	<i>b</i>	0,5	<i>b</i>	0,8	<i>b</i>	ug/l
Magnesium in water	1,4	<i>b</i>	7,1	<i>b</i>	11	<i>b</i>	1,4	<i>b</i>	mg/l
Mangaan in water	19	<i>b</i>	92	<i>b</i>	1900	<i>b</i>	32	<i>b</i>	ug/l
Natrium in water	17	<i>b</i>	56	<i>b</i>	2000	<i>b</i>	16	<i>b</i>	mg/l

**Rapportnummer:**

206605

Pagina

3 / 3

Volgnummer	Puntcode	Monsteromschrijving
388869	ox050026	Divers overige matrix hemelwaterprojecten KK4-1279, middenlaag
388870	ox050026	Divers overige matrix hemelwaterprojecten KK4-1279, bodemlaag

Volgnummer	388869	388870
Monstertype	Overige	Overige
Bemonsteringstype	steekmonster	steekmonster
Monsternemer	N.El Ayadi	N.El Ayadi
Monsternamedatum	09-09-2013	09-09-2013
Monsternametijd	00:00	00:00
Acceptatiedatum	18-09-2013	18-09-2013

Fysisch- Chemische analyses

					Eenheid
Chloride	130	<i>b</i>	380	<i>b</i>	mg/l Cl
Nitriet	0,07	<i>ab</i>	< 0,01	<i>ab</i>	mg/l N
Nitraat	0,5	<i>ab</i>	< 0,1	<i>ab</i>	mg/l N
Som nitriet + nitraat	0,52	<i>ab</i>	< 0,05	<i>ab</i>	mg/l N
Totaal-fosfor in water	0,62	<i>b</i>	1,8	<i>b</i>	mg/l P
Sulfaat	< 5	<i>b</i>	5	<i>b</i>	mg/l SO4
Onopgeloste bestanddelen	7	<i>b</i>	19	<i>b</i>	mg/l

Metaal analyses

					Eenheid
Calcium in water	47	<i>b</i>	110	<i>b</i>	mg/l
IJzer in water	680	<i>b</i>	7200	<i>b</i>	ug/l
Kalium in water	6,5	<i>b</i>	13	<i>b</i>	mg/l
Koper in water	7	<i>b</i>	4	<i>b</i>	ug/l
Lood in water	1,1	<i>b</i>	1,5	<i>b</i>	ug/l
Magnesium in water	6,7	<i>b</i>	13	<i>b</i>	mg/l
Mangaan in water	200	<i>b</i>	670	<i>b</i>	ug/l
Natrium in water	84	<i>b</i>	270	<i>b</i>	mg/l

Opmerkingen

- a* Monster na houdbaarheidstermijn aangeleverd. Het resultaat is minder betrouwbaar.
b Monster is in verkeerde verpakking aangeleverd. Het resultaat is minder betrouwbaar.

Bijlage 5

Presentatie "Erfahrungen mit Anlagen zur Straßenabwasserreinigung", S. Fuchs und B. Lambert,
d.d. 20-10-2011

Eigenschaften und Reinigung von Straßenabflüssen

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Abteilung Wasserwirtschaft Fachseminar „Erfahrungen mit Anlagen zur Straßenabwasserreinigung“ 20.10.2011

Stephan Fuchs und Benedikt Lambert



Aufgabenstellung der Straßenabflussbehandlung

- Feinpartikelrückhalt
 - Schwermetall-, MKW-, und PAK-Rückhalt
 - Minderung des Sauerstoffbedarfes (Sediment- und Algen-bürtig)
-

- MKW in Phase aus dem ruhenden Verkehr
- Minderung des Sauerstoffbedarfs der gelösten Phase



Feststoffe sind Schlüsselparameter

Abreicherung und Klassierung der Feststoffe

- Straßenseitenbereich
- Kehrung
- Nassgully (Totalsenke)
- Trockengully (Teilsenke)
- Flacher Zuleitungskanal



Straße	A100	A113 neu	Ernst-Ruska	Clay-allee
Straßenbäume/haA _u	0	0	8 ¹	20
Straßenreinigungen/a	3	3	52	156
TM in kg/haA _u *a	4.560	5.927	119	84
T+U in %	7,8	5,1	27,8	25,6
GV in %	6,4	8,6	17,9	39,3



Verfahrenstechnisches Instrumentarium

Standardverfahren

- **Sedimentation**
- **Filtration**



Sonderverfahren

(keine Verfahren der Regenwasserbehandlung)

- Adsorption und Ionenaustausch
- Leichtstoffabscheider



Erfahrungen mit Sedimentationsanlagen

- Speichervolumen nicht nutzbar
- Salzschtichtung
- Planktonbürtige CSB-Bildung
- Freisetzung von DOC, Zn, Fe, P aus dem Sediment
- Hemmung der MKW, PAK₁₆-Mineralisierung
- Faktor 4-5 geringere Lagerungsdichte des Sedimentes

Salzschtichtung

Datum	09.04.	19.04.	07.05.	24.05.	02.06.	07.06.	28.06.	08.07.	16.07.
Salzgehalt in $\mu\text{S}/\text{cm}$									
0,0 m	2.500	2.490	2.590	2.490	1.132	791	498	443	340
0,5 m	2.590	2.490	2.590	2.500	1.132	757	480	441	336
1,0 m	6.490	5.400	3.370	2.500	1.220	789	488	440	337
1,5 m	7.773	6.120	3.370	2.500	1.220	1.020	520	627	343

Planktonbürtige CSB-Bildung und Sauerstoffzehrung



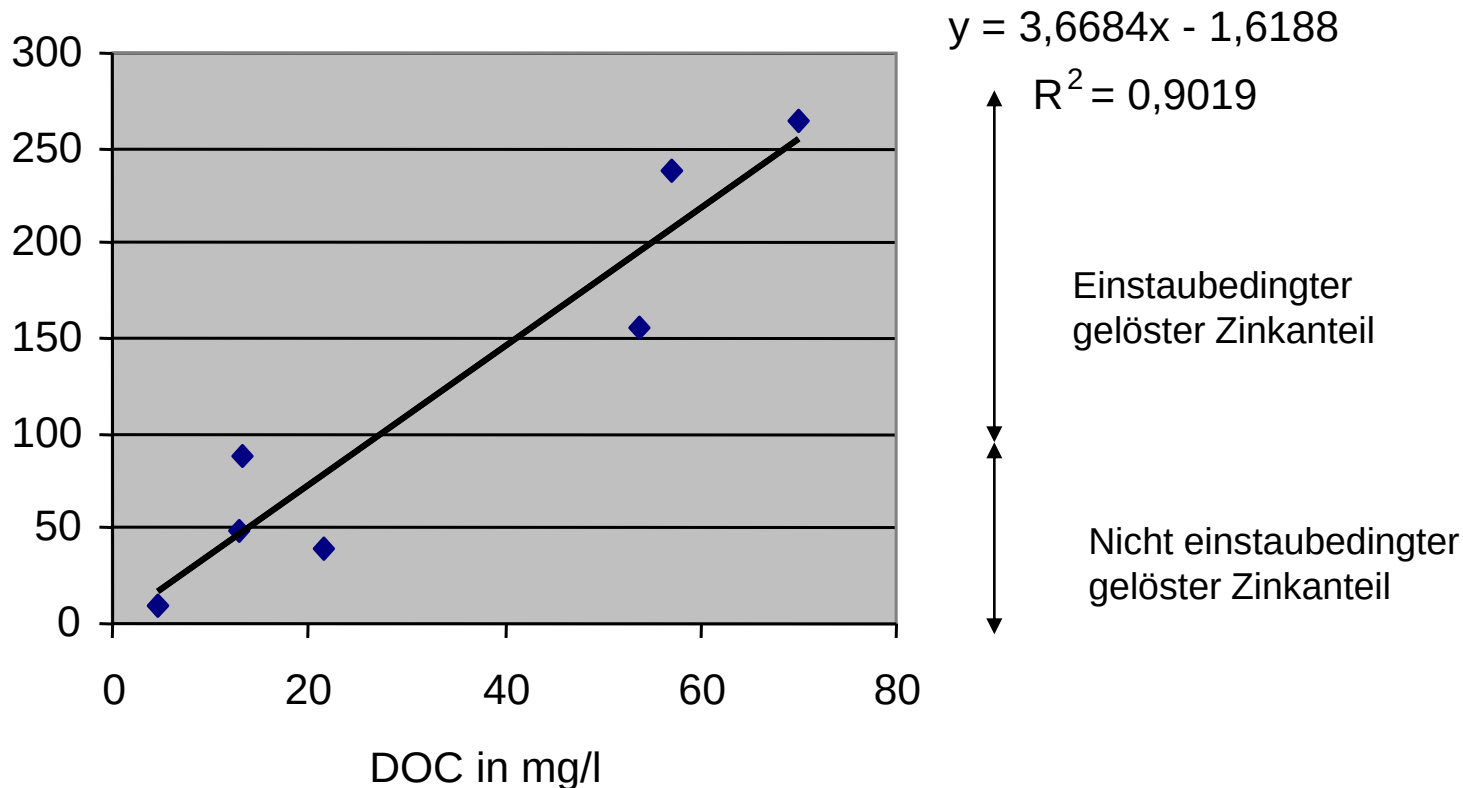
CSB = 41,0 mg/l



Datum	09.04.	19.04.	07.05.	24.05.	02.06.	07.06.	28.06.	08.07.	16.07.
Zeit	14.30	15.15	11.15	13.30	17.15	16.30	15.30	10.30	11.30
Sauerstoffsättigung in %									
0,0 m	112,8	179,2	170,6	65,8	74,5	148,7	173,1	89,3	55,8
0,5 m	111,4	185,5	182,1	59,8	39,9	62,7	197,0	60,6	41,8
1,0 m	4,3	58,2	6,4	27,0	8,3	27,4	2,5	46,3	37,7
1,5 m	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	35,7

DOC- und Zn_{gel} -Gehalte im Straßenabfluss

Zn gelöst in $\mu\text{g/l}$



nach Langbein u.a. (2005)

MKW- und PAK₁₆-Abbau in Straßenabflusssedimenten

Depotzeit	1 Monat ¹	9 Jahre ²
Sediment	eingestaut	trockenfallend
MKW in mg/kg	2.286	130
PAK ₁₆ in mg/kg	11,8	1,62
Zink in mg/kg	1.383	988

- 1 Mittelwert der Quartalsmischproben 3/2009 – 2/2010, Beprobung über Feststoffsammler mit monatlicher Räumung
- 2 Lysimetersediment nach 9-jährigem Betrieb, Vorhaben der LfU Bayern, Probenahme am 16.11.2005

Erfahrungen mit Filtrationsanlagen

- Kolmation durch Böschungserosion
- Kolmation aufgrund von Fremdwasser
- Starke Unterlast



Kolmation aufgrund von Fremdwasser



Fremdwasserzufluss



Beschicktes Beet



Nicht beschicktes Beet

Trotz der geringen straßenbürtigen Feinpartikelbelastung ist eine Beetalternierung zur Zersetzung der Fadenalgenmatten auf der Filteroberfläche notwendig

Unterlast durch Muldenentwässerung

Zinkgehalte in
0 -5 cm Tiefe



1.033 mg Zn /kg



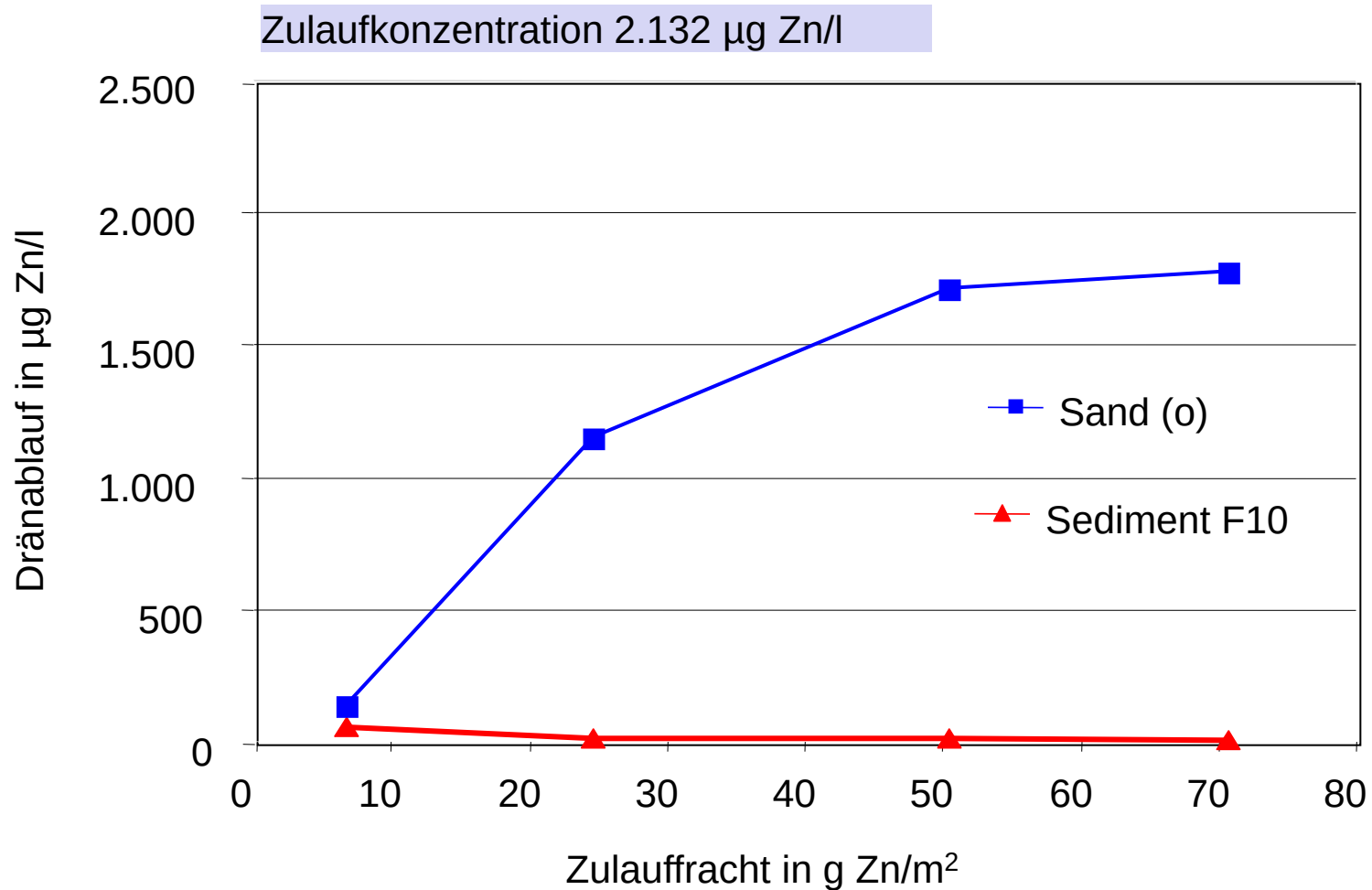
306 mg Zn /kg



103 mg Zn /kg



Zinkbindung von Sediment und Filtersubstrat



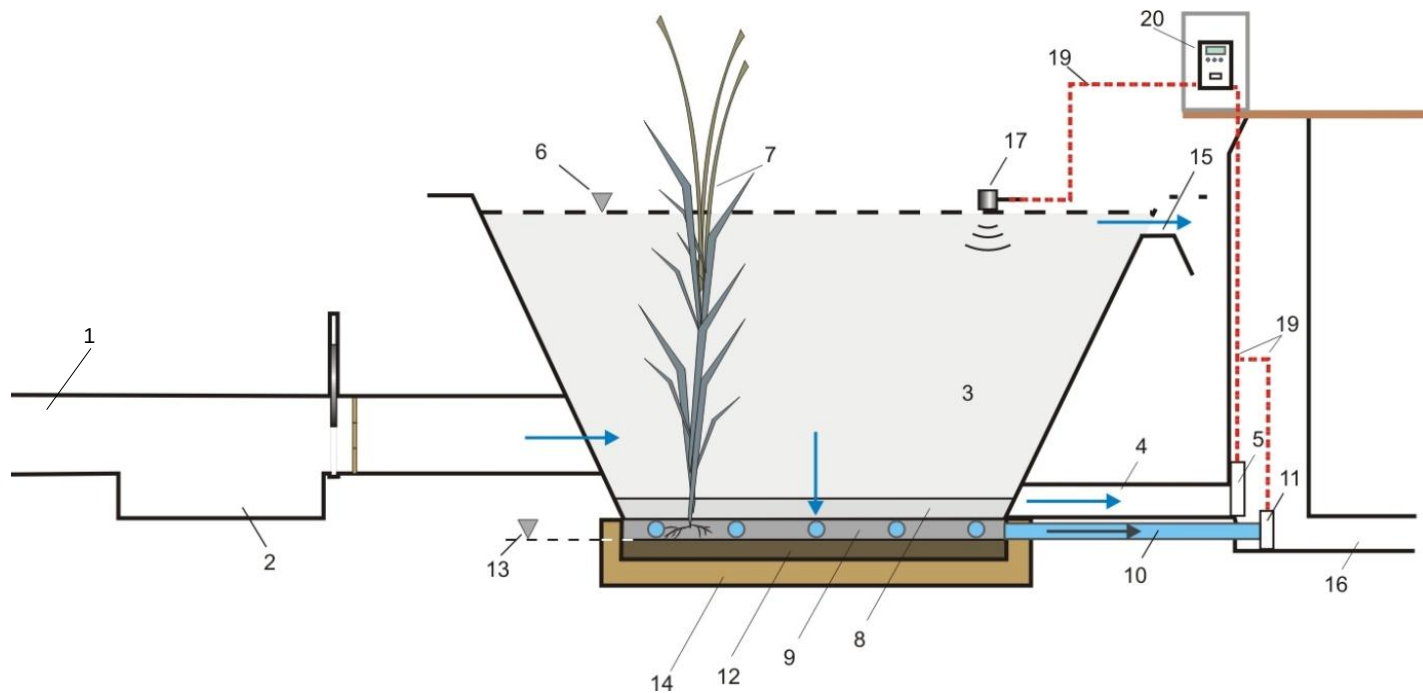
Fazit

- Sedimentationsanlagen leistungsschwach und bei Dauereinstau kontraproduktiv
 - Wirkungslos bei Vorsedimentation
 - Gefahr von Remobilisierung
 - Salzschtichtung
 - Saprobie
- Filteranlagen nur bei besonderem Gewässerschutzziel und klar definierten Betriebsbedingungen
 - Schutz vor Kolmation (mehrbeetig)
 - Unterlast führt zur Anlagenzerstörung



Robustes, leistungsfähiges Verfahren erforderlich

Großvolumige, trockenfallende Sedimentation



1 Zuleitung
 2 Geschiebefang
 3 Retentionsraum
 4 Sohlablauf
 5 Ablaufschieber
 6 maximaler Wasserstand

7 Schilf
 8 Sedimentschicht
 9 Dränschicht
 10 Dränablaufleitung
 11 Dränablaufschieber
 12 Wurzelraumschicht

13 minimaler Wasserstand
 14 Dichtungsschicht
 15 Klärüberlauf
 16 Ablaufkanal
 17 bis 20 Anlagensteuerung

Bijlage 6

Neerslagstatistieken KNMI



neerslagstatistiek

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.

		L					etmalen G					etmalen H					etmalen 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+.

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

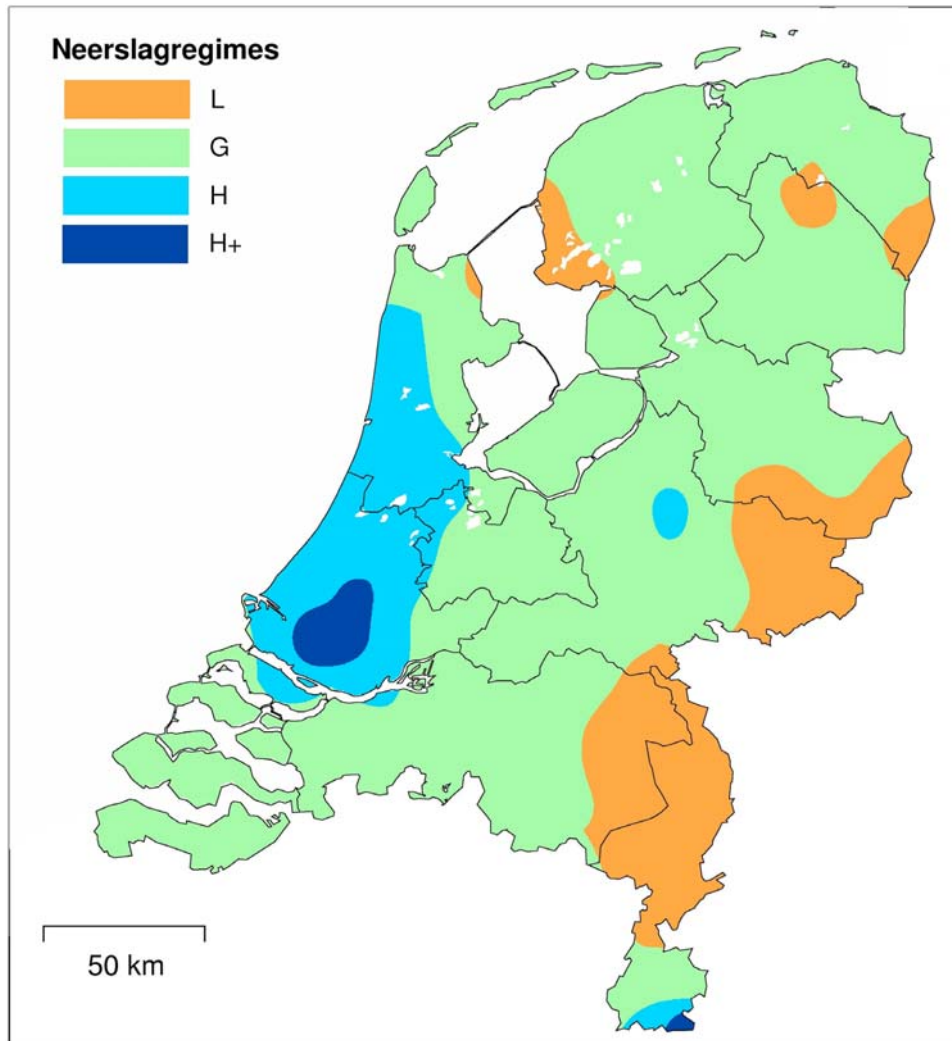
Afdeling

Klimaatdata en -advies
T 030 220 68 76
klimaatdesk@knmi.nl
www.knmi.nl/klimatologie

Datum

19 december 2013

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. *H₂O*, **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

Afdeling

Klimaatdata en -advies
T 030 220 68 76
klimaatdesk@knmi.nl
www.knmi.nl/klimatologie

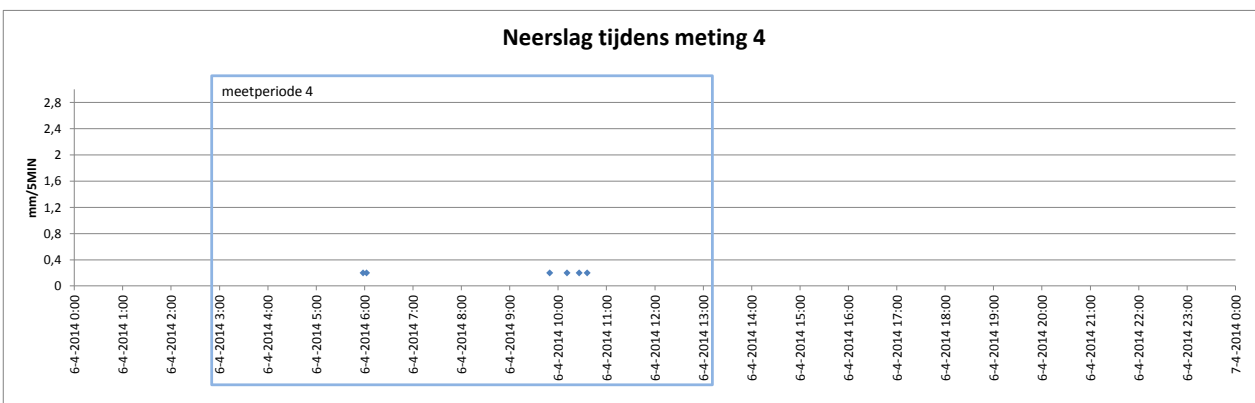
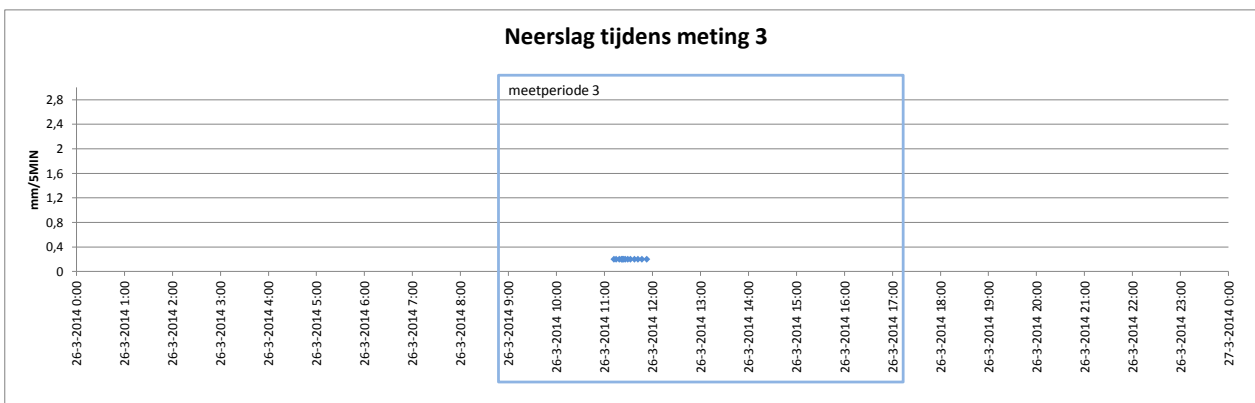
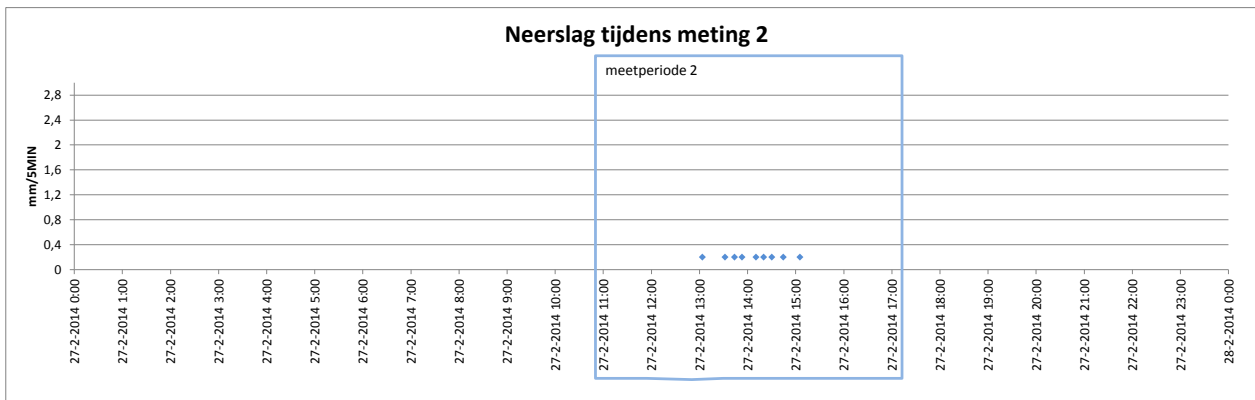
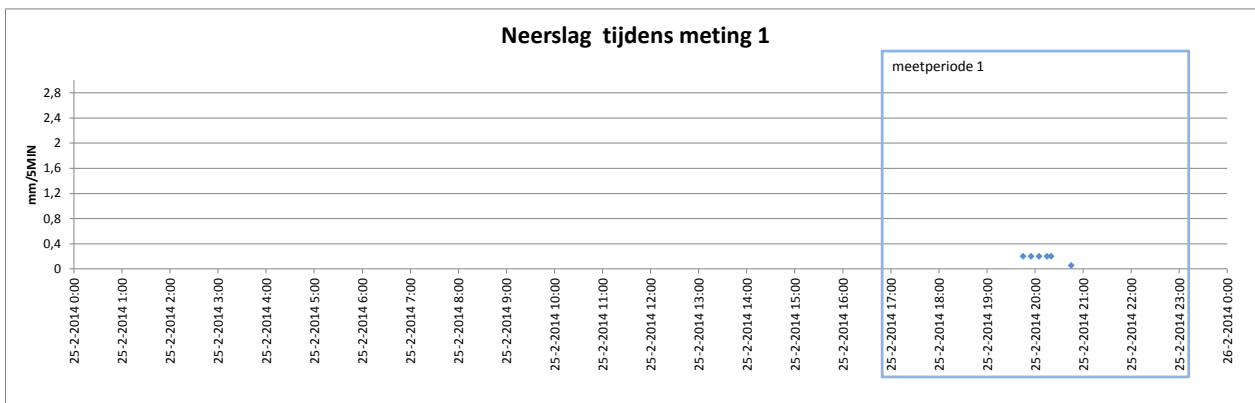
Datum

19 december 2013

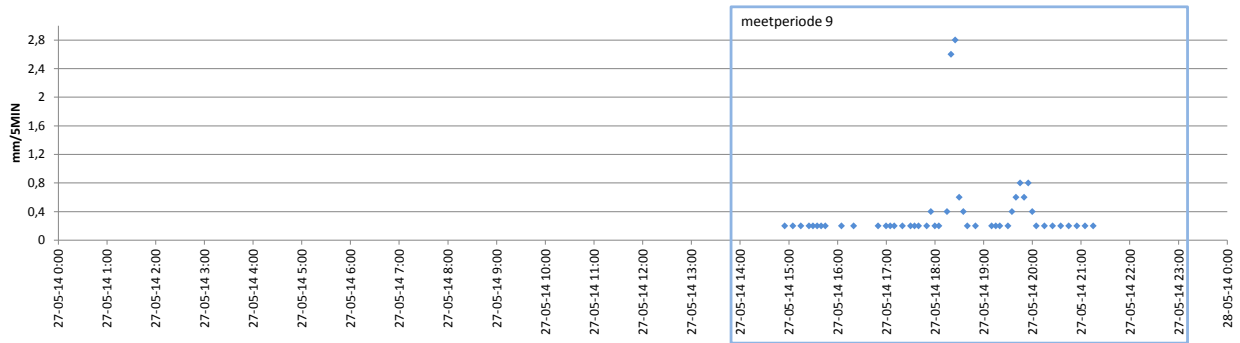
Bijlage 7

Regengrafieken

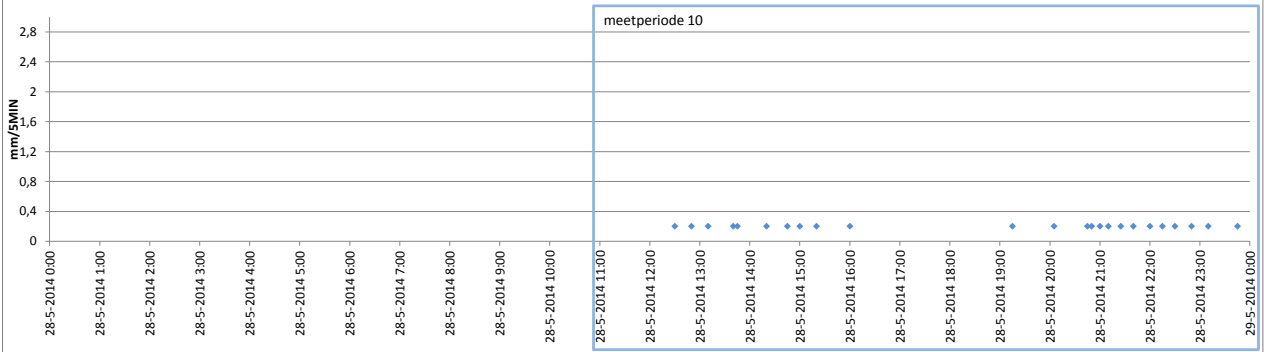
Neerslag grafieken meting 1 t/m meting 13 (mm/5MIN)



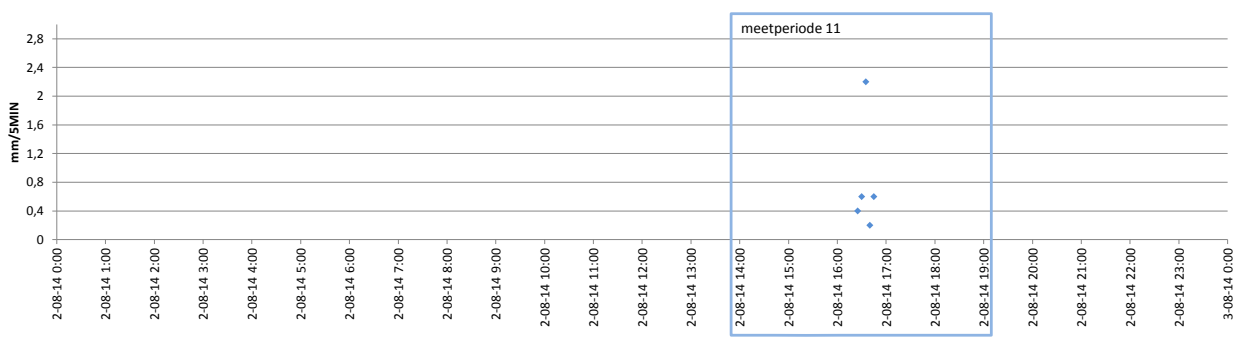
Neerslag tijdens meting 9



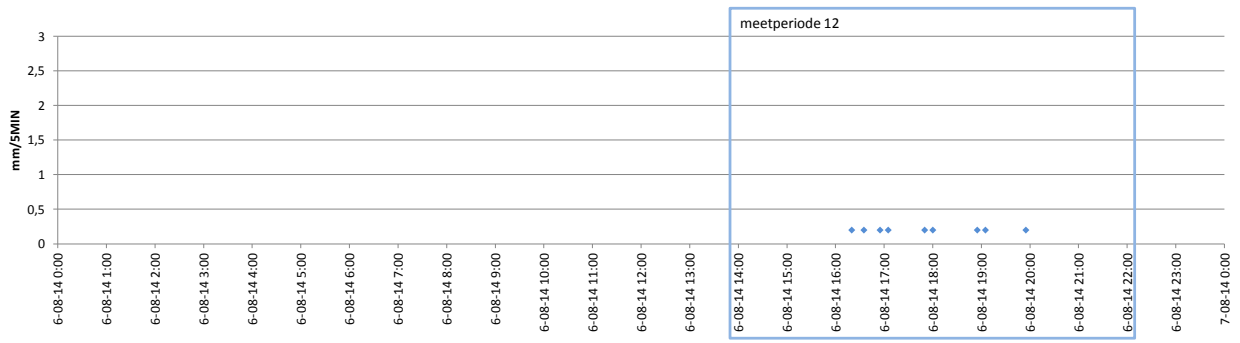
Neerslag tijdens meting 10

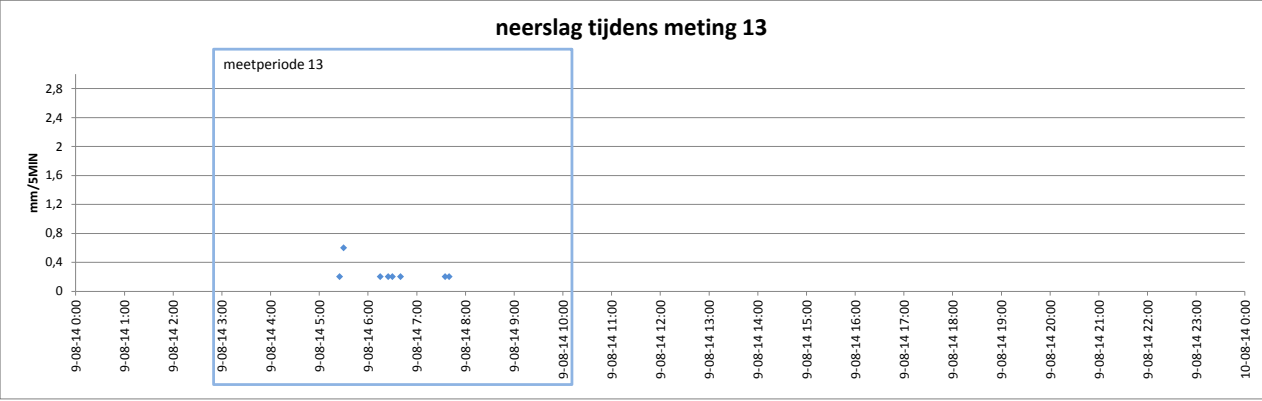


Neerslag tijdens meting 11



Neerslag tijdens meting 12





Bijlage 8

Analyseresultaten chemische samenstelling slib IN en UIT bezinkleiding

Analyserapport



Waternet, TOP
Watertechnologie
T.a.v. de heer N. el Ayadi
Postbus 94370
1090 GJ AMSTERDAM

Datum:
10-10-2014

Rapportnummer:
228119

Uw Kenmerk:
--

Project:
dooea001/598, Ookmeerweg

Monstername door:
Opdrachtgever

Uw projectcode:
-

Geachte heer Ayadi,

Hierbij zend ik u de resultaten van analyses die op uw verzoek werden uitgevoerd.
Deze resultaten hebben alleen betrekking op de monsters, zoals die door u ter analyse werden aangeboden.

De werkzaamheden zijn, tenzij anders aangegeven, uitgevoerd overeenkomstig het document 'Analysemethoden en Tarieven Stichting Waterproef'. Belangrijk voor de interpretatie van de resultaten is het gegeven dat analyseresultaten altijd een meetonzekerheid bezitten. Gegevens over de analysemethoden en meetonzekerheden worden u op aanvraag toegezonden.

De met een Q gemerkte analyses zijn geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie.

Dit rapport mag niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

De resultaten op dit rapport zijn geautoriseerd namens de directeur van Stichting Waterproef
R.W.G.M. Melis.

**Rapportnummer:**

228119

Pagina

2 / 3

Volgnummer	Puntcode	Monsteromschrijving
419357	oh080004	Zuiveringsslib bezinkleiding Q06 IN
419358	oh080004	Zuiveringsslib bezinkleiding Q06 uit

Volgnummer	419357	419358
Monstercode klant	oh080004	oh080004
Monstertype	Zuiveringsslib	Zuiveringsslib
Bemonsteringstype	steekmonster	steekmonster
Monsternemer	N. El Ayadi	N. El Ayadi
Monsternamedatum	23-09-2014	23-09-2014
Monsternametijd	00:00	00:00
Acceptatiedatum	26-09-2014	26-09-2014

Fysisch- Chemische analyses				Eenheid
Soortelijke massa		1144	1098	g/l
Carbonaat, volumetrisch		30	37	g/kg dg
Indamprest van vaste matrix	Q	25,3	18,2	%
Gloeirest van de indamprest	Q	75	67	% van dg
Organisch stof gehalte		18,0	30,9	%
Voorbehandeling SCG kromme				
Afval		9,2	0,1	%
Grind		< 0,1	< 0,1	%
Grond		90,8	99,9	%
Puin		< 0,1	< 0,1	%
Korrelgrootte voor SCG				
Korrelgrootte <2 um, sedigraaf		21,0	37,7	% md <i>b</i>
Korrelgrootte <16 um, sedigraaf		41,4	84,0	% md <i>b</i>
Korrelgrootte <32 um		44,1	92,0	% md <i>b</i>
Korrelgrootte <50 um		44,6	93,5	% md <i>b</i>
Korrelgrootte <63 um		45,3	95,1	% md
Korrelgrootte <125 um		47,4	96,6	% md
Korrelgrootte <250 um		58,9	98,5	% md
Korrelgrootte <500 um		79,9	99,8	% md
Korrelgrootte <1000 um		94,9	100,0	% md

Metaal analyses				Eenheid
Cadmium in vaste matrix na destructie	Q	< 1	1	mg/kg dg
Chroom in vaste matrix na destructie	Q	71	100	mg/kg dg
Cobalt in vaste matrix na destructie	Q	9	13	mg/kg dg
IJzer in vaste matrix na destructie	Q	22000	31000	mg/kg dg
Koper in vaste matrix na destructie	Q	300	430	mg/kg dg
Kwik in vaste matrix na destructie				
Kwik	Q	0,2	0,3	mg/kg dg
Lood in vaste matrix na destructie	Q	100	140	mg/kg dg
Nikkel in vaste matrix na destructie	Q	32	44	mg/kg dg
Zink in vaste matrix na destructie	Q	1100	1500	mg/kg dg
Calcium in vaste matrix		17000	<i>a</i> 20000 <i>a</i>	mg/kg dg

**Rapportnummer:**

228119

Pagina

3 / 3

Volgnummer**419357****419358****Organische analyses**

			Eenheid
Minerale olie in vaste matrix	7800	13000	mg/kg dg
EOX in vaste matrix	8,0	14	mg/kg dg
PAK EPA in vaste matrix			
Acenafteen	0,12	0,14	mg/kg dg
Acenaftyleen	0,1	0,1	mg/kg dg
Anthraceen	0,20	0,26	mg/kg dg
Benzo(a)antraceen	1,0	1,1	mg/kg dg
Benzo(a)pyreen	0,8	0,9	mg/kg dg
Benzo(b)fluorantheen	2,0	2,4	mg/kg dg
Benzo(g,h,i)peryleen	1,3	1,6	mg/kg dg
Benzo(k)fluorantheen	0,5	0,6	mg/kg dg
Chryseen	1,2	1,4	mg/kg dg
Dibenzo(a,h)antraceen	0,6	0,7	mg/kg dg
Fenanthreen	1,2	1,5	mg/kg dg
Fluoreen	0,21	0,27	mg/kg dg
Fluorantheen	3,2	3,5	mg/kg dg
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	0,7	0,9	mg/kg dg
Naftaleen	0,11	0,16	mg/kg dg
Pyreen	3,5	4,0	mg/kg dg
Som 16 PAK EPA	16,83	19,485	mg/kg dg

Opmerkingen

- a** Analyse uitgevoerd door OMEGAM
- b** Resultaat moet als indicatief gezien worden. De matrix wijkt af van het toepassingsgebied van het voorschrift, omdat het gloeiverlies hoger is dan 30%.

Bijlage 9

Bezinkingsproeven sediment (Hogeschool van Amsterdam)

Inleiding

In deze notitie staan de resultaten van de bezinkproeven van de slibmonsters van Waternet. Het betreft de volgende monsters:

1. Slib oppervlaktewater brug dierenasiel 20-06 2014
2. Slib uit bezinkput 20-06 2014
3. Mengmonster uit hemelwaterriool A06 20-06 2014

Aanleiding onderzoek

Er is behoefte aan meer kennis van de bezinkingskarakteristieken van slib in rioolstelsels. Zonder kennis van de maatgevende valsnelheid is (of de verdeling van valsnelheid) is het eigenlijk niet mogelijk goed gefundeerde keuzes te maken over de omvang en inrichting van bezinkvoorzieningen die verontreiniging van oppervlaktewater met rioolslib moeten beperken.

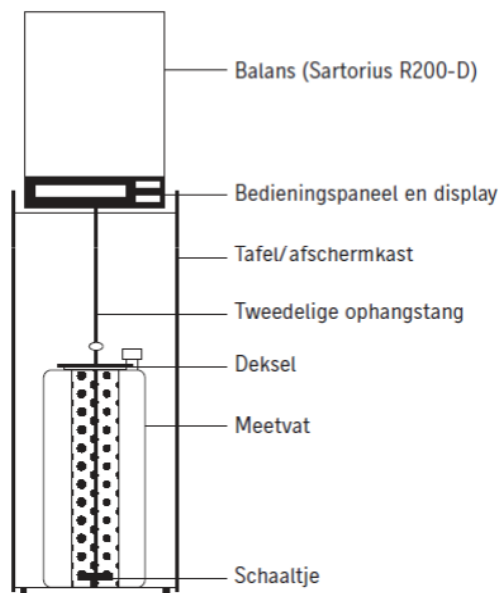
Enige jaren geleden is een meetopstelling die aan de TUDelft ontwikkeld is, afgestoft en voor het eerst ingezet voor het bepalen van de verdeling van valsnelheden van slib uit rioolstelsels. De Hogeschool van Amsterdam heeft het uitvoeren van deze metingen onderdeel van de studie civiele techniek gemaakt en opgenomen in het onderzoeksprogramma. Het doel is enerzijds om studenten te leren meten en anderzijds om in de loop der jaren inzicht te krijgen in de verdelingen van valsnelheden van rioolslib in Nederland.

Doel onderzoek

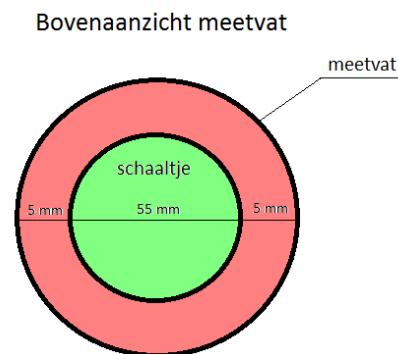
Het bepalen van de valsnelheid van het slib van de drie monsters van waternet.

Voor de bepaling van de valsnelheid van het slib is gebruik gemaakt van de Sedimet meetopstelling. Dit is een meetopstelling met een zeer nauwkeurige weegschaal. In de volgende paragraaf staat een beschrijving van deze meetopstelling.

Beschrijving van de meetopstelling



Figuur 1 meetopstelling Sedimet



Figuur 2 bovenaanzicht meetvat

De meetopstelling is weergegeven in figuur 1. In het meetvat wordt het slibmonster vermengd met water. Deze monster wordt circa 1 minuut geroerd, zodat deze goed vermengd is. Het slib zal in verloop van tijd gaan bezinken en komt uiteindelijk op het schaal terecht. Dit schaal (figuur 1 en 2) bevindt zich vlak boven de bodem en hangt aan een zeer nauwkeurige weegschaal. Deze weegschaal geeft de toename van het gewicht in de tijd door aan een computer welke de meetwaarden per 1,1 seconde opslaat.

Het meetvat is een vrijwel afgesloten ruimte met daarin een hoeveelheid water met slib. De deksel bestaat uit een cd-rom, welke nog wel voor een kleine opening zorgt tussen het meetvat en de omgeving. Hierdoor is de hoeveelheid water dat kan verdampen beperkt.

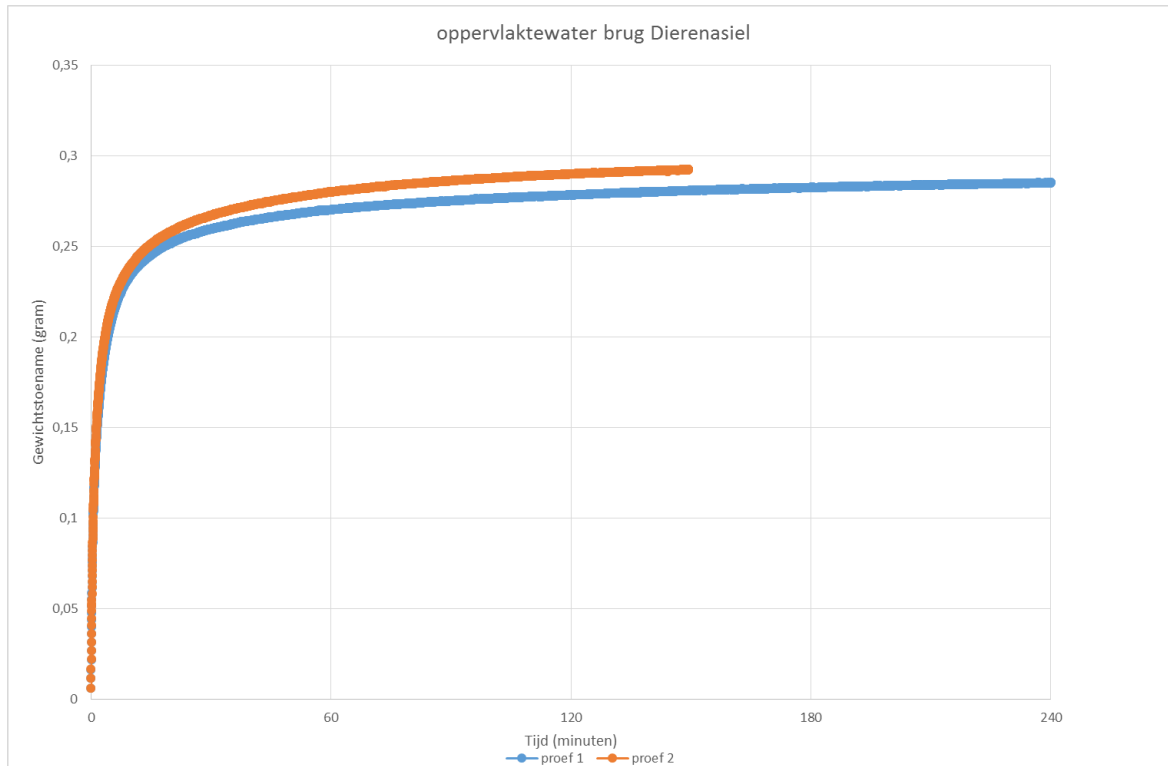
Deze gehele opstelling bevindt zich in een glazen kast die de buitenstaande invloeden in de perken houdt. Bijlage 1 toont enkele foto's van de meetopstelling. De ijking van de meetopstelling staat in bijlage 2.

Uitvoeren proeven

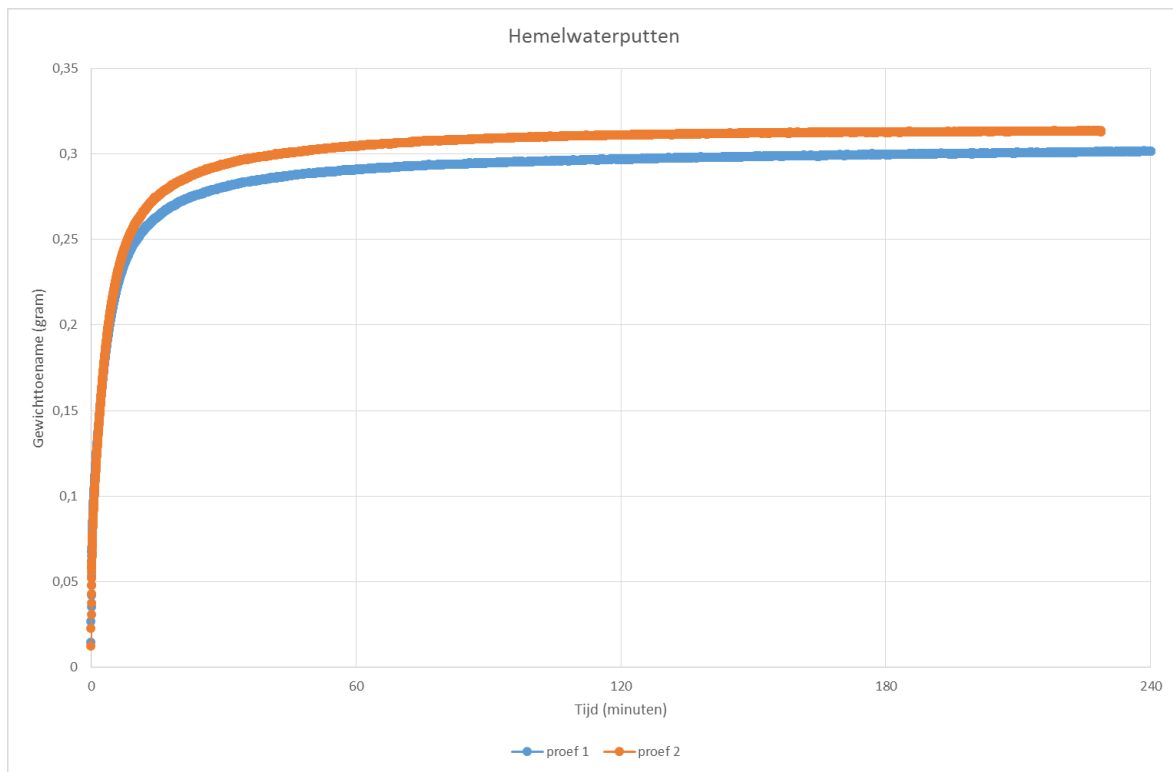
Van alle drie de monsters zijn er twee metingen uitgevoerd met de Sedimet. Bij alle metingen is de beginwaterstand en eindwaterstand in het meetvat bepaald. Deze bleek in alle gevallen hetzelfde te zijn aan het begin en het eind. Er heeft dus niet tot nauwelijks verdamping plaatsgevonden tijdens de metingen. Bij alle monsters is een meting uitgevoerd met een langere tijdsperiode (meer dan 8 uur), tijdens de avond/nacht en een meting met een kortere tijdsperioden gedurende de dag.

Uitwerken data

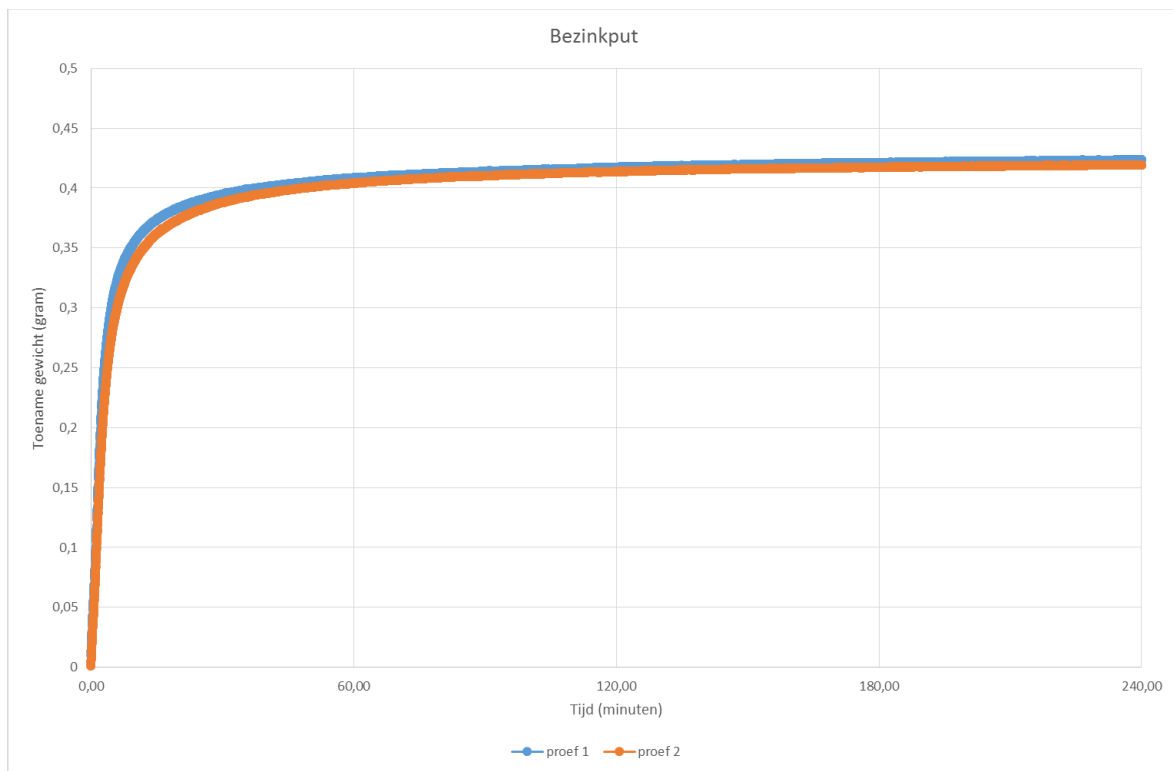
In deze paragraaf staan de ruwe meetdata van de verschillende monsters in grafiekvorm. In de grafieken is de gewichtstoename in grammen (y-as) uitgezet tegen de tijd.



Figuur 2 meetresultaten oppervlaktewater brug Dierenasiel



Figuur 3 meetresultaten mengmonster hemelwaterputten



Figuur 4 meetresultaten bezinkput

Van alle monsters zijn twee proeven uitgevoerd. Zoals te zien is in de figuren 2 t/m 5 zijn er tijdens de proeven geen verstoringen opgetreden. De grafieken hebben een mooie vloeiende lijn. In alle grafieken is er een verschil tussen het totaal gemeten gewicht. Dit verschil komt omdat bij het herhalen van de proef op een iets eerder of later tijdstip (orde 10 à 20 seconde) het programma die de meetdata opslaat is aangezet, zodat een groter of kleiner deel van de zwaarste fractie al is bezonken. De vorm van beide proeven is wel bij herhaling grotendeels gelijk.

Van deze proeven is de data verwerkt tot een valsnelheidsgrafiek. Hiervoor is voor elke proef het 100% percentage bepaald. Dit is het gewicht als de grafiek horizontaal loopt.

Uitwerken data voor monster oppervlaktewater

De meetdata van het monster van het oppervlaktewater is verder uitgewerkt tot de valsnelheidsgrafiek. Om deze valsnelheidsgrafieken te maken is voor een groot aantal punten de raaklijn van de grafieken 2 t/m 4 bepaald. Vervolgens is voor iedere raaklijn het snijpunt met de y-as bepaald. Bijvoorbeeld op tijdstip 1 uur is de een raaklijn gemaakt. Deze raaklijn kruist de y-as op 0,3 gram.

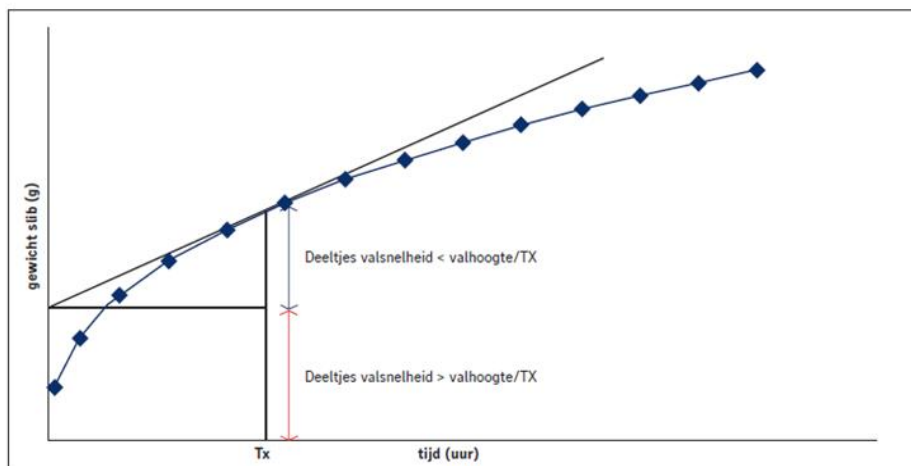
Deze valsnelheidsgrafieken zijn weergegeven in figuur 5 t/m 7. De valsnelheid van het slib is met behulp van het principe van Oden bepaald. In kader 1.1 staat dit principe van Oden uitgelegd.

Kader 1.1 Principe van Oden

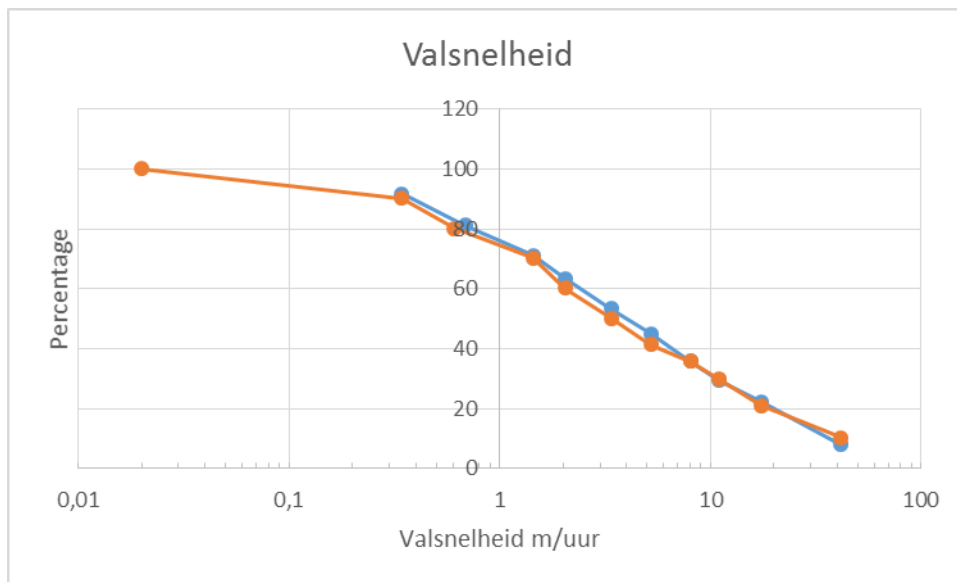
Principe van Oden

Het gewicht op de weegschaal op een zeker moment (T_x) bestaat enerzijds uit alle deeltjes met een valsnelheid groter dan de maximale valhoogte/ T_x en anderzijds uit

deeltjes met een lagere valsnelheid (het deel dat nog aan het bezinken is) (zie figuur 2.2). Op basis van dit principe is de verdeling van de valsnelheden te bepalen door op een aantal momenten de afgeleide (raaklijn) van de gewichttoename op de weegschaal af te lezen. Aan het einde van een proef, hoort de lijn horizontaal te lopen. Dan is al het bezinkbare materiaal bezonken.

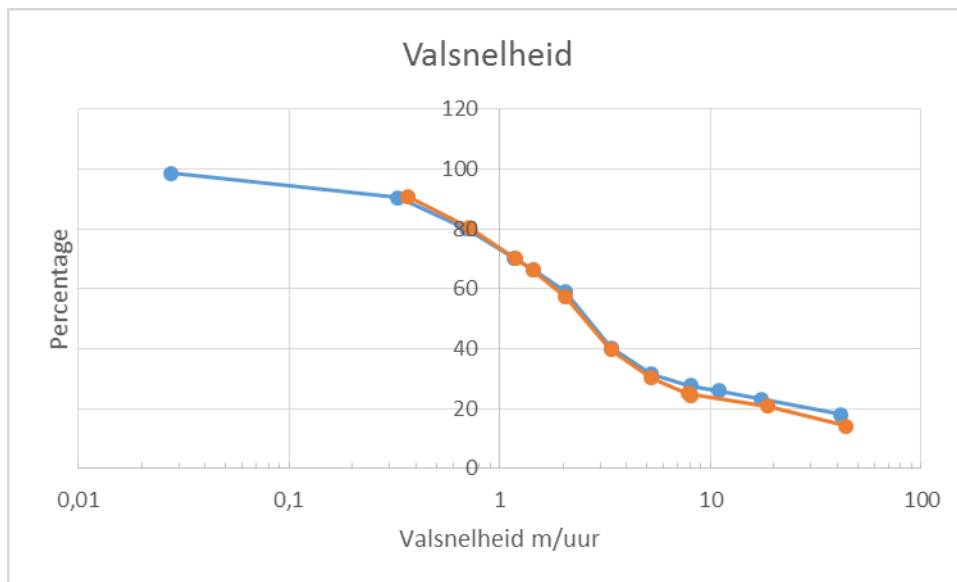


Figuur 2.2 Schematische weergave principe van Oden



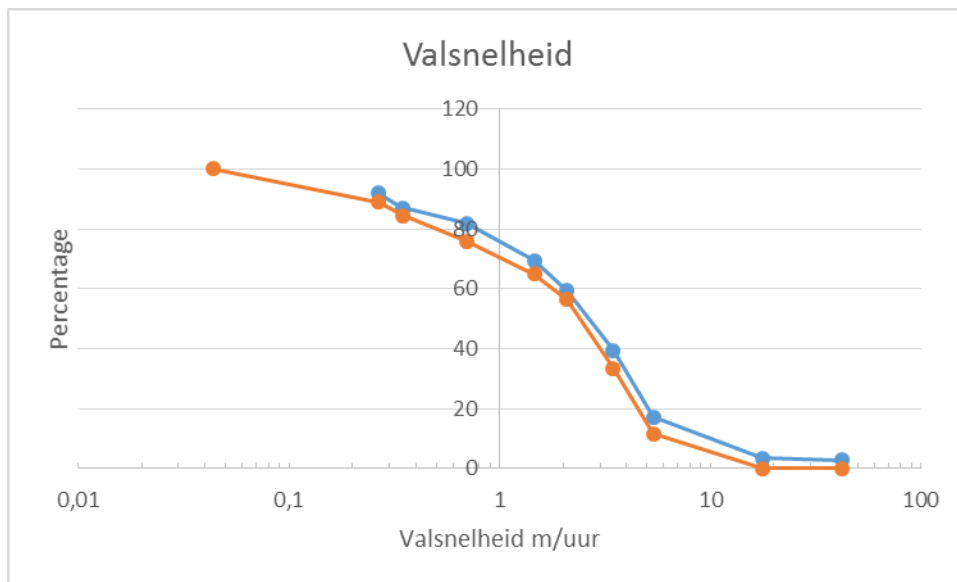
Figuur 5 valsnelheid van het slib van oppervlaktewater brug Dierenasiel

Uit figuur 5 is af te leiden dat 80% van het slib een valsnelheid heeft meer dan 0,6 m/uur en 40% heeft een valsnelheid groter dan **5 m/uur**. Circa 100% van het slib heeft een valsnelheid groter dan 0,02 m/uur.



Figuur 6 valsnelheid van het slib van alle hemelwaterputten

Bij het slib van de hemelwaterputten heeft 80% van het slib een valsnelheid groter dan 0,7 m/uur en 30% een valsnelheid groter dan **5 m/uur**. Circa 100% van het slib heeft een valsnelheid groter dan 0,02 m/uur.

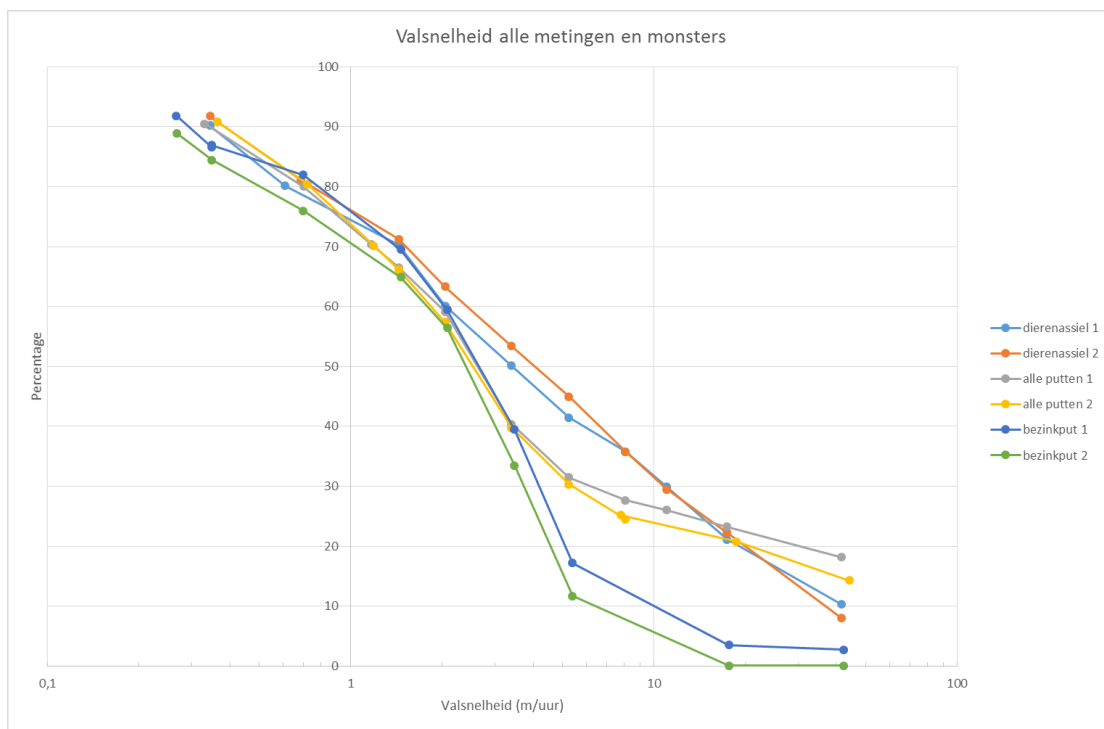


Figuur 7 valsnelheid van het slib van de bezinkput

80% van het slib van de bezinkput heeft een valsnelheid groter dan 0,7 m/uur en 10% een valsnelheid groter dan **5 m/uur**. Circa 100% van het slib heeft een valsnelheid groter dan 0,04 m/uur.

Conclusie

In figuur 8 zijn alle valsnelheidsgrafieken samengevoegd. De grafiek toont boven de 50% een aardige overeenkomst in range van valsnelheden.



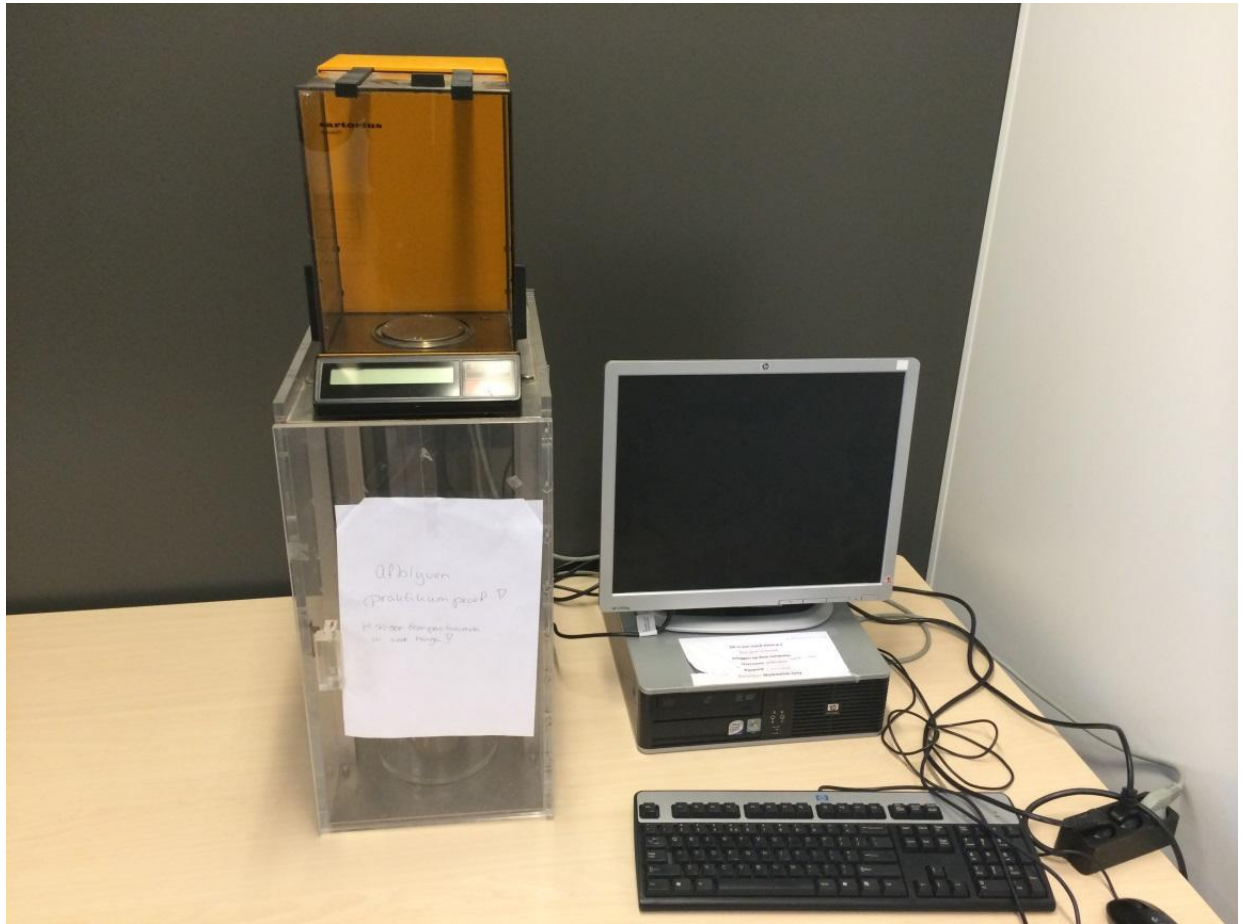
Figuur 8 valsnelheid van het slib van alle monsters en metingen

Veel bezinkvoorzieningen worden ontworpen op een oppervlaktebelasting van 2 tot 5 m/uur. De oppervlaktebelasting komt overeen met de maatgevende valsnelheid. Met een oppervlaktebelasting van 2 m/uur zou grofweg 65% van het slib afgevangen kunnen worden. Hierbij dient opgemerkt te worden dat maar een beperkt aantal monsters genomen zijn. Meer metingen geven een beter inzicht in de valsnelheid.

De grafiek laten zien dat er in het monster uit de bezinkput opmerkelijk weinig relatief zwaar materiaal ligt (>10 m/uur) zat.

Om het overgrote deel van het slib met een bezinkvoorziening af te vangen dient rekening te worden gehouden met slib met een valsnelheid kleiner dan 1 m/uur.

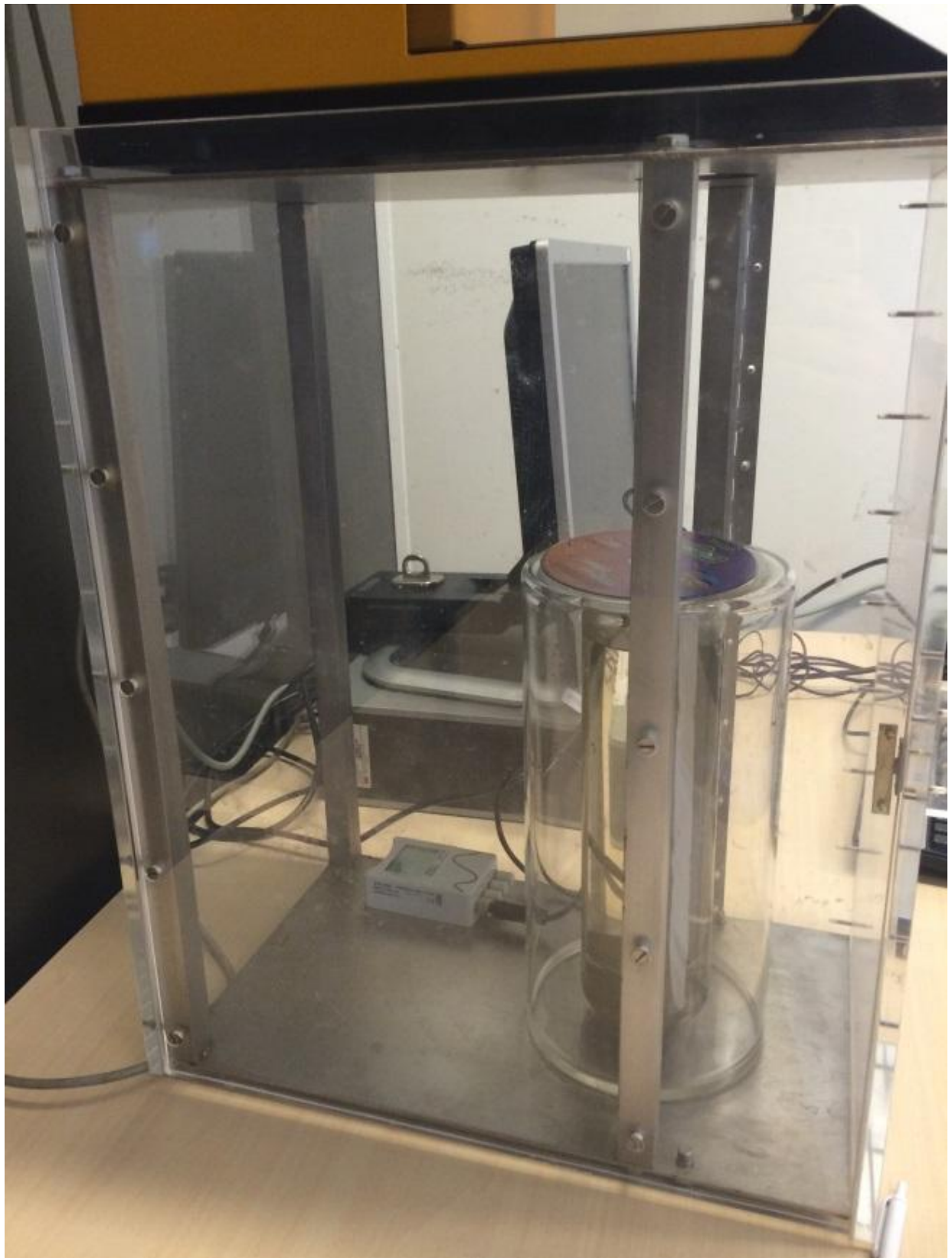
Foto's meetopstelling



Figuur 1 Totale meetopstelling



Figuur 2 Weegschaal



Figuur 3 Meetvat en afschermkast



Figuur 4 Meetvat met opvangschaaltje

IJking meetschaal

De nauwkeurigheid van de meetschaal is gecontroleerd met behulp van een ijking set met verschillende gewichten. In tabel 1 staan de resultaten hiervan weergegeven. De beginstand is de waarde zonder het gewicht. De eindstand is de waarde met het gewicht erop. Hieruit blijkt dat de weegschaal tot op een tiende milligram nauwkeurig meet. Dit is voor de meting die wij uitvoeren voldoende nauwkeurig.

Tabel 1

Beginstand weegschaal (gram)	Eindstand weegschaal (gram)	Verschil (gram)	Toegevoegd gewicht (gram)	Verschil toegevoegd gewicht en meetwaarde (gram)
-35,2975	-35,2966	0,0009	0,001	0,0001
-35,2975	-35,2955	0,002	0,002	0
-35,2975	-35,2925	0,005	0,005	0
-35,2975	-35,2775	0,02	0,02	0
-35,2975	-35,1975	0,1	0,1	0
-35,2975	-34,7974	0,5001	0,5000	0,0001

Bijlage 10

Grafieken elektrisch geleidingsvermogen (EGV)

Geleidbaarheid metingen

put KK4-1278 is de put-eindbezinkleiding
put KK4-1282 is de hemelwaterput voor de bezinkleiding
put JJ4-0312 is de hemelwaterput na de bezinkleiding

