



Monitoringsplan landelijke registratie van Zandmeevoerende wellen



Auteur

Nelle van Veen

Maarten van Woerden

Bouke van Meekeren

Registratienummer

001

Datum

28 november 2018

Versie

C01

Status

Concept

Inhoudsopgave

1	POV PIPING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doelstelling	1
1.3	Mogelijkheden voor gebruik van registraties lokale beheerder	1
1.4	Indeling veldwaarnemingen en registraties	2
1.5	Werkzaamheden voor beheerders	2
2	STAND VAN ZAKEN VAN REGISTRATIE VAN WELLEN	3
2.1	Algemeen	3
2.2	Historische gegevens	3
2.3	Waarnemingen 1993 en 1995	3
2.4	Waarnemingen 2018	3
2.5	Inventarisatie wellen	4
2.6	Geregistreerde wellen	4
2.7	Huidige registratie wijzen Waterschappen	6
2.8	Internationale lijst	6
2.9	Schaderegistratieformulier	6
3	NUT VAN REGISTRATIES	7
3.1	Algemeen	7
3.2	Kwalitatieve en fenomenologische kennis	7
3.3	Validatie van de lokale schematisering	8
3.3.1	<i>Opbarsten, Heave en terugschrijdende erosie (Sellmeijer)</i>	8
3.3.2	<i>Gebruik van geavanceerde rekentechnieken</i>	9
3.4	Fundamenteel onderzoek	9
3.5	Samenhang incidentele en continue monitoring	10
4	UIT TE VOEREN REGISTRATIES	11
4.1	Algemeen	11
4.2	Opdeling in lijnregistraties	12
4.3	1 ^e Lijnsregistratie	13
4.3.1	<i>Aanvang en meetfrequentie</i>	13
4.3.2	<i>Vastleggen van niet-optreden van wellen</i>	13
4.3.3	<i>Waarnemingen en gegevens</i>	14
4.3.4	<i>Meetinstrumenten</i>	14
4.3.5	<i>Uitvoering en registratie</i>	14
4.4	2 ^e Lijnsregistratie	14
4.4.1	<i>Aanvang en meetfrequentie</i>	15
4.4.2	<i>Waarnemingen en gegevens</i>	15
4.4.3	<i>Meetinstrumenten</i>	16
4.4.4	<i>Uitvoering en registratie – vliegende brigade</i>	16
4.5	2 ^e lijnsregistratie tijdens Calamiteitenbestrijding	18
4.6	Continue monitoring tijdens hoogwater	18
4.7	Korrelverdeling	19
4.8	3 ^e Lijnsregistratie	19
4.9	Reguliere dijkcontroles	20

5	COMMUNICATIE	21
5.1	<i>Communicatieproces</i>	21
5.2	Contactgegevens Waterschappen	22
6	OPLEVERING EN BESCHIKBAARHEID VAN REGISTRATIES	23
6.1	Beheer landelijke database	23
6.2	Beschikbaarheid	23
7	VOORBEELDEN VAN KANSRIJK SPECIALISTISCH ONDERZOEK	24
8	KENNISBORGING EN ONTWIKKELING	26
8.1	Borging	26
	8.1.1 <i>Kennisborging</i>	26
	8.1.2 <i>Contractuele borging</i>	26
8.2	Doorontwikkeling	26

BIJLAGEN

A	Parameters Sellmeijer
B	Internationale lijst van Deltares
C	Schaderegistratieformulier Uttredend water
D	Parameters 1e lijnsregistratie
E	Parameters 2e lijnsregistratie
F	bureauontwerpen debietmeters

1 POV Piping

1.1 Aanleiding

Het programma 'Project Overstijgende Verkenning (POV) Piping' en een zevental waterschappen hebben zich ten doel gesteld zandmeevoerende wellen in Nederland uniform, nauwkeurig en gedetailleerd te registreren. Het voorliggende monitoringsplan voor de landelijke registratie van de wellen is hiervoor opgesteld, waarbij een nauwe samenwerking met de lokale beheerder centraal staat.

Met de inwerkingtreding van dit monitoringsplan worden extra mogelijkheden verkregen om nieuwe kennis en inzicht te verkrijgen over het faalmechanisme Piping. Met dit monitoringsplan kunnen tijdens het hoogwaterseizoen 2018-2019 de eerste uniforme, gedetailleerde registraties worden verkregen. Bij het hoogwater in januari 2018 is zonder formeel draaiboek, maar op ad hoc basis de verbeterde landelijke registratie van zandmeevoerende wellen gestart. De gegevens die hierbij zijn ingewonnen hebben een duidelijk beter kwaliteitsniveau dan wat tot dan toe was gearhiveerd bij eerdere hoogwaters.

Door een uniforme, gedetailleerde en landelijke verzameling van gegevens kunnen rekenregels, lokale schematiseringen en algemeen inzicht voor het faalmechanisme Piping worden gevalideerd. Zodoende is het mogelijk een verbinding te leggen tussen praktijk en theorie. Het daadwerkelijk kunnen registreren van wellen, is uiteraard afhankelijk van het toekomstige optreden van hoogwaters.

1.2 Doelstelling

Het project 'landelijke registratie zandmeevoerende wellen' heeft tot doel vanaf oktober 2018 (zandmeevoerende)wellen en nieuwe wellen uniform te registreren en gegevens beschikbaar te stellen middels een landelijke database.

De achterliggende doelstelling hierbij is dat deze gegevens gebruikt kunnen worden bij het analyseren van de wellen en meer inzicht te verkrijgen in het vormingsproces van de wel. Deze analyses vallen niet binnen dit monitoringsplan, het streven is echter wel om voldoende data te verzamelen om dit later mogelijk te maken.

Bij het opstellen van dit monitoringsplan heeft de inventarisatie zich met name gericht op de beheerders met primaire waterkeringen binnen het rivierengebied. Hierdoor zijn nog niet alle wellen van andere beheerders opgenomen. Dit kan een afwijkend beeld geven. Aanbevolen wordt dat alle beheerders binnen Nederland de geregistreerde wellen opgeven aan de landelijke database.

1.3 Mogelijkheden voor gebruik van registraties lokale beheerder

Er zijn verschillende achterliggende redenen om de registratie van zandmeevoerende wellen te professionaliseren. Hier wordt in hoofdstuk 2 meer gedetailleerd op ingegaan. In het kort zijn er de volgende mogelijkheden tot gebruik voor de lokale beheerder:

- a) Directe risico inschatting: Voorspellen van risicovolle situaties tijdens een hoogwater,
- b) Toekomstige risico inschatting: dan wel het voorspellen van risico's op Piping voor een volgend hoogwater.

- c) Verfijning schematisatie: De lokale schematisering voor de beoordeling en/of het versterkingsontwerp met betrekking tot het faalmechanisme Piping kan worden verbeterd door meer gedetailleerde en specifieke waarnemingen.
- d) Beleid: Opstellen algemene beleidskeuzes en inzicht. Praktijkgegevens ondersteunen risico-analyses binnen het beleid en beheer. Daarbij kan gedacht worden aan de relatie tussen nieuwe wellen en activiteiten uit het verleden. Voorbeelden daarvan zijn ontgrondingen buitendijks, zoals de aanleg van een nevengeul of zomerbedverlaging. Andere voorbeelden zijn werkzaamheden binnendijks, zoals aanleg van kabels en leidingen (bv. blowout bij een HDD-boring) of graafwerkzaamheden rondom de teensloot.
- e) Kennisontwikkeling: Ook algemene kennisontwikkeling, zoals 'kan een relatie worden gelegd tussen geologische en/of geotechnische omstandigheden met het optreden van zandmeevoerende wellen?'.

Overigens kan worden opgemerkt dat voor de lokaal gebruik geen landelijke database noodzakelijk is.

1.4 Indeling veldwaarnemingen en registraties

In dit monitoringsplan worden de waarnemingen van zandmeevoerende wellen in het veld ingedeeld in een 1^e, 2^e en 3^e lijnsregistratie. In hoofdstuk 4 wordt hier verder op ingegaan.

De 1^e lijnsregistratie van zandmeevoerende wellen is een kwalitatieve monitoring tijdens het hoogwater. Deze wordt uitgevoerd door de beheerder.

De 2^e lijnsregistratie van zandmeevoerende wellen is een hoofdzakelijk kwantitatieve monitoring, eveneens tijdens hoogwater. Deze wordt uitgevoerd tijdens hoogwater door een gespecialiseerde veldploeg.

De 3^e lijnsregistratie van zandmeevoerende wellen is een kwantitatieve monitoring die na het hoogwater kan plaatsvinden. Deze wordt gestart na hoogwater. Hierbij ligt de focus op gespecialiseerd geotechnisch en/of geohydrologisch onderzoek.

1.5 Werkzaamheden voor beheerders

De beheerder heeft lokale kennis wanneer en waar zandmeevoerende wellen kunnen optreden. Daarom staat in dit landelijk monitoringsplan de beheerder centraal.

De 1^e lijnsregistratie van zandmeevoerende wellen ligt geheel bij de beheerder.

De 2^e lijnsregistratie van zandmeevoerende wellen bouwt voort op de 1^e lijnsregistratie. Voorafgaand aan de start van deze 2^e registratie dient afgestemd te worden met de beheerder (wat, waar en hoe). In het ideale geval is de beheerder zelf ook actief binnen de 2^e lijnsregistratie.

De 3^e lijnsregistratie bouwt voort op de 1^e en 2^e lijnsregistratie. Voorafgaand aan de start van deze registratie dient afgestemd te worden met de beheerder (lokale aandachtspunten).

De beheerder monitort de waterkering ook vanuit het calamiteitenproces. Het calamiteitenproces en de registratie van wellen hebben een gedeeltelijke overlap en een gedeeltelijk spanningsveld. De overlap omvat het geven van aandacht aan de registratie van wellen tijdens het calamiteitenproces. Het conflict omvat de tegenstelling dat de calamiteitenorganisatie het optreden van de zandmeevoerende wel zoveel mogelijk wil tegengaan terwijl de wellenregistratie zich richt op het structureel meten van zandmeevoerende wellen (ook zonder opschaling) en het monitoren van zandmeevoerende wellen (zonder deze tegen te gaan). Het mag duidelijk zijn dat het calamiteitenproces altijd prevaleert boven het monitoringsproces waar een conflict is.

2 Stand van zaken van registratie van wellen

2.1 Algemeen

Dit monitoringsplan voor de registratie van zandmeevoerende wellen bouwt voort op bestaande kennis en registraties.

In algemene zin geldt dat een zandmeevoerende wel de volgende fases doorloopt: geen (noemenswaardige) kwel, lichte kwel, een wel met sterk geconcentreerde kwel en tenslotte een zandmeevoerende wel. Deze laatste kan leiden tot het faalmechanisme piping. Binnen de groep wellen zijn meerdere typen wellen te onderscheiden, daarvoor wordt verwezen naar de relevante literatuur¹.

In het verleden is reeds bij veel waterschappen een vorm van wellenregistratie opgezet. Daarbij wordt afwisselend gericht op alle wellen of enkel zandmeevoerende wellen. Soms worden ook meer onderliggende parameters gemonitord, zoals (buiten)waterstanden en de daarmee samenhangende grondwaterstanden en het verhang daarvan. De registratie/vastlegging varieert ook per beheerder.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de stand van zaken van de huidige registraties bij de beheerders.

2.2 Historische gegevens

Deltares heeft in opdracht van Rijkswaterstaat medio 2012 een inventarisatie uitgevoerd voor zandmeevoerende wellen die in het verleden zijn waargenomen.

Van veel wellen zijn de verkregen historische gegevens erg summier. Niet altijd is een datum van de waarneming bekend. Bij sommige gegevens is alleen een jaartal bekend. De bekende gegevens zijn opgenomen in een databestand en toegevoegd aan de landelijke database. Bij een aantal trajecten waar de wellen zijn opgetreden, zijn reeds versterkingsmaatregelen aan de waterkering uitgevoerd. Hierdoor zijn de fysische omstandigheden gewijzigd en kunnen de gegevens alleen gebruikt worden voor onderzoeksdoeleinden in combinatie met de historische ligging en afmeting van de waterkering.

Aanvullend zijn ook door anderen onderzoek gedaan. In 2015 heeft L. Taal² een overzicht en analyse gemaakt van de wellen die in het beheersgebied van Waterschap Rivierenland voorkwamen. Dit gaf een overzicht van 72 wellen en 86 zandmeevoerende wellen van de periode 1993 tot heden.

2.3 Waarnemingen 1993 en 1995

In gesprek met de waterschappen en uit de inventarisatie van Deltares blijkt dat er tijdens de hoogwaters van 1995 de meeste wellen zijn geconstateerd, namelijk 180. Veel van de wellen die in 1993 waren geobserveerd kwamen weer terug. Er waren echter ook locaties waarin wellen niet terugkeerden of waarin deze voor het eerst ontstonden.

De wellen zijn tijdens het hoogwater bestreden. Dit is gedaan door op kisten van de wel en het opzetten van het waterpeil achter de kering. Tenslotte zijn na het hoge water versterkingen uitgevoerd (o.a. verlengen en/of verhogen van de berm).

2.4 Waarnemingen 2018

Tijdens de hoogwaters van januari 2018 zijn in opdracht van POV Piping diverse ad-hoc metingen van nieuwe wellen uitgevoerd. Deze metingen zijn succesvol uitgevoerd en er zijn veel gegevens ingewonnen.

¹ Acacia Water (2018) POV piping - wellen onderzoek; Monitoren en karakteriseren van wellen & piping bij waterkeringen; kenmerk: 160581

² Taal, L. (2015) De relatie tussen zandmeevoerende wellen en de sedimentologische opbouw van de ondergrond in het centrale Rivierengebied van Nederland

Tijdens deze registratie zijn eerste ervaringen opgedaan met 2e lijnregistratie. Dit is bij alle bekende wellen van de beheerder uitgevoerd, zie ook hoofdstuk 5. Sommige metingen verliepen daarbij goed en eenduidig, andere metingen, zoals de debietmetingen aan de wel, waren niet eenvoudig uit te voeren. Tevens zijn er verkennende metingen uitgevoerd met infrarood, Potentiaal-metingen en ondergrondcamera's. Een verslag met de resultaten van innovatieve metingen is opgenomen in het concept rapport; metingen hoogwater januari 2018, april 2018.

De metingen zijn in het landelijke databestand opgenomen.

2.5 Inventarisatie wellen

Door de POV-Piping zijn bij de waterschappen opnieuw de geregisterde wellen opgevraagd met als doel deze op te nemen in de landelijke databank. Ten opzichte van de geïnventariseerde lijst door Deltares (2012) geeft Waterschap Rivierenland na hun inventarisatie in 2015 een uitgebreidere lijst met wellen aan. Met name in het Maasgebied zijn veel extra wellen geïnventariseerd. De overige ontvangen meetgegevens bleken veelal te overeenkomen met de geïnventariseerd gegevens door Deltares. Waterschap Scheldestromen heeft de risicogebieden bepaald en opgegeven. Deze wijken af van de geïnventariseerde wellocaties door Deltares in 2012.

2.6 Geregistreerde wellen

Onderstaande kaart geeft een overzicht van de geregistreerde wellen tot medio 2018.

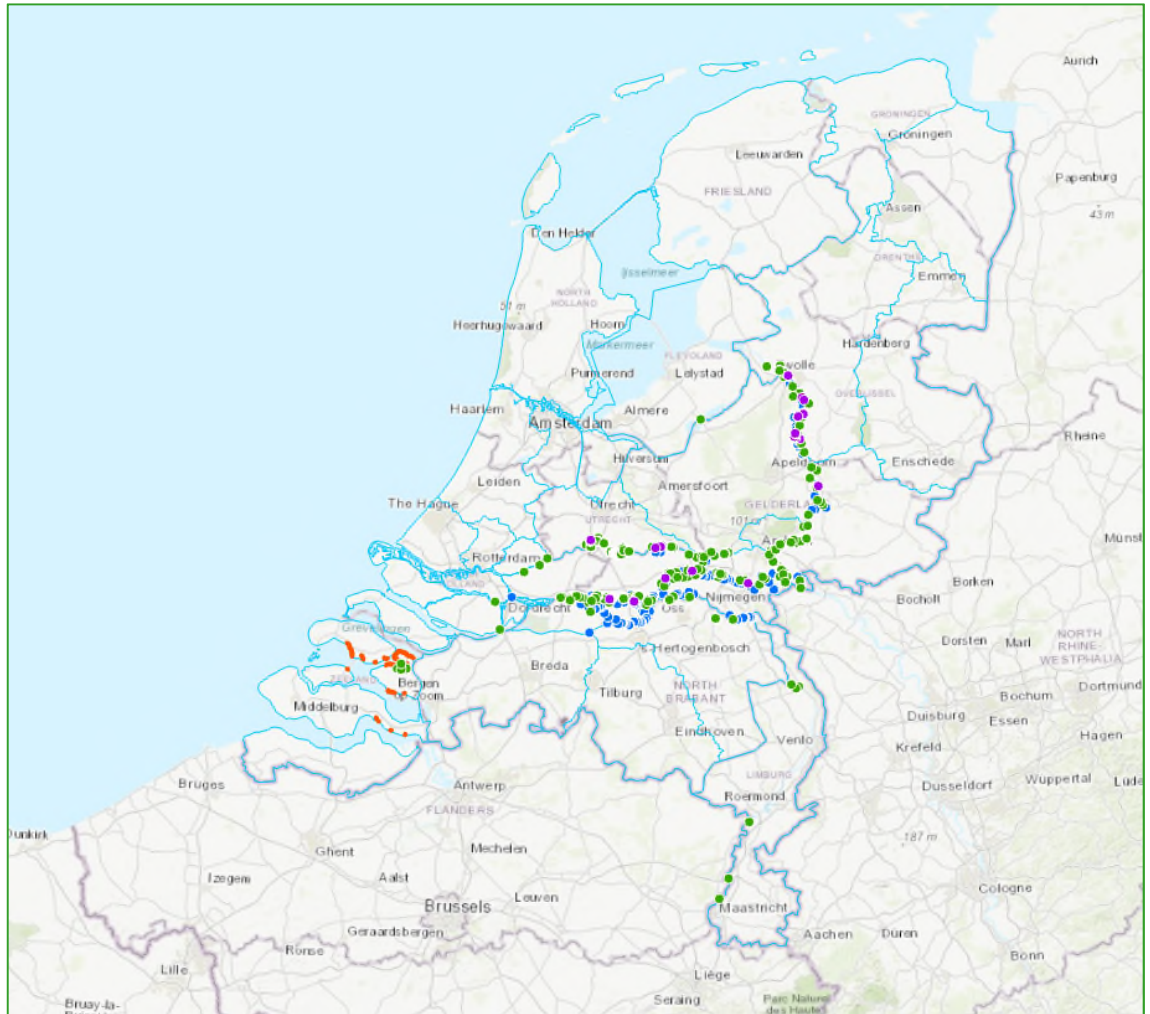
Deze kaart heeft een zekere "bias" aangezien de wellen rondom primaire keringen zijn geregistreerd. In diepe polders, zoals polder Groot Mijdrecht, Haarlemmermeer en Noordplaspolder, is continue sprake van wellen³.

Hieruit blijken een aantal zeer kwetsbare gebieden: dit betreft het stroomgebied van de Rijn (Waal, Lek en IJssel) samen met de middenloop van de Maas.

Er blijken ook een aantal matig kwetsbare gebieden: dit betreft de bovenloop van de Maas en enkele delen van Waterschap Schelde Stroom.

De overige delen van Nederland zijn aan te merken als beperkt kwetsbaar. Dit betreft nagenoeg alle zee- en meerdijken. Het is waarschijnlijk dat dit beeld in de loop der tijd wordt genuanceerd.

³ Acacia Water (2018) POV piping - wellen onderzoek; Monitoren en karakteriseren van wellen & piping bij waterkeringen; kenmerk: 160581



Figuur 1. Overzichtskaart met geregistreerde wellen voor Nederland.

- Geregistreerde wel of welvorming tot 2012 (geïventariseerd door Deltares)
- Geregistreerde wel of welvorming tot 2018
- Geregistreerde wel of welvorming februari 2018
- Aangewezen kwelgevoelige gebieden door Waterschap Scheldestromen

2.7 Huidige registratie wijzen Waterschappen

Met verschillende waterschappen in het rivierengebied zijn medio 2018 gesprekken gevoerd over het huidige beleid en registratie van watervoerende wellen. In onderstaande tabel is een korte samenvatting opgenomen.

Tabel 2.1 samenvatting huidige registratie waterschappen

Waterschap	Inventarisatie huidig 1 ^e lijn proces	Contactpersoon
Scheldestromen	Door Getijdeverschillen kan het waterschap veel vaker monitoren op piping. Bij het waterschap wordt ook frequenter en jaarlijks gemonitord. Monitoring van piping wordt meegenomen bij het jaarlijks op te stellen waterbeeld voorafgaand aan het stormseizoen. Hierin worden de bijzonderheden van de toestand van de waterkering vastgelegd, zoals de locaties van wellen, locaties van de HWBP werken recent (<3 jaar i.v.m. grasmot) die zijn uitgevoerd. De informatie wordt gelinkt aan de referentielijnen. Daarnaast wordt er na ieder hoogwater waarbij het draaiboek hoogwater van kracht geweest is (vanaf 3,30 m + NAP bij Vlissingen) een inspectie ronde uitgevoerd. De inspectie naar wellen wordt visueel uitgevoerd. Het schadebeeld wordt met een foto vastgelegd. Door het waterschap zijn risicolocaties vastgelegd. Start dijkbewaking start afhankelijk van getij en zeespiegel	Hans van der Sande
Vallei en Veluwe	Metingen van wellen wordt met een eigen app vast gelegd. Het is bij het waterschap bekend waar wellen verwacht kunnen worden. Locaties zijn in 2018 vastgelegd. Het waterschap stuurt nog gegevens van geregistreerde wellen. Bij de opname wordt gebruikt gemaakt van formulieren.	Joost Borgers
Aa en Maas	Bij waterschap Aa en Maas is informatie van de dijkwachten gekoppeld aan een centraal informatie systeem. Op groot scherm is bij het waterschap te zien wat er aan de hand is tijdens hoogwater. Ingevulde formulieren worden gebruikt om zo nodig op terug te kunnen vallen. Metingen worden uitgevoerd met de landelijke dijkwacht App. In het calamiteitenplan is opgenomen waar zich de risicolocaties bevinden.	Joop de Bijl
Drents Overijsselse Delta	Metingen worden momenteel met de landelijke dijkwacht app uitgevoerd. Gegevens worden in GIS verwerkt. Kweldebiet wordt geschat. Laatste gegevens zijn nog niet verstrekt aan POV Piping Dijkbewaking start 1 à 2 dagen na de hoge waterstand bij Lobith.	Bert Koster
Rijn en IJssel	De Dijkwachtapp en proces naar kernregistratie. Locaties van te verwachten wellen zitten in een databestand. Dijkbewaking start bij NAP +14,00 m bij Lobith.	Leo van Nieuwenhuijzen
Rivierenland	Wiki-formulier wordt bij de opname van wellen toegepast. Vanaf N.A.P. + 13,00 m bij Lobith wordt dagelijks door de dijkwachtcommandant de dijk afgelopen; vanaf N.A.P. + 16.15 m bij Lobith wordt de dijkpost ingericht en wordt de dijk afgelopen met ervaren leken; naarmate de hoogwaterstand stijgt worden steeds meer opgeleide leken ingezet. Bij de registratie wordt de dijkwacht app gebruikt. Uitstroomsnelheid en hoeveelheid zand wordt geschat. Data wordt opgeslagen in een historische database	Hans Knotter
Stichtse Rijnlanden	Registratie en beoordeling wordt uitgevoerd met een eigen dijkwacht-app. In 2018 is tijdens waarnemingen 1 well visueel vastgelegd. Dijkbewaking start bij NAP +13,70 m bij Lobith.	Paul Neijenhuis

2.8 Internationale lijst

Door Deltares is een lijst met parameters verstrekt zoals deze internationaal wordt aangehouden bij de monitoring van wellen. De lijst is in bijlage B opgenomen. Relevante parameters zijn overgenomen in de 1^e of 2^e lijnsregistratie. Bij de 3^e lijnsregistratie kan altijd nog door de beheerder worden besloten de niet-opgenomen parameters toch in te meten.

2.9 Schaderegistratieformulier

Voor het opnemen van schades bij dijken gebruiken veel Waterschappen het schaderegistratieformulier dat is opgesteld binnen de wiki-noodmaatregelen. Het schaderegistratieformulier voor uittredend water is opgenomen in bijlage C. De dijkwachtapp is gebaseerd op dit schaderegistratieformulier.

3 nut van registraties

3.1 Algemeen

Zoals ook gesteld in de inleiding, zijn er meerdere mogelijkheden om extra inzicht en kennis te vergaren met een juiste registratie van wellen. Er kunnen hiervoor drie 'kenniscategorieën' worden benoemd:

1. Kwalitatieve kennis over het optreden van (zandmeevoerende) wellen en de achterliggende (fenomenologische) oorzaken hiervan. Voorbeeld hiervan is een studie van Waterschap Rivierenland over de samenhang van kribben in de rivier en het optreden van wellen⁴.
2. Kwantitatieve validatie van de lokale schematisatie van het faalmechanisme Piping. Hiervoor bestaan meerdere methoden. Een voorbeeld hiervan is het gedetailleerd onderzoeken van aandachtslocaties (voorlandonderzoek, peilbuisraaien, e.d.). Hiervoor kunnen onder andere methodieken worden gebruikt vanuit bewezen sterkte (Kanning, 2012).
3. Fundamenteel onderzoek en Kwantitatieve validatie van landelijke rekenmodellen en wetenschappelijk onderzoek. Er wordt onder andere kwantitatieve kennis opgedaan ten behoeve van validatie van rekenregels en modellen. Daarbij is behoefte aan een grote data-set van zandmeevoerende wellen, inclusief bijbehorende nevendata, ter ondersteuning van de ontwikkeling en validatie.

Tot nog toe zijn er bij de waterschappen een aantal voorbeelden bekend, waarbij de registratie van wellen is ingezet bij reguliere werkprocessen, te weten:

1. Kaart met wellen en welgevoelige gebieden voor calamiteiten. Hiervoor wordt vaak alleen de ligging gebruikt van opgetreden wellen.
2. Beslisboom POV-Piping. Prioritering van de versterkingsopgave op basis van opgetreden wellen. Hiervoor wordt alleen de locatie gebruikt, [ref].
3. Vergelijken van beoordelingsresultaten en het optreden van wellen. Dit wordt op pragmatische, of meer wetenschappelijke wijze uitgevoerd. Voorbeeld daarvan zijn de wellen in normtraject 16-3 en 16-4 (Waterschap Rivierenland, Lek), [REF].

In de onderstaande paragrafen wordt aangegeven welke minimale benodigde gegevens voor alle kennis categorieën noodzakelijk zijn. Overigens geldt dat voor alle kenniscategorieën zowel 1^e, 2^e en 3^e lijnregistraties noodzakelijk kunnen zijn.

3.2 Kwalitatieve en fenomenologische kennis

Bij de lokale beheerder wordt fenomenologische, praktische kennis veelvuldig gebruikt. Zo is voor het calamiteitenproces een kaart waar in het verleden wellen en zandmeevoerende wellen zijn geconstateerd, praktisch van groot belang. Ook de locatie, in de slootbodem, dichtbij gekapte bomen, etc. geeft de dagelijks beheerder praktisch inzicht waar wellen zich kunnen voordoen.

Er zijn hierom ook genoeg kenmerkende registraties die een meerwaarde voor het beheer kunnen zijn. Daarom dienen deze geregistreerd te worden en de inzichten/ervaringen gedeeld te worden. Voorbeelden hiervan zijn:

1. Foto's en video's.
2. Visuele waarnemingen, zoals kleur van het uittreidend water (helder, bruin, olieachtig etc.);
3. Diameter en debiet van de wel.
4. Omgevingsaspecten, zoals: bomen, kabels en leidingen, kunstwerken, oude dijkdoorbraken, bestaande piping maatregelen, e.d.

⁴ Hees, W. van, Hendriks, M.A.B., Damen, P.J.M. (2013) Locatie-inventarisatie wellen geeft nieuwe piping inzichten; Land+Water, nr.9, blz. 28-29.

5. Omgevingsprocessen, zoals ontgrondingen, calamiteiten bij een werk uit het verleden.

Meer wetenschappelijk kan kennis, b.v. de combinatie van schaaldijken of kriberosie inzicht geven in nog niet onderkende relaties. Het is niet altijd op voorhand in te schatten welke registraties tot nieuwe kennis kunnen leiden.

3.3 Validatie van de lokale schematisering

In de gedetailleerde beoordeling voor Piping, wordt uitgegaan van drie deel-faalmechanismen, te weten 'opbarsten/opdrijven', 'heave' en 'terugschrijdende erosie'. Voor deze laatste gelden de aangepaste rekenregels van Sellmeijer⁵.

In algemeenheid is de werkwijze daarbij van grof naar fijn. Daarbij wordt gestart met globale veilige uitgangspunten en een grove schematisering. Wanneer hieruit blijkt dat een dijkvak evident veilig is, dan is de beoordeling afgerond. Wanneer hieruit blijkt dat een dijkvak niet met zekerheid als veilig aangewezen is, dan is een verfijningsslag gewenst. Er bestaan veel mogelijke verfijningsslagen en daarmee ook veel detailniveaus (met/zonder voorland onderzoek, met/zonder lokale doorlatendheidsmetingen, met/zonder tijdsafhankelijkheid, e.t.c.).

Een manier om te verifiëren of het juiste detailniveau is bereikt is het gebruik van bestaande wellenkaart. Deze geeft aan of een locatie wel/of niet een verhoogd risico op piping heeft. Indien bij beperkte hoogwaters al sprake is van zandmeevoerende wellen, dan is het niet doelmatig om een grote inspanning te plegen om het risico op zandmeevoerende wellen uit te sluiten.

Het omgekeerde is ook het geval. Wanneer bij extreme hoogwaters nog nooit een zandmeevoerende wel is aangetroffen, geeft dit duiding dat het afkeuren van een dijkvak op piping mogelijk te conservatief is. In dit geval kan gekozen worden voor meer veldonderzoek (boringen, sonderingen, peilbuizen, e.d.). Ook kan gekozen worden voor een zwaardere rekeninspanning (bv. bewezen sterkte, of D-geoflow).

Het kan zijn dat een (tussentijdse) beoordeling van een dijktraject lokaal een groot piping risico voorspelt en elders klein pipingrisico. In dit geval kunnen de resultaten vergeleken worden met de wellenkaart. Als beide overeenkomen, dan geeft dit aan dat de aangehouden rekenwijze voldoende aansluit bij de praktijk.

Teneinde van bovenstaande is behoefte aan gegevens die gebruikt worden bij de schematisatie. Dit omvat:

1. Aan-/afwezigheid van wellen
2. Gegevens ten behoeve van het faalmechanisme opbarsten.
3. Gegevens ten behoeve van het faalmechanisme heave.
4. Gegevens ten behoeve van het faalmechanisme terugschrijdende erosie.
5. Gegevens ten behoeve van geavanceerde rekentechnieken.

3.3.1 Opbarsten, Heave en terugschrijdende erosie (Sellmeijer)

Voor de faalmechanismen opbarsten, heave en terugschrijdende erosie gelden de vigerende normen en rekenwijzes. Deze rekenwijzes gebruiken invoerparameters. Wanneer er zekerheid is over deze parameters, dan kan de rekenwijze/resultaten gevalideerd worden. In bijlage A is een tabel opgenomen met een overzicht van deze invoerparameters. Per parameter is vanuit de rekenregels bepaald of/hoe deze door middel van een veldmeting vastgesteld kan worden. In bijlage B is een grotere en langere lijst opgenomen met parameters en metingen die internationaal bekend of gangbaar zijn.

⁵ Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017) Schematiseringshandleiding piping; versie: 2.2

Voorbeelden zijn:

- Wel/niet opbarsten van de bodem vanuit 1^e lijn registratie
- Korrelgroottes van zandmeevoerende wel vanuit 2^e lijn registratie.
- Grondonderzoek vanuit de beoordeling van de kering.
Lokaal aangevuld met onderzoek vanuit de 3^e lijn registratie.

3.3.2 Gebruik van geavanceerde rekentechnieken

Bij het toepassen van geavanceerde rekentechnieken wordt voortgebouwd op de rekensystematiek vanuit vigerende normen. De geavanceerde technieken gaan echter een aantal stappen verder. Daarvoor is behoefte aan aanvullende gegevens.

Voor het toepassen van bewezen sterkte is het belangrijk dat de momentane, dynamische invoerparameters worden vastgesteld, bijvoorbeeld binnen-en buitenwaterstand.

Bij een beoordeling op maat, zoals met D-geoflow, zijn meer statische gegevens nodig. Deze kunnen geïjkt worden met dynamische gegevens. Voorbeelden van statische gegevens zijn:

- Eigenschappen van het voorland
Dit omvat zaken als: de breedte, laagdikte gerijpte grondlagen en laagdikte ongerijpte lagen, doorlatendheid van de ongerijpte lagen.
- Eigenschappen van het intredepunt
Dit omvat antwoorden op vragen zoals: heeft het voorland watergangen die door de kleilagen heen snijden, zo ja, wat is de conductiviteit van de waterbodem.
- Eigenschappen van het watervoerende pakket
Doorlatendheid, maar dan met nuances in de ruimte (ondiep vs. diep) en met nuances in de richting (horizontaal vs. verticaal). Elastische berging ten behoeve van tijdsafhankelijke analyses.

Voorbeelden van dynamische gegevens zijn:

- Buiten- en binnenwaterstanden, peilbuismetingen.
Met deze gegevens kan een model geïjkt worden.

3.4 Fundamenteel onderzoek

Het landelijk beeld van het optreden van wellen kan gebruikt worden nieuwe kennisontwikkeling. Het geeft ook mogelijkheden voor vergelijk met buitenland, waar veel vaker en grotere zandmeevoerende wellen zijn waargenomen. Het kan gebruikt worden als validatie van de landelijke beoordelingsresultaten voor Piping.

De huidige rekenregels gaan uit van een statisch 2D-model. Een completer en complexer beeld zou een 3D-benadering omvatten. Een verdere uitbreiding is niet het voorspellen van piping, maar het voorspellen van een wel. In dat geval kan de voorspelling geïjkt worden met zaken die in het veld worden gemeten. Voorbeelden zijn de diameter van een zandmeevoerende wel en de stroomsnelheid/debiet van een wel.

Bovenstaande gaat uit van het optreden van wellen. Een voornaam issue in het beoordelen van keringen is dat deze rekenkundig worden afgekeurd op piping, terwijl in de praktijk er geen wellen worden waargenomen. Dit is een geval van "false positives" (of "false negatives"). Het beeld is dan ook dat een aantal fenomenologische zaken die aan de basis liggen van het faalmechanisme piping nog onvoldoende in beeld zijn. Daarom is het niet-optreden van wellen ook een zeer belangrijke constatering is. Deze moeten zorgvuldig worden vastgelegd. Gebruikmaken van infraroodbeelden om uit te sluiten dat er geen (moeilijk zichtbare) wellen zijn, strekt daarbij tot aanbeveling, zie hiervoor ook hoofdstuk 7.

3.5 Samenhang incidentele en continue monitoring

In deze rapportage is het draaiboek vastgesteld voor de incidentele registraties bij zandmeevoerende wellen, dat primair in werking wordt gesteld bij hoogwaters.

Door het combineren van incidentele en continue metingen, kan veel meerwaarde worden gecreëerd. Daarom zijn ook continue metingen wenselijk. Een voorbeeld hiervan is gegeven in [Acacia, 2018]. Binnen de POV-piping zijn hiervoor reeds diverse handvatten gegeven ⁶.

⁶ Deltares (2017) Handreiking voor een meetnet gerelateerd aan piping; POV piping pilot Duurzame Monitoring; kenmerk: 11200131-002
Deltares (2017) Handreiking voor het opstellen van een monitoringsplan t.b.v. piping; kenmerk: 1221356-000

4 Uit te voeren registraties

4.1 Algemeen

Opgetreden wellen zijn een waardevolle indicatie voor het faalmechanisme Piping. Er zijn zes relevante parametergroepen⁷:

1. Locatie en geometrie;
2. Locatiedetails;
3. Geologische, geohydrologische en geotechnische condities;
4. Hydraulische condities;
5. Hydrologische condities, waaronder ook debiet van de wel;
6. Zandkarakteristieken van de wel.

Parametergroepen 1, 2 en 3 zijn (meestal) bekend in het kader van voorgaande beoordelingen. Deze hoeven dan ook niet bepaald te worden in het veld. Indien er leemten zijn, dan kan gebruik gemaakt worden van basisregistraties, zoals BRO, AHN, DINOloket en BGT.

Parametergroepen 4 tot 6 zijn (meestal) alleen zichtbaar tijdens hoogwater. Daarom richt dit monitoringsplan op het meten van de parameters uit deze drie groepen. Hieronder enige toelichting per groep.

Groep 1: locatie en geometrie

De locatie van een wel is alleen vast te stellen bij hoogwater. De geometrie van de kering is daarbuiten vast te stellen. Daarom richt de monitoring op het eerste deel.

Groep 2: locatiedetails

De locatiedetails van de wel zijn alleen vast te stellen bij hoogwater. Andere locatie details zijn echter ook van belang, dit blijkt o.a. uit het onderzoek van Hees en Hendriks⁸, zoals of er kribben in het buitenwater aanwezig zijn. Deze laatste zaken zijn moeizaam vast te stellen bij hoogwater. Daarom richt de monitoring op het eerste deel.

Groep 3: Geologische, geohydrologische en geotechnische condities

Deze zaken zijn, logischerwijs, van groot belang op het mogelijk ontstaan van (zand meevoerende) wellen. Echter zijn deze zaken nagenoeg niet waarneembaar tijdens hoogwater. Daarom rust het bepalen van deze zaken op informatie uit de voorgaande beoordelingen. Bij leemten is kort en langdurig onderzoek gewenst waar deze zaken uit blijken.

Groep 4: Hydraulische condities

Deze groep omvat zaken als de binnen- en buitenwaterstand. Hiervoor bestaan formele gegevens, zoals het streefpeil van de teensloot, of de gemeten waterstand bij een meetpunt van Rijkswaterstaat. Daardoor is er in de basis al enige kennis beschikbaar. Het beeld is echter dat de waterstand in een teensloot bij hoogwater (vaak/altijd) afwijkt van het streefpeil. Ook geldt dat de lokale buitenwaterstand niet altijd even eenvoudig is te bepalen op basis van de algemene meetpunten. Daarom is meting van deze zaken gewenst binnen het monitoringsprogramma.

Groep 5: Hydrologische condities

Deze zaken zijn alleen meetbaar tijdens hoogwater. Daarom is meting van deze zaken gewenst binnen het monitoringsprogramma.

⁷ De detailgegevens van deze parametergroepen zijn terug te vinden in (Deltares, 2016)

⁸ Hees, W. van, Hendriks, M.A.B., Damen, P.J.M. (2013) Locatie-inventarisatie wellen geeft nieuwe piping inzichten; Land+Water, nr.9, blz. 28-29.

Groep 6: Zandkarakteristieken van de wel

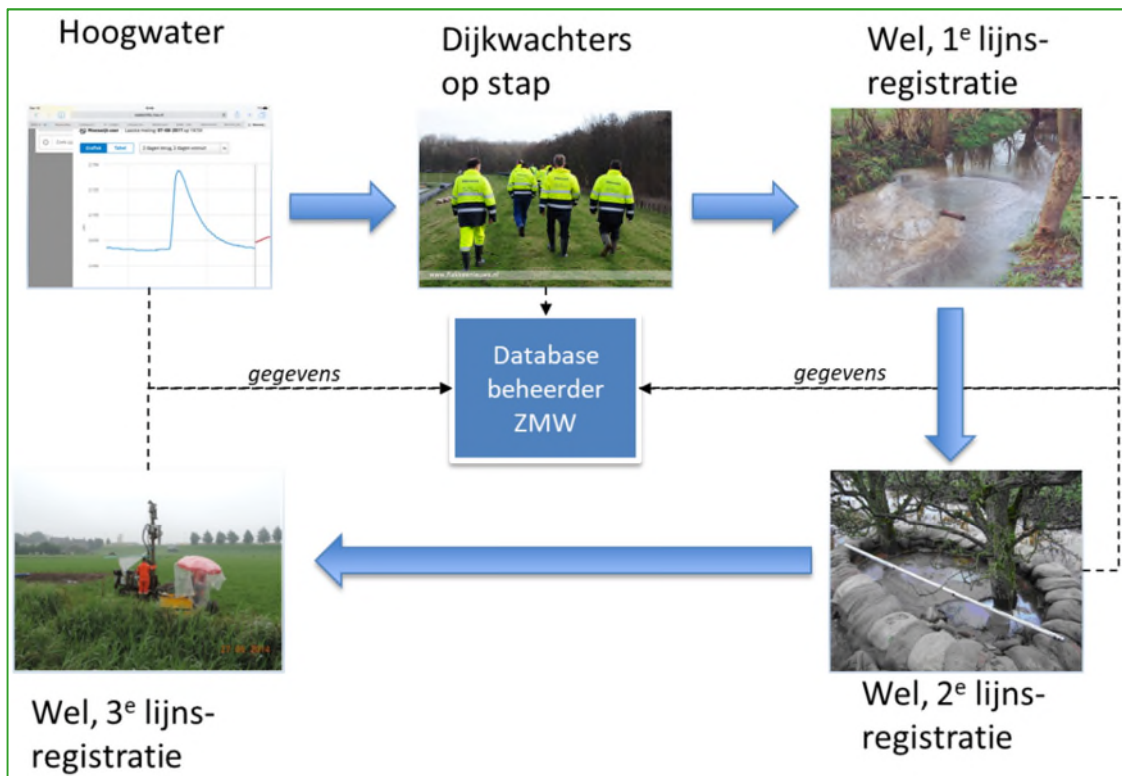
Bij zandmeevoerende wellen wordt zand meegevoerd. Dit is alleen meetbaar tijdens hoogwater. In theorie komt dit overeen met de waarde die in een beoordeling van de dijk is aangehouden. Middels monitoring kan dit geverifieerd worden. Over dit onderwerp is in de 70-er jaren al enig onderzoek⁹ geweest. Hieruit blijkt dat binnen een wel de zandkarakteristieken variëren (o.a. fractie fijne delen). Maar op andere vlakken is het beeld dan de zandkarakteristieken juist niet variëren (70-percentielwaarde ligt bij bijna alle monsters op $180 \mu\text{m} \pm 10\%$).

4.2 Opdeling in lijnregistraties

De waarnemingen en metingen in het veld zijn ingedeeld een 1^e lijns-, 2^e lijns- en 3^e lijns- registratie. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is een schematisch overzicht van dit registratieproces gegeven.

De eerste lijn sluit aan bij de dijkwacht-app. Dit is een eerste en globale monitoring. Indien een wel is waargenomen en ernstig is, dan wordt ge-escaleert naar de tweede lijn. Deze lijn bouwt voort op de eerste lijn, maar is meer gedegen en heeft bij de metingen een hogere nauwkeurigheid.

De derde lijn omvat kort en langdurig onderzoek naderhand. Wanneer uit de voorgaande beoordelingen blijkt dat op de locatie van een ernstige wel onvoldoende informatie beschikbaar is (geologisch, geotechnisch en/of geohydrologisch), dan wordt middels kortdurend onderzoek (sondering op locatie) en langdurig onderzoek (peilbuis bij max. 4 locaties) de informatieleemte aangevuld.



Figuur 2. Registratieproces voor wellen

⁹ Centrum Voor Onderzoek Waterkeringen (1978) Onderzoek zandmeevoerende wellen Tielerswaard; kenmerk: S-77.059

4.3 1^e Lijnsregistratie

De 1^e lijnsregistratie vindt plaats tijdens hoogwater, door de bestaande organisatie, dat wil zeggen de gangbare dijkbewaking.

Registratie vindt plaats op basis van de vigerende dijkwacht-app.

Doorkijk: Infrarood en drones

Ten tijde van schrijven experimenteren diverse beheerders met de inzet van drones. Deze hebben verschillende sensoren, bijvoorbeeld infrarood camera. Daarmee kunnen afwijkende plekken in de dijk snel worden opgespoord. Het beeld is dat hiermee wellen inzichtelijk gemaakt kunnen worden, omdat deze mogelijk afwijkend qua temperatuur zijn.

De inzet van drones kan voorafgaand aan de 1^e lijnsregistratie. Daardoor kan deze registratie effectiever ingezet worden, namelijk op die locaties waar een aandachtspunt is gesignaleerd.

De inzet van drones kan ook na de 1^e lijnsregistratie. Daardoor kan bezien worden of locaties veranderen. Daarmee kan deze registratie efficiënter ingezet worden.

Deze techniek staat echter nog in de kinderschoenen. Infrarood camera's nemen bijvoorbeeld vooral temperatuurverschillen waar. Wanneer kwelwater dezelfde temperatuur heeft als de omgeving, dan is (bijna) niets zichtbaar.

Vermoedelijk bestaan pragmatische oplossingen voor de knelpunten. De exacte waarde van drones en hoe deze het beste behaald kan worden is dan ook iets wat zal blijken in de tijd.

4.3.1 Aanvang en meetfrequentie

De waarnemingen moeten worden uitgevoerd bij reguliere dijkcontroles en gedurende hoge waterstanden en waterstanden waarbij de beheerder wellen verwacht. De waarnemingen en het verzamelen van data staat in principe los van risicobeheersing tijdens periode met hoge rivierwaterstanden. Bij een opkomend hoog water en het te vroeg starten van de waarnemingen bestaat de kans dat er nog geen wellen worden aangetroffen, of wellen die (nog) niet zand-meevoerend zijn. Bij te laat starten van de waarnemingen bestaat het risico dat de registraties in conflict komen met benodigde risicobeheersing.

Er gelden indicatief de volgende startmomenten:

- Rijngebied: Waterstand bij Lobith NAP +13,7 m, of eerder.
- Maasgebied: Waterstand bij Maastricht St Pieter NAP +45,50 m of eerder.
- Zeegebied: aan de beheerder.
- Merengebied: aan de beheerder.

De voorgestelde waterstanden bij Lobith en St Pieter dienen goed te worden geëvalueerd en bijgesteld.

4.3.2 Vastleggen van niet-optreden van wellen

Naast het vastleggen van het optreden van wellen, is het ook belangrijk om het niet optreden van wellen, gegeven een hoge buitenwaterstand zorgvuldig vast te leggen. Voor bewezen sterkte is dit de meeste belangrijke vastlegging.

4.3.3 Waarnemingen en gegevens

Bij het aantreffen van een wel worden minimaal de in bijlage C vermelde waarnemingen geregistreerd. Met behulp van de dijkwacht app moeten deze gegevens worden vastgelegd. Het is aan de beheerder om tevens direct al gegevens uit de 2^e lijnsregistratie vast te leggen.

De parameters en de meetmethode zijn opgenomen bijlage C '1^e lijnsregistratie'.

In algemeenheid geldt dat deze registraties correct, maar beperkt nauwkeurig (hoeven) te zijn. Afmetingen en kweldebieten worden kwalitatief bepaald.

4.3.4 Meetinstrumenten

Van belang is dat de dijkbeheerder bij de 1^e lijnsregistratie praktisch en snel om kan gaan met de waarnemingen. Het vastleggen van de gegevens dient met een moderne smartphone te worden vastgelegd. Hierbij is het belangrijk voor beheer dat deze gegevens ook direct kunnen leiden tot een verbeterd inzicht in het risico van de opgetreden wel.

Dijkwacht-App	Landelijke dijkwacht App die zorgt voor een eenduidige registratie.
Foto's:	Smartphone met vastleggen locatietags (coördinaten en tijdstip);
RD-coördinaten:	GPS met een mobiele telefoon. Bijvoorbeeld met "App RD – Google Maps". Metingen kunnen een nauwkeurigheid geven van 3 tot 300 m. Dit is afhankelijk van de verbinding van de GPS met de satellieten. In de regel heeft een GPS-systeem een aantal minuten nodig voor een nauwkeurige positiebepaling/contact met de satellieten. De App RD – Google Maps geeft de geschatte nauwkeurigheid aan met een blauwe cirkel, deze laat zien dat na enige tijd de nauwkeurigheid toeneemt.

4.3.5 Uitvoering en registratie

De 1e lijns waarnemingen worden uitgevoerd door de bestaande organisatie of dijkbeheerder. De waarnemingen worden digitaal vastgelegd en in een vastgesteld format en na controle naar de landelijke database gemaild. Deze controle ligt bij de dijkbeheerder en richt zich op compleetheid en relevantie (wel waarnemingen van wellen, niet van micro-instabiliteit of lekkende peilbuizen).

Voor de registratie mag de Dijkwacht-app worden gebruikt. Er is voor gekozen de App momenteel niet aan te passen waardoor niet alle metingen mogelijk worden opgenomen.

Aanbevolen wordt de 1^e lijnsregistratie na een jaar te evalueren en ontbrekende meetgegevens aan te vullen met metingen uit de 2^e lijnsregistratie en de dijkwacht app hierop aan te passen.

4.4 2^e Lijnsregistratie

De 2^e lijnsregistratie wordt uitgevoerd nadat de 1^e lijnsregistratie een matig tot zeer ernstige wel heeft waargenomen. De 2^e lijnsregistratie wordt uitgevoerd door een gespecialiseerd team. Het doel van de registratie is onder andere het verzamelen en vastleggen van data van wellen. Aanbevolen wordt daarom bij duidelijke welvorming een 2^e tweede lijnsregistratie te laten uitvoeren en bij een duidelijke welvorming (c.q. ontwikkeling) herhalingsmetingen te laten uitvoeren waarbij de parameters uit de 2^e lijnsregistratie worden opgenomen.

In eerste instantie bestaat dit team uit een landelijke vliegende brigade. Er wordt daarbij gedacht aan het inzetten van de markt voor deze metingen. Hierbij houden beheerders ruimte voor calamiteiten bestrijding. Beheerders zijn vrij om een eigen team samen te stellen. Voorwaarde daarbij is wel dat de juiste

registratie met de bijhorende nauwkeurigheid conform de 2^e lijnsregistratie worden uitgevoerd. De metingen mogen niet worden gestaakt bij een dreigende calamiteit.

Tijdens de hoogwaters van januari zijn registraties met een apart team uitgevoerd en bleek dit ook succesvol.

4.4.1 Aanvang en meetfrequentie

De 2^e lijnsregistratie staat op standby vanaf het moment dat de 1^e lijnsregistratie start.

De 2^e lijnsregistratie oefent met het materieel zodra de 1^e lijnsregistratie start.

De 2^e lijnsregistratie vindt plaats één dag na de eerste melding, nog tijdens het hoogwater. Het betreft de situaties die als matig tot zeer ernstig zijn aangemerkt en zandmeevoerende wellen betreffen.

Een ernstige of zeer ernstige wel is een wel die voldoet aan de volgende voorwaarde:

- De wel heeft een score van 15 punten of meer volgens de methodiek “Schaderegistratieformulier uittredend water”.

Een ernstige of zeer ernstige wel (score van 15 of meer punten) komt onder andere overeen met een van de onderstaande twee situaties:

- Een watervoerende wel (geconcentreerde uitstroom van water) die binnen 30 á 80 m van de teen van de dijk ligt (in de teen /teensloot);
- Alle wellen die zandmeevoerend zijn;

De metingen worden eenmalig uitgevoerd. De beheerder beslist of er dagelijkse herhalingsmetingen worden uitgevoerd totdat de wel gestopt is.

Het is wenselijk om in het kader van de 3^e lijnsregistratie een aantal bekende locaties (tot 4 per waterschap) op voorhand uit te rusten met continue monitoring. Daarbij worden grondwaterstanden en waterstanden continu opgenomen. De 2^e lijnsregistratie kan daarbij aansluiten met bijvoorbeeld continue metingen van stroomsnelheid, debieten en/of doorzicht (turbiditeit). Concrete invulling van de monitoringswijze van deze continue metingen wordt niet vastgelegd in dit monitoringsplan.

4.4.2 Waarnemingen en gegevens

In tabel in bijlage E zijn de parameters en de meetmethode opgenomen voor de 2^e lijnregistratie.

De 1^e lijn is de registratie correct, maar beperkt nauwkeurig. Daarnaast zijn het aantal parameters die conform de dijkwacht app gemeten worden beperkt. Bij de 2^e lijn is de registratie correct en nauwkeurig. Er worden meer zaken kwantitatief bepaald. Daarnaast wordt ook een interpretatie slag gedaan door ook fenomenologische zaken te bepalen. Dit omvat zaken als ¹⁰:

- Is er sprake van een bekende wel, of een nieuwe wel.
- Samenhang met het achterland (diffuse kwel vs. punt ontlasting, gelijk maaiveld of lokale laagte).
- Samenhang met het stromingsregime van het buitenwater (bv. impact van kribben in de rivier, boven/benedenstrooms van stuwen).
- Samenhang met het (stromings)regime van het binnenwater (streefpeil vs. verhoogd peil).

¹⁰ Zie ook: Acacia Water (2018) POV piping - wellen onderzoek; Monitoren en karakteriseren van wellen & piping bij waterkeringen; kenmerk: 160581

De calamiteitenorganisatie neemt bij extreem hoogwater maatregelen tegen piping, bijvoorbeeld opkisten. Daardoor veranderen de eigenschappen van een wel. Uitgangspunt is dat de calamiteitenorganisatie voorrang heeft op de monitoring. De monitoring legt daarom vast wat de situatie is, inclusief de maatregelen tegen piping.

4.4.3 Meetinstrumenten

Foto's:	Digitaal fototoestel met vastleggen locatietags (coördinaten en tijdstip);
RD-coördinaten:	Met geavanceerd GPS-apparatuur als een 06-gps;
MV Hoogte:	Met 06-GPS of gelijkwaardige apparatuur;
Waterstanden	Met 06-GPS, gelijkwaardige apparatuur of peilschalen aflezen of loggers en barometers.
Diameter well	Meetlint en/of ringen.
Zandkorrels	In het veld met een zandliniaal, monsters nemen voor laboratoriumonderzoek, minimaal D70 en M63 bepalen
Debiet	Voorstellen debietmetingen in bijlage F. Een aantal debietmeters kunnen de metingen continu uitvoeren en opslaan. De bureauontwerpen dienen verder te worden geoptimaliseerd en in het veld te worden getest.

Doorkijk: debietmetingen

Debietmetingen aan wellen zijn bijzondere metingen. Tot op heden is er geen rekenkundig model dat debieten van wellen nauwkeurig kan voorspellen. Maar het spreekt vanzelf dat het een van de meest kenmerkende eigenschappen is van een wel.

Uitvoeren van debietmetingen is theoretisch eenvoudig. Maar bij het uitvoeren van debietmetingen spelen meerdere praktische knelpunten. Het meten van een wel in de teen van de dijk gaat anders dan een wel in de teensloot. Een meting geeft een zekere verstoring. In het veld is waargenomen dat door het meten van een wel, deze wel minder water ging geven en de omliggende wellen meer water gingen geven. Het meten van een verse wel verloopt ook anders dan het meten van een opgekiste wel.

Samenvattend bestaat er niet een meetmethode voor de debieten van wellen. Door te starten met kwantitatieve metingen aan kweldebiet wordt er informatie verzameld en wordt ervaring op gedaan. In de loop der tijd zal blijken welke meetmethode voor welk geval het beste resultaat geeft.

4.4.4 Uitvoering en registratie – vliegende brigade

De 2e lijnregistratie wordt gedaan door gespecialiseerd personeel (vliegende brigade) dat door middel van een waakvlamovereenkomst is gecontracteerd. Het vliegende brigade bestaat per team uit drie specialisten. Deze staan in contact met de beheerder. Het is vrij aan de beheerder om het team met eigen mensen te vullen waarbij voldaan wordt aan de eisen.

Samenstelling team

Het team bestaat uit drie specialisten. Deze zijn hieronder beschreven. Deze dienen gezamenlijk tot een kwalitatief hoog meetresultaat te komen. Aangezien dit een gezamenlijke resultaat is, gelden de volgende eisen aan het totaal van het team.

- Totaal aan werkervaring: minimaal 15 jaar.
Daarbij is iedere verdere verdeling tussen de specialisten acceptabel, bv. 5+5+5, of 10+4+1.
- Totaal aan hoogwaterervaring: minimaal 2x hoogwater ervaring.

Dit bestaat of uit voorgaande ervaringen als vliegende brigade, of deelname aan de dijkwacht, of vergelijkbaar. Doel hiervan is dat binnen het team praktische hoogwater kennis is, zoals hoe werkt de calamiteiten organisatie, hoe begaanbaar is de waterkering voor voertuigen, registraties uitvoeren bij harde wind en regen, e.d.. In dat kader volstaat het dat twee verschillende leden van het team ervaring hebben met hetzelfde hoogwater.

1. Pipingsspecialist: Geotechnisch of geohydrologisch specialist met noemenswaardige ervaring op het gebied van de piping-problematiek en de formule van Sellmeijer. Specialist is een vraagbaak voor de veldploegen. De specialist draagt zorg voor de uitwerking van de metingen en het opleveren van de meetgegevens aan de landelijke database.
2. Veldspecialist A Heeft noemenswaardige ervaring met het uitvoeren van veldwerk en veldmetingen. Geeft leiding in het veld en is verantwoordelijk voor de communicatie, de uitwerking en de oplevering van de juiste meetgegevens. Vanaf 2021 dient de Veldspecialist A aantoonbare ervaring te hebben met het inmeten van wellen conform de 2^e lijnsregistratie.
3. Veldspecialist B: Heeft minimaal beperkte ervaring met het uitvoeren van veldwerk en veldmetingen.

Waterschap

Beheerder: De beheerder van het waterschap zal de locaties opgeven of aanwijzen. De beheerder zal tijdens de uitvoering van het onderzoek bereikbaar zijn voor overleg. De beheerder voert een kwaliteitscontrole uit op de gegevens van het onderzoek.

In Nederland worden drie regionale meetteams samengesteld. De teams komen jaarlijks bij elkaar voor een oefendag en het uitwisselen van kennis. Verwacht wordt dat de metingen zeer onregelmatig, niet routinematig en met lange tussenpozen worden uitgevoerd. Aan de specialisten worden daarom hoge eisen aan werkervaring gesteld. Aangezien de 2^e-lijnsmeting vaak maar 1x kan worden uitgevoerd dient het team voldoende kennis en ervaring te hebben om gezamenlijk beslissingen te nemen. Het team is ad-hock oproepbaar.

De contracten worden per drie jaar verstrekt. De teams worden voor oktober van ieder jaar samengesteld en bekend gemaakt. In oktober wordt een jaarlijkse instructie- en oefendag georganiseerd. In februari wordt een velddag georganiseerd waarbij een bestaande wel wordt ingemeten. Veelal zien we een hoogwatergolf ruim van tevoren (orde dagen/week) aankomen. Wellicht ook een optie om te oefenen in deze periode (dus wanneer we een hoogwatergolf zien aankomen), dan zit het opstellen allemaal nog vers in het geheugen.

4.5 2^e lijnsregistratie tijdens Calamiteitenbestrijding

Tijdens hoogwaters en calamiteiten veranderen lokale situaties regelmatig. Zo kunnen de beheerders overgegaan tot opkisten van wellen of het opzetten van slootpeilen. Ook in deze situatie dienen gegevens uit tabel 4.1 te worden vastgelegd. Deze gegevens zijn tevens opgenomen in bijlage E '2^e lijnparameters'.

Tabel 4.1 calamiteiten

Kenmerk –aanvullende metingen calamiteiten	Aanvullende beschrijving
hoogte slootpeil na dichtzetten duikers	m + NAP
hoogte waterpeil wel na opkisten	m + NAP
hoogte waterstand buitenwater	m + NAP

4.6 Continue monitoring tijdens hoogwater

In de 2^e lijnsregistratie zijn de opname van waterstanden, grondwaterstanden en -stijghoogten in peilbuizen opgenomen (zie bijlage E). Deze peilbuizen kunnen niet tijdens een hoogwater worden geplaatst. Een onderzoek naar het respons van waterstanden tijdens een 3e lijnsregistratie zal te laat zijn. Om meer inzicht te krijgen in de demping en responsfactoren zijn langdurige (grond)waterstandsmetingen nodig.

Geadviseerd wordt om per waterschap minimaal 4 welgevoelige locaties aan te wijzen en hier in raaien peilbuizen te plaatsen waarbij de volgende waterstanden continu gemonitord wordt:

- Waterstand buitenwater (oppervlakte water);
- Oppervlakte water binnenwater (oppervlakte water);
- Peilbuizenraai met peilbuizen bijvoorbeeld in: voorland, kruin dijk, teen dijk en achterland met minimaal 1 peilbuis ter plaatse van het uitredepunt in het achterland.

Bij de metingen dienen de in tabel 4.2 genoemde meetfrequentie te worden aangehouden.

Tabel 4.2 langdurige waarnemingen bij zee, rivieren en meren

Kenmerk – algemeen	Inrichting meetpunt	Meetfrequentie rivierdijken	Meetfrequentie meer- en zeedijken
Waterstand rivier, meer, zee	Meetpunt open water	1x per uur	1x per 10 min
Stijghoogte watervoerende zandlaag binnendijks	Peilbuizen achterland nabij de wel.	1x per uur	1x per 10 min
Stijghoogte watervoerende zandlaag buitendijks	Peilbuizen in de buitenteen.	1x per uur	1x per 10 min
Stijghoogte watervoerende zandlaag	Locatie vrij in te vullen	1x per uur	1x per 10 min

Doorkijk: stromingsrichting en snelheid grondwater

De stromingssnelheid en -richting van grondwater in watervoerende lagen kan informatie geven over de verticale en horizontale doorlatendheid van een laag. De stromingsnelheid geeft ook informatie over het respons bij opkomend of afgaand buitenwater.

In plaatst van standaard 1 inch peilbuizen kunnen horizontaal gesleufde 2 inch Geoflo™ peilbuizen worden geplaatst. Naast grondwaterstandsmetingen kan met een meetsonde in de peilbuis stromingsnelheid en de –richting van het grondwater worden gemeten.

Geoflo™ is een meetsysteem dat in een peilbuis wordt aangebracht. Het systeem bevat een element dat het grondwater verwarmt. Vier meetsensoren meten de watertemperatuur rondom het verwarmingselement. Afhankelijk van de temperatuurverschillen en informatie over de warmtegeleidbaarheid van het grondwater kan hiermee de grondwaterstroomsnelheid en richting worden berekend.

Een nieuwe techniek is de AquaVector . De AquaVector is tevens een grondwatersensor voor het meten van stroomsnelheid en stroomrichting. Ook de AquaVector maakt gebruik van een hittepuls in combinatie met temperatuursensoren om de grondwaterstroming te meten. De gedetailleerde metingen door AquaVector bieden grote meerwaarde voor het aanvullen en valideren van grondwatermodellen. Het huidige AquaVector systeem biedt binnen één dag puntmetingen van de richting en de snelheid van de grondwaterstroming op 6 locaties binnen een onderzoeksgebied.

4.7 Korrelverdeling

In het veld worden bij kraters van wellen aan de binnen zijde en aan de buitenzijde van de krater een zandmonster genomen. De korrelgrote wordt in het veld bepaald met een zandliniaal.

In geotechnisch laboratorium worden van deze zandmonsters de korrelverdeling inclusief fijne fractie < 63µm bepaald (hydrometerproef / areometerproef). In de resultatenlijst worden de D70 en M63 opgenomen. De overige resultaten worden als rapport toegevoegd.

De resultaten worden gerapporteerd in excel met naamgeving en coördinaten van de wel, diepte van met monster, omschrijving van het monster.

4.8 3^e Lijnsregistratie

Bij de 3^e lijstregistratie wordt er uitgebreider onderzoek gedaan naar het ontstaan van de wel. De beheerder (het waterschap) beslist of na de 1^e of 2^e lijnsregistratie het onderzoek onder de 3^e lijns wordt opgestart. De 3^e lijn informatie wordt niet door hoogwater beïnvloed.

De invulling van de 3^e lijn is vrij aan de beheerder om in te vullen. Daarvoor zijn reeds diverse handreikingen opgesteld. Hieronder een aantal beschikbare handreikingen.

- Handreiking voor een meetnet gerelateerd aan piping, POV piping pilot Duurzame Monitoring, Deltares, aug 2017.
- Handreiking voor het opstellen van een monitoringsplan t.b.v. piping, Deltares, juni 2017.
- POV piping – wellen onderzoek, monitoring en karakteriseren van wellen & piping bij waterkeringen, 28 mei 2018, Acacia Water in opdracht van Waterschap Rivierenland;
- Handreiking Grondonderzoek voor Piping, 2018, Fugro;

Dit monitoringsplan gaat uit dat minimaal het volgende in beeld is rondom een wel. Indien deze informatie nog niet in beeld is, dan omvat het onderzoek van de 3^e lijn minimaal het onderstaande:

- Zekerheid over de bodemopbouw
Sondering binnen 25 m afstand van de wel.
Klasse 2 of beter, diepte 15 m-mv of meer.
- Zekerheid over de geohydrologie
Peilbuis, binnen 25 m van de wel tot in de watervoerende laag, op ca. 4 locaties binnen een waterschap. Deze meet de grondwaterstand continue voor een periode van minimaal 3 jaar.
- Zekerheid over het intredepunt.
Zeer locatie afhankelijk.

Het laatste punt betreft het intredepunt. Soms is dit voor de hand liggend, bijvoorbeeld bij een schaaldijk. Maar soms is dit complexer, bijvoorbeeld wanneer in het voorland een ondiepe watergang ligt met een sliblaag op de bodem.

Binnen de monitoring wordt een radicaal andere insteek gekozen dan bij een beoordeling van een dijk. Bij een beoordeling is een conservatieve inschatting voldoende, ongeacht of deze juist is of niet. Bij de monitoring is echter behoefte aan meer zekerheid om resultaten te duiden. Dit geeft vragen als, ligt bij bovengenoemde ondiepe sloot na hoogwater nog steeds slib op de bodem. Gezien deze zaken worden geen algemeen geldende specifieke kaders gesteld aan het bepalen van "zekerheid over het intredepunt".

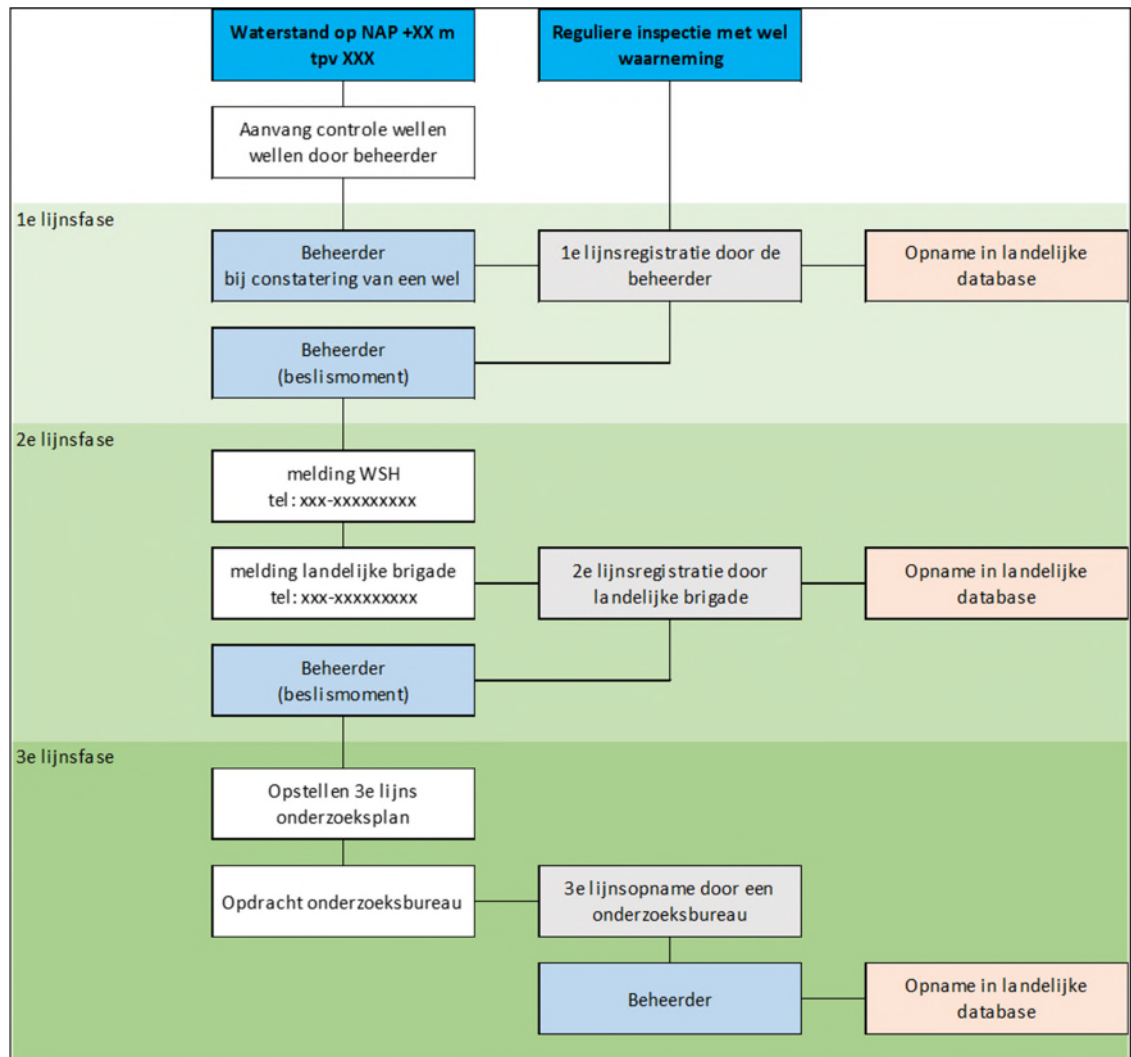
4.9 Reguliere dijkcontroles

Wellen die tijdens reguliere dijkcontroles worden aangetroffen dienen tevens te worden geregistreerd conform de 1^e lijnsregistratie en zo nodig conform de 2^e en 3^e lijnsregistratie.

5 COMMUNICATIE

5.1 Communicatieproces

In onderstaand schema (Figuur 3) is het processchema met de communicatielijnen weergegeven. De beslismomenten om vervolgens door te gaan van de 1^e naar de 2^e en 3^e lijnsregistratie zijn niet uitgewerkt. De expertise van de beheerder blijft hierin bepalend. Voor de tweedelijns wordt gestimuleerd om deze grens zo laag mogelijk te leggen met het doel om gegevens te specificeren. In de 3^e lijns zullen financiële afwegingen een sterkere rol gaan spelen. Een reguliere inspectie kan tevens aanleiding zijn om een 2^e lijnsregistratie op te starten.



Figuur 3. communicatieschema

5.2 Contactgegevens Waterschappen

In tabel 5.1 zijn de contactgegevens van de beheerders van Waterschappen opgenomen. Aanbevolen wordt de tabel aan te vullen voor een snelle communicatie.

Tabel 5.1: contactgegevens beheerders waterschappen

Nr.	Waterschap	Naam
1	Noorderzijvest	
2	Fryslân	
3	Hunze en Aa's	
4	Drents Overijsselse Delta	Bert Koster
5	Vechtstromen	
6	Vallei en Veluwe	Joost Borgers
7	Rijn en IJssel	Leo van Nieuwenhuijzen
8	Stichtse Rijnlanden	Johan Westhuis
9	Amstel, Gooi en Vecht	
10	Hollands Noorderkwartier	
11	Rijnland	
12	Delfland	
13	Schieland & Kimpenerwaard	
14	Rivierenland	Hans Knotter
15	Hollandse Delta	
16	Scheldestromen	Hans van der Sande
17	Brabantse Delta	
18	De Dommel	
19	AA & Maas	Joop de Bijl
20	Limburg	
21	Zuiderzeeland	

6 OPLEVERING EN BESCHIKBAARHEID VAN REGISTRATIES

6.1 Beheer landelijke database

De meetgegevens worden door het Waterschap opgeleverd aan het InformatieHuis Water (IHW). Het IHW zal zorg dragen voor het beheer en een toegankelijke landelijke database. Het is aan de waterschappen zelf om tevens de gegevens in een eigen beheersysteem op te slaan.

Oplevering gegevens

De waterschappen leveren de meetgegevens in een vast format op aan het InformatieHuis Water (IHW). De meetgegevens worden binnen acht weken na meting opgeleverd of een hoogwater aangeleverd aan de landelijke database.

Het IHW zal 2x per jaar de ontvangen gegevens controleren op volledigheid.

6.2 Beschikbaarheid

Om innovaties en kennis op het gebied van piping te bevorderen moeten de meetgegevens uit de landelijke database vrij beschikbaar zijn als open data voor specialisten van Waterschappen, adviesbureaus en aannemers.

7 VOORBEELDEN VAN KANSRIJK SPECIALISTISCH ONDERZOEK

Voor de 1e, 2e, en 3e lijns zijn er veel specialistische onderzoeken die kunnen worden ingezet. In deze paragraaf zijn een aantal specialistische onderzoeken genoemd waarmee onderzoek kan worden gedaan naar wellen. Sommige methoden zijn bewezen technieken. Andere methodes staan nog in de kinderschoenen, maar zijn wel veel belovend. POV Piping heeft een handreiking voor grondonderzoek voor Piping laten opstellen. Deze gaat dieper in op de materie. Hier is een beknopte duiding gegeven.

Sonderingen, (hand)boringen, peilbuizen

Met sonderen en boren kan lokaal nauwkeurig de bodemgesteldheid worden vastgesteld. Daarnaast kunnen met boringen grondmonsters worden genomen en/of peilbuizen worden geplaatst. Daarmee kan ook aanvullend geotechnisch of geohydrologisch onderzoek gedaan worden.

Bij sonderingen vindt interpretatie plaats op basis van correlaties met de sondeerweerstand/wrijving/waterspanning. Dit geeft overeenkomstige/aanvullende informatie ten opzichte van boren. Naast de bodemopbouw wordt zo ook informatie over de consistentie van de bodem (slap/stijf) verzameld, ook kunnen aanvullende metingen gedaan worden (bv. dissipatietesten). Op basis van dergelijke metingen kunnen analyses worden gedaan (bv. correlaties met de doorlatendheid). De nauwkeurigheid van deze analyses is echter niet zeker.

HPT-Sondering

Met een Hydraulic Profiling Tool (HPT-sondering) wordt tijdens het sonderen een constante hoeveelheid water via een gat in de sondeerstang de grond in gepompt. Hieruit kan de relatieve doorlatendheid in de bodem worden berekend. Met de HPT-techniek wordt over de sondeerhoogte een continu profiel van de relatieve doorlatendheid verkregen. De HPT-sondering geeft hiermee inzicht in de gelaagdheid en de doorlatendheid in zandlagen.

Door Deltares is het programma D-GeoFlow ontwikkeld. D-GeoFlow is een graphical user interface voor het eindige elementen rekenplatform DGFlow. Het model bevat een pipingmodule, gebaseerd op het model van Sellmeijer, om bij een gegeven waterstandsverloop te kunnen beoordelen of piping kan optreden. In D-GeoFlow is het mogelijk om 2D transiënte grondwaterstromings-berekeningen uit te voeren met gelaagde grondopbouw, waarin zowel een tijdsafhankelijke hydraulische belasting, de samendrukbaarheid van het korrelskelet en het grondwater, en verandering van de freatische lijn meegenomen worden. DGFlow is met succes toegepast in enkele test cases. De HPT-Sondering kan parameters aanleveren.

Infrarood

Door de POV-Piping zijn onderzoeken uitgevoerd met infrarood-metingen. De beste resultaten werden verkregen waarbij loodrecht op het oppervlak werd gemeten. Met een drone kunnen grote gebieden snel worden ingemeten.

Infrarood metingen werken vooral als er een duidelijk verschil is tussen de temperatuur van het grondwater (tussen de 10 en 15 graden) en het oppervlaktewater (volgt de luchttemperatuur). In het voorjaar en het najaar zijn de verschillen het kleinst. Hoe kleiner de verschillen zijn, hoe minder resultaten de infrarood metingen zullen opleveren. Dit kan een knelpunt zijn. Mogelijk kan dit knelpunt opgelost worden door op een zeker tijdstip van de dag te gaan meten. Binnen een dag varieert namelijk de temperatuur, daarop reageert de bovenste 0,1 m van de bodem tamelijk snel. Wanneer het verschil tussen

de temperatuur van het grondwater (vast op ca. 10°C) en de temperatuur van eerste 0,1 m van de bodem maximaal is, kunnen goede metingen gedaan worden.

Geofysisch onderzoek – EM en GPR

De dikte van de kleilaag aan weerszijden van de dijk is van belang voor de stabiliteit. Met elektromagnetisme (EM) kan tot een diepte van circa 6 m onder maaiveld worden vastgesteld op welke diepte de kleilaag overgaat in het onderliggende zandpakket. De grondradar (GPR) is nauwkeuriger maar bereikt in zandlagen een diepte van ca. 2 m. De EM en GPR kunnen gecombineerd worden uitgevoerd. Daar waar sonderingen en boringen lokaal zeer nauwkeurig de bodemopbouw vast stellen kan met EM en GPR onderzoek sneller over een groter oppervlakte onderzoek worden gedaan. Met EM en GPR onderzoek kunnen (onbekende) geulen die een risico voor piping vormen gevonden worden.

Het EM en GPR onderzoek wordt vaak in combinatie uitgevoerd met sonderingen en boringen. Vaak wordt het EM en GPR onderzoek na de sonderingen en boringen uitgevoerd. Overwogen kan worden om eerst het EM en GPR onderzoek uit te voeren en op basis van de resultaten het sondeer- en boorplan op te stellen.

EM en GPR onderzoek is inmiddels een veel toegepaste onderzoeksmethode bij grondonderzoek voor dijken.

SP en ERT

SP en ERT zijn elektrische onderzoeksmethoden waarmee de elektrische weerstand in de bodem kan worden gemeten. Voor geotechnische toepassingen kan een dieptebereik van 20 tot 30 meter gehaald worden. De resolutie neemt af met de diepte. Met de methoden kunnen klei en zandlagen onderscheiden worden en kunnen 'lekken' opgespoord worden. Bij ERT wordt er een elektrische stroom de grond in gestuurd. Bij SP wordt gemeten aan van nature in de grond aanwezige elektrische stromen. Door SP en ERT te combineren kan waterstroming worden vastgesteld.

8 KENNISBORGING EN ONTWIKKELING

8.1 Borging

8.1.1 Kennisborging

Kwaliteit en kennis van de 2e lijnsregistratie wordt geborgd middels de vereiste werkervaring. Daarnaast oefent de landelijke brigade met de meetequipment zodra de 1e lijnsregistratie start.

Ten behoeve van de algemene voortgang, kennisboring en ontwikkeling wordt door de STOWA jaarlijks worden in oktober een bijeenkomst georganiseerd. De ochtend zal bestaan uit een inhoudelijke uitwisseling en instructies. Tijdens de middag worden workshops georganiseerd of oefeningen gehouden. De teams zijn verplicht hieraan deel te nemen.

8.1.2 Contractuele borging

De STOWA draagt zorg voor de organisatie van de contracten met de landelijke brigade.

De contracten met de teams worden per drie jaar afgesloten waarbij afspraken over nieuwe meetmethoden kunnen worden gemaakt.

8.2 Doorontwikkeling

Op basis van de bijeenkomsten en ervaringen met nieuwe methoden wordt het monitoringplan 1x per 3 jaar herzien. Organisatie hiervan ligt bij de STOWA.

Na hoogwaters en het uitvoeren van metingen wordt, mits relevant, jaarlijks in april een evaluatiemoment georganiseerd. Tijdens deze dag worden tevens de meettechnieken geëvalueerd. De evaluatie wordt gehouden nadat metingen zijn uitgevoerd en is minimaal 1x per 2 jaar. Organisatie hiervan ligt bij de STOWA.

Nr.	Eenheid	Omschrijving	Veldmeting - 1e lijns	Veldmeting - 2e lijns	Veldmeting - 3e lijns	Berekenen
1	$\Delta H_{sterkte}$	kritieke verval (m) – inzicht is nodig in de waterstandsverschillen; Je beoordeelt het kritieke verval met het aanwezige verval minus 0,3x de dikte van de kleilaag. $\Delta H - 0,3 D$				x
2	Buitenwaterstand	waterstand buitenwaarts	x	x		
3	Binnenwaterstand	waterstand binnenwaarts	x	x		
4	$D_{deklaag}$	Dikte van de onderliggende deklaag			x	
5	L	lijn van intredepunt tot uittredepunt (m);				x
6	Intrede punt	Intrede punt			x	x
7	Uittrede punt	uittredepunt van de wel, of locatie van de wel, XY (RD) en Y (m+NAP)	x	x	x	
8	Grondsoort	Uiterst fijn zand ~ zeer grof grind ter bepaling van de Bligh en Lane C_{creep} factor;			x	
9	d_{50}	mediane korrelverdeling (μm) ter bepaling van de Bligh en Lane C_{creep} factor.		x	x	
10	$L_{horizontaal}$	kwelweglengte van de horizontale delen (m);			x	
11	$L_{verticaal}$	kwelweglengte van de verticale delen (m);			x	
12	h	niveau van de buitenwaterstand (m+NAP);	x	x		
13	r_c	reductie voor de weerstand bij uittredepunt (-);				
14	Onderkant _{deklaag}	onderkant deklaag (m+NAP)			x	
15	$D_{deklaag}$	laagdikte van de cohesieve deklaag tpv van de wel (m);			x	
16	ΔH	optredende stijghoogteverschil over de dijk (m);				x
17	L	kwelweglengte, verschil in in- en uittredepunt (m);				x
18	d_{50}	mediane korrelverdeling (μm), voor bepaling indicatieve waarde voor de doorlatendheid van zand;			x	
19	d_{70}	70-percentielwaarde van de korrelverdeling van de piping-gevoelige laag;			x	
20	$D_{zandlaag}$	dikte van de watervoerende zandlaag (m)			x	
21	k	darcy doorlatendheid watervoerende zandlaag ((m/s)			x	
22	κ	intrinsieke doorlatendheid van de zandlaag (m^2)				
23	$F_{resistance}$	weerstandfactor				x
24	F_{scale}	schaalfactor				x
25	$F_{geometry}$	geometriefactor				x
26	Parameter a	fractie van de lengte van het traject dat gevoelig is voor het betreffende faalmechanisme (-)				
27	Parameter b	lengte van onafhankelijke, equivalente vakken voor het betreffende faalmechanisme (m)				
28	$L_{traject}$	lengte van het dijktraject zoals vastgelegd in de Waterwet (m)				
29	N	lengte-effectfactor				x
30	$P_{eis,dsn}$	faalkanseis op doorsnedeniveau (1/jaar)				x
31	β	betrouwbaarheidsindex				x
32	P_{max}	overstromingskans (1/jaar)				
33	ω_{dijken}	faalkansruimtefactor [WBI 2013]				
34	g_{pip}	veiligheidsfactor voor deelmechanisme piping (-)				x
35	$DH_{c,p}$	kritieke stijghoogteverschil over de deklaag (m)				x
36	$DH_{c,p} / (g_{pip} * g_{b,p})$	kritieke stijghoogteverschil over de deklaag in ontwerp (m)				x
37	$\Delta\phi$	optredende stijghoogteverschil over de deklaag (m)	x	x		x
38	ϕ_{exit}	stijgthoogte in de watervoerende laag bij uittredepunt (m+NAP)	x	x		
39	h	niveau van de buitenwaterstand met een kans van voorkomen gelijk aan de maximaal toelaatbare overstromingskans P_{max} (m+NAP)	x	x		
40	h_{exit}	freatisch niveau, of hoogte van het maaiveld, bij uittredepunt (m+NAP)	x	x		
41	r_{exit}	dempings of responsfactor bij uittredepunt (-)			x	x
42	$D_{deklaag}$	Laagdikte van de cohesieve (dek)laag (m)			x	
43	$\Delta\phi_{c,u}$	kritieke stijghoogteverschil				x
44	g_{sat}	verzadigd volumiek gewicht van de cohesieve (dek)laag (kN/m^3)			x	
45	g_{water}	volumiek gewicht water (kN/m^3)			x	
46	g_{up}	veiligheidsfactor voor deelmechanisme opbarsten (-)				x
47	$g_{b,p}$	schematiseringsfactor				
48	g_{he}	veiligheidsfactor voor deelmechanisme heave (-)				x
49	β	betrouwbaarheidsindex				x
50	$g_{b,h}$	partiële factor				
51	i	optredende heave gradient				x
52	$i_{c,h}$	factor				

Nr.	Eenheid	Omschrijving	Veldmeting - 1e lijns	Veldmeting - 2e lijns	Veldmeting - 3e lijns	Berekenen
53	theta	rolweerstandshoek zandkorrels ($^{\circ}$), nominaal: 37° (niet eenvoudig te bepalen);				x
54	h	(-) sleepkrachtfactor, nominaal: 0,25 (niet eenvoudig te bepalen).				x
55	Q	Debiet (m ³ /uur)	x	x		
56	∅ wel	doorsnede wel (m)	x	x		
57	WS na dichtzetten duikes	hoogte slootpeil na dichtzetten duikers (m+NAP)	x	x		
58	WS na opkisten	hoogte waterpeil well na opkisten (m+NAP)	x	x		
59	Waterdruk	Water(over)druk in de wel		x		
60	Hoogte Opkisten	hoogte opkisten	x	x		
61	Vorm intredepunt	Vorm intredepunt. Bij een kleine buitendijkse watergang in het voorland is minder impact te verwachten/berekenen, dan bij een schaarndijk. Bij een ondiepe waterpartij met een onderzijde in de klei/sliblagen/matig doorlatende lagen wordt minder impact op de grondwaterstroming verwacht dan bij een diepe waterpartij die tot in de goed doorlatende lagen snijdt.			x	
62	Tijdsafhankelijke effecten	Tijdsafhankelijke effecten. Bij een kort hoogwater is de impact op de grondwaterstroming kleiner dan bij een langdurig hoogwater. Dit komt tot uiting in de elastische berging van het watervoerende pakket en de samendrukbaarheid van de deklaag.			x	
63	Vorm uittredepunt	Vorm uittredepunt. Bij een enkele kleine binnendijkse watergang is een grotere kwel-concentratie dan bij een grote watergang, of wanneer er meerdere watergangen op beperkte afstand van elkaar zijn. Dit effect wordt versterkt wanneer de kwelsloot direct achter de dijk een hoger peil heeft dan de watergangen in het achterland.		x		
64	Verticale bodemopbouw	De bodemopbouw in de verticaal is van belang. Zeker wanneer er sprake is van een fijne zandlaag die snel zal eroderen. Het risico op erosie/piping wordt verder versterkt als er vlak onder de fijne zandlaag een zeer goed doorlatende laag aanwezig is. Bijvoorbeeld een grindbaan of een laag zeer grof zand.			x	
65	D zandlaag 1	dikte van de te onderscheiden watervoerende zandlaag (m)			x	
66	k zandlaag 1	darcy doorlatendheid watervoerende zandlaag ((m/s)			x	
67	D zandlaag 2	dikte van de te onderscheiden watervoerende zandlaag (m)			x	
68	k zandlaag 2	darcy doorlatendheid watervoerende zandlaag ((m/s)			x	

Internationale lijst van Deltares

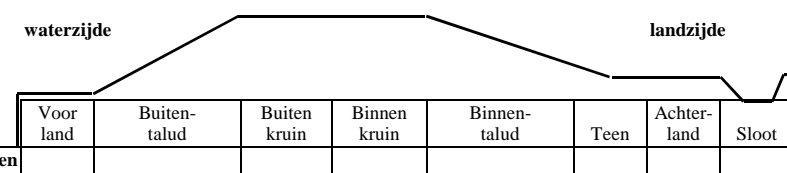
NR	PARAMETER	PARAMETER OVERGENOMEN IN 2e LIJNSREGISTRATIE
1	Parent ID	ja
2	Length	ja
3	Description	ja
4	Coordinate System Code	ja
5	X	ja
6	Y	ja
7	File	nvt
8	Month	ja
9	Year	ja
10	Time	ja
11	Flood fighting	ja
12	Description	ja
13	Sand boil volume	ja
14	Cone diameter	ja
15	Cone height	ja
16	Throat size	nee
17	Sand boil activity	nee
18	Sand boil activity description	nee
19	Files	nee
20	Water colour	ja
21	Downstream water level	ja
22	Piezometric levels	ja
23	Water level	ja
24	Maxium Water Level	nee
25	Day of maxium level	nee
26	Month of maxium level	nee
27	Year of maxium level	nee
28	Flood duration	nee
29	Flood graph	nee
30	Hydraulic description	nee

NR	PARAMETER	PARAMETER OVERGENOMEN IN 2e LIJNSREGISTRATIE
31	Observation ID	ja
32	Sample id	ja
33	Grain size method	voorgeschreven
34	Sand sample from	ja
35	D10	nee
36	D50	ja
37	D60	nee
38	D70	ja
39	cu	nee
40	grain size info	ja
41	photos	ja
42	description	ja
43	Parent Id	nee
44	Boring ID	nee
45	Length	nee
46	File	nee
47	Boring description	nee
48	Coordinate System Code	nee
49	X	nee
50	Y	nee
51	Parent ID	nee
52	CPT-ID	nee
53	Length	nee
54	Description	nee
55	Coordinate System Code	nee
56	X	nee
57	Y	nee
58	File	nee
59	Filename	nee
60	Title	nee
61	Description	nee

Schaderegistratieformulier **Uittredend water**

Patrouillelopers:	Patrouillevak:	Datum:
1.	Dijkpaal	Tijd:
2.	Afstand van de dijkpaal + meter	

1. Locatie schade



	Voorland	Buitentalud	Buitenkruin	Binnenkruin	Binnentalud	Teen	Achterland	Sloot
Aanvinken								

2. Breedte van het gebied	Aanvinken	3. Lengte van het gebied	Aanvinken
0 – 2 meter		0 – 2 meter	
2 – 5 meter		2 – 5 meter	
5 – 10 meter		5 – 10 meter	
10 – 20 meter		10 – 20 meter	
Meer dan 20 meter		Meer dan 20 meter	

vraag	antwoord	Aanvinken	
4. Op welke afstand bevindt zich het uittredend water. Afstand meten/schatten vanaf de teen van de waterkering	0 - 5 meter		
	5 - 30 meter		
	30 - 80 meter		
	meer dan 80 meter		
5. Is er sprake van een geconcentreerde uitstroming van het water	nee ja		
6. Treedt er veel of weinig water uit	Weinig Veel		
7. Wat is de snelheid van het uittredende water	Langzaam Snel		
8. Wat is de kleur van het uittredend water	Helder		
	Bruin		
	Olieachtig		
9. Spoelt er grond of zand uit	Ja Nee		
	Als vraag 9 ja is:	Weinig	
10. Hoeveel zand of grond spoelt er uit	Veel		
Als vraag 9 ja is:	Ja		
	11. Vindt er kratervorming van de grond plaats	Nee	
Als vraag 9 ja is:	12. Wat is de diameter (binnenzijde) van de krater	0 – 25 cm	
		25 – 50 cm	
		50 – 75 cm	
		75 – 100 cm	
		Meer dan 100 cm	
13. Zijn er in de directe omgeving meer locaties van uittredend water	Ja Nee		
	14. Staat er een leidingbordje in de buurt	Ja nee	

Inschatting van de ernst	aanvinken
Niet ernstig score < 15	
Ernstig score 16 - 25	
Zeer ernstig score > 26	
Aandachtspunten/ Aantekeningen/ Weersituatie	

Nadat het (de) formulier(en) volledig is (zijn) ingevuld kan de dijkpost worden gebeld.

Schaderegistratieformulier **Uittredend water**

Schaderegistratieformulier **Uittredend water**

Afhandeling

(in te vullen door hoofd dijkpost of wachtcommandant)

Onderwerpcodes:

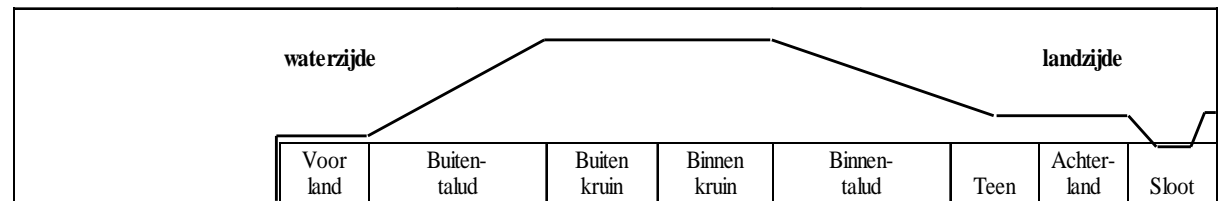
Maatregel:

- Geen maatregel
 Maatregel genomen welke maatregel
 Monitoren

Aandachtspunten / notities

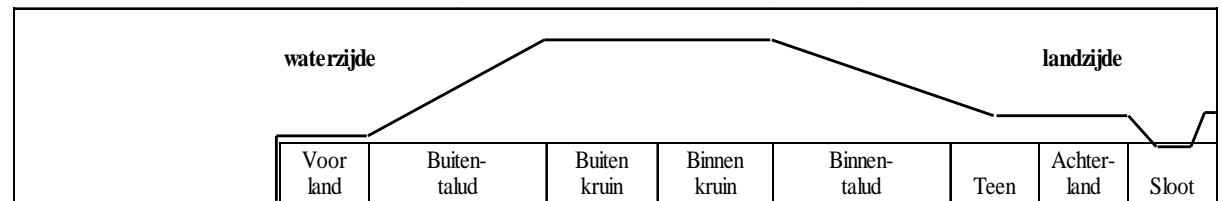
Monitoring

1e LIJNSREGISTRATIE CONFORM DIJKWACHTAPP



VLG NR	GROEP	AFKORTING GIS	OMSCHRIJVING	TOELICHTING OMSCHRIJVING	EENHEID	MEETFREQUENTIE	MEETMETHODE
15	ALGEMEEN	PAAL_LAA	DIJKPAAL - LAAG	Gelegen nabij dijkpaal waar bij het lage nummer wordt aangehouden. Dus bij een locatie tussen dijkpaal 8 en 9 dan 8 noteren.			invullen
20	ALGEMEEN	DIJKP_AF	DIJKPAAL_AFSTAND	AFSTAND TOT DE DIJKPAAL			invullen
25	ALGEMEEN	PATR_VAK	PATROUILLEVAK				invullen
45	ALGEMEEN	DATUM	DATUM WAARNEMING	Huidige datum waarneming wel	DD-MM-JJJJ		invullen
50	ALGEMEEN	TIJD	TIJDSTIP WAARNEMING	Huidige tijd waarneming wel	24 uur		invullen
65	ALGEMEEN	WAARN_1	NAAM - WAARNEMER	Naam waarnemer 1, Patrouilleloper			invullen
70	ALGEMEEN	WAARN_2	NAAM - WAARNEMER	Naam waarnemer 2, Patrouilleloper			invullen
85	ALGEMEEN	LIGGING	SPECIFIEKE LIGGING WEL OF SCHADE	Teen, achterland, sloot, waterpartij			invullen
95	ALGEMEEN	BORDJE_L	ALGEMEEN: STAAT ER EEN LEIDINGBORDJE IN DE BUURT	Keuze: ja / nee	JA / NEE		waarnemen
185	GEBIED	FOTO-1	FOTO 1	Foto met van de locatie incl. directe omgeving, vastlegging van datum, locatie, gps			Digitale camera of dijkwachtapp
190	GEBIED	FOTO-2	FOTO 2	Foto met van de locatie incl. directe omgeving, vastlegging van datum en locatie			Digitale camera of dijkwachtapp
195	GEBIED	MEER_WEL	GEBIED: ZIJN ER IN DE DIRECTE OMGEVING MEER LOCATIES VAN UITTREDEND WATER?	ja / nee	JA / NEE		waarnemen en invullen
200	GEBIED	B_GEBIED	GEBIED: BEEDTE VAN HET GEBIED	in meters	m		06-GPS, meetlint, digitaal waterpasinstrument
205	GEBIED	L_GEBIED	GEBIED: LENGTE VAN HET GEBIED	in meters	m		06-GPS, meetlint, digitaal waterpasinstrument
210	WEL	W_AF_K1	WEL: INSCHATTING AFSTAND TOT TEEN WATERKERING	Afstand van de wel vanaf teen in meten of berekenen [m]	m		inschatting
240	WEL	W_DEB_1	WEL: TREEDT ER VEEL OF WEINIG WATER	Keuze: weinig of veel			inschatten
250	WEL	W_V_1	WEL: SNELHEID VAN UITSTROOM	snelheid van de uitstroom, slangzaam / snel			beschrijven
265	WEL	W_AARD	WEL: AARD VAN HET FENOMEEN (IS ER SPRAKE VAN EEN GECONCENTREERDE UITSTROMING VAN WATER?)	Geconcentreerde uitstroom (wel/wellen) of gelijkmatige uitstroom (uittredend kwelwater)			invullen
280	WEL	W_ZG_MT	WEL: SPOELT ER ZAND OF GROND UIT	JA / NEE			visueel
295	KRATER	KRATER	KRATER: VINDT ER KARTERVORMING	ja / nee	JA / NEE		invullen
300	KRATER	K_DIA_BI	KRATER: DIAMETER (BINNENZIJDE)	cm			meetlat, met ringen met een bekende diameter

2e LIJNSREGISTRATIE - VLIEGENDE BRIGADE MET MIDDELEN



VLG NR	GROEP	AFKORTING GIS	OMSCHRIJVING	TOELICHTING OMSCHRIJVING	EENHEID	MEETFREQUENTIE	MEETMETHODE
5	ALGEMEEN	NAAM	[DIJKRING]-[DIJKPAAL]-[AFK. BEHEERDER]-[EIGEN CODE]	[DIJKRING]-[DIJKPAAL]-[AFK. BEHEERDER]-[EIGEN CODE]			eventueel automatisch samenstellen
10	ALGEMEEN	DIJKRING	DIJKRING	Dijkkring nummer			invullen
15	ALGEMEEN	PAAL_LAA	DIJKPAAL - LAAG	Gelegen nabij dijkpaal waar bij het lage nummer wordt aangehouden. Dus bij een locatie tussen dijkpaal 8 en 9 dan 8 noteren. (voor 2019 is dit niet gedaan)			invullen
20	ALGEMEEN	DIJKP_AF	DIJKPAAL_AFSTAND	AFSTAND TOT DE DIJKPAAL			invullen
25	ALGEMEEN	PATR_VAK	PATROUILLEVAK				invullen
30	ALGEMEEN	AFK_BEH	AFKORTING BEHEERDER	Afkorting waterschap; WDOD, WSRL, HDSR, WVW, WSRIJ, etc.			invullen
35	ALGEMEEN	CODE	EIGEN CODE OF NAAM WELLOCATIE	Code of naam zoals toegekend door de opnemer of beheerder. Graag kort houden. Bv opname datum en vervolgnr. JJMMDDXX	JJMMDDXX		invullen
40	ALGEMEEN	HERHALIN	HERHALINGSMETING	Betreft het een herhalingsmeting van een bekende wel.	JA / NEE		invullen
45	ALGEMEEN	DATUM	DATUM WAARNEMING	Huidige datum waarneming wel	DD-MM-JJJJ		invullen
50	ALGEMEEN	TIJD	TIJDSTIP WAARNEMING	Huidige tijd waarneming wel	24 uur		invullen
55	ALGEMEEN	CON_WAT	CONTACTPERSOON WATERSCHAP	Contactpersoon bij de beheerder of waterschap			invullen
60	ALGEMEEN	WAARN_F	FUNCTIEGROEP WAARNEMER	Vrijwilliger, dijkbeheerder, vliegende brigade			invullen
65	ALGEMEEN	WAARN_1	NAAM - WAARNEMER	Naam waarnemer 1, Patrouilleloper			invullen
70	ALGEMEEN	WAARN_2	NAAM - WAARNEMER	Naam waarnemer 2, Patrouilleloper			invullen
75	ALGEMEEN	WS_OMSC	OMSCHRIJVING WATERSTAND	Omschrijving: laag, normaal, hoog, zeer hoog			invullen
80	ALGEMEEN	PER_HW	OPNAMEPERIODE TOV HOOGWATER	Tijdens hoogwater opgenomen (voor / tijdens / na)			invullen
85	ALGEMEEN	LIGGING	SPECIFIEKE LIGGING WEL OF SCHADE	Teen, achterland, sloot, waterpartij			invullen
90	ALGEMEEN	SIT_OMSC	BESCHRIJVING SITUATIE	Omschrijving ligging wel			invullen
95	ALGEMEEN	BORDJE_L	ALGEMEEN: STAAT ER EEN LEIDINGBORDJE IN DE BUURT	Keuze: ja / nee	JA / NEE		waarnemen
100	XYZ	X-WEL	WEL: X-COORDINAAT (RD m)	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
105	XYZ	Y-WEL	WEL: Y-COORDINAAT (RD m)	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
110	XYZ	Z-WEL	WEL: Z-HOOGTE (NAP m)	Hoogte maaiveld op 1 cm nauwkeurig	NAP m		06-GPS
115	XYZ	X-SLKANT	SLOOT KANT: X-COORDINAAT (RD m)	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
120	XYZ	Y-SLKANT	SLOOT KANT: Y-COORDINAAT (RD m)	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
125	XYZ	Z-SLKANT	SLOOT KANT: Z-HOOGTE (NAP m)	Hoogte maaiveld op 1 cm nauwkeurig	NAP m		06-GPS
130	XYZ	X-BUI	BUITENWATER: X-COORDINAAT BUITENWATER	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
135	XYZ	Y-BUI	BUITENWATER: Y-COORDINAAT BUITENWATER	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
140	XYZ	Z-BUI	BUITENWATER: Z-WATERSTAND BUITENWATER	Waterstand op 1 cm nauwkeurig	NAP m	06-GPS of continu	06-GPS
145	XYZ	X-BIN	BINNENWATER: X-COORDINAAT BINNENWATER	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
150	XYZ	Y-BIN	BINNENWATER: Y-COORDINAAT BINNENWATER	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
155	XYZ	Z-BIN	BINNENWATER: Z-WATERSTAND BINNENWATER	Waterstand op 1 cm nauwkeurig	NAP m	06-GPS of continu	06-GPS
160	XYZ	X-TEEN	TEEN: X-COORDINAAT AANVANG TEEN	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
165	XYZ	Y-TEEN	TEEN: Y-COORDINAAT BUITENWATER	Locatie op 5 cm nauwkeurig	RD m		06-GPS
170	XYZ	Z-TEEN	TEEN: Z-HOOGTE	Hoogte maaiveld op 1 cm nauwkeurig	NAP m		06-GPS
175	BINNENWATER	BIN_V	BINNENWATER: WATERLOOP STROOMSNELHEID	Stroomsnelheid binnenwater (sloot), stil, langzaam, snel	stil, langzaam, snel		omschrijven
180	BINNENWATER	BIN_STR	BINNENWATER: WATERLOOP BINNENDIJKS STROOMRICHTING	Stroomrichting binnenwater (sloot), N O Z W			kompas, kaart
185	GEBIED	FOTO-1	FOTO 1	Foto met van de locatie incl. directe omgeving, vastlegging van datum, locatie, gps			Digitale camera of dijkwachtapp
190	GEBIED	FOTO-2	FOTO 2	Foto met van de locatie incl. directe omgeving, vastlegging van datum en locatie			Digitale camera of dijkwachtapp
195	GEBIED	MEER_WEL	GEBIED: ZIJN ER IN DE DIRECTE OMGEVING MEER LOCATIES VAN UITTREDEND WATER?	ja / nee	JA / NEE		waarnemen en invullen
200	GEBIED	B_GEBIED	GEBIED: BEEDTE VAN HET GEBIED	in meters	m		06-GPS, meetlint, digitaal waterpasinstrument
205	GEBIED	L_GEBIED	GEBIED: LENGTE VAN HET GEBIED	in meters	m		06-GPS, meetlint, digitaal waterpasinstrument
210	WEL	W_AF_K1	WEL: INSCHATTING AFSTAND TOT TEEN WATERKERING	Afstand van de wel vanaf teen in meten of berekenen [m]	m		inschatting
215	WEL	W_AF_K2	WEL: AFSTAND TOT TEEN WATERKERING	Afstand van de wel vanaf teen in meten of berekenen [m]			06-GPS, meetlint, digitaal waterpasinstrument
220	WEL	W_L_D	WEL: LOCATIE TOV DIJK	Ligging wel in: voorland, achterland, watergang, wiel, etc.			invullen, zie plaatje schade formulier
225	WEL	W_L_BU	WEL: POSITIE WEL IN DE WATERLOOP	Ligging wel in sloot: in teen, midden in slootbodemp, langs beschoeiing e.d.			beschrijven
230	WEL	W_VORM	WEL: VORM STROOMKANAAL	recht of taps toe/aflopend			beschrijven
235	WEL	W_DIA	WEL: DIAMETER STROOMKANAAL	m	m		inmeten
240	WEL	W_DEB_1	WEL: TREEDT ER VEEL OF WEINIG WATER	Keuze: weinig of veel			inschatten

BUREAU ONTWERPEN DEBIETMETERS WELLEN

Bij een debietmeting is een debietmeter (meetinstrument) nodig om de waterstroom te meten. Daarnaast moet de debietmeter ook worden aangesloten op de wel. Vooral bij de insteek van een sloot kan dit lastig zijn. Veel opstellingen leiden tot een (lichte) verstoring van de wel en het debiet waardoor afwijkende waarden worden gemeten. Het inbrengen van buizen of slangen kan een ongewenste beschadiging van de wel geven. Met de metingen dient nog ervaring op te worden gedaan waarna de meting geoptimaliseerd kan worden. De veldploeg dient per locatie in overleg met de beheerder een keuze te maken uit het systeem. In deze bijlage staan een aantal opties van debietmetingen genoemd. De meest opstellingen zijn globaal beschreven. De octave debietmeter is verder uitgewerkt.

Noodmaatregelen zullen verstorend werken op het debiet. Bij het treffen van noodmaatregelen zijn metingen van nieuwe waterstanden ook zinvol.

Opties debietmeter

- A. Octave debietmeter (nauwkeurig, continumeting met registratie)
- B. Gardena literteller (eenvoudig en relatief goedkoop)
- C. Clamp on systemen (kan ook onder water)
- D. Buis met gaten
- E. V-stuw
- F. Bak
- G. Duiker met zandzakken afsluiten, buis met clamp on systeem
- H. Zak

Aansluiting meetinstrument op wel

- I. Ophogen met zandzakken
- J. Plaat of bak met een aansluiting over de wel
- K. Buis over de wel
- L. Opblaasbare waterbalg met buis in de wel

Debietmetingen duikers sloten

- M. Doppler systemen
- N. Afsluiten met zandzakken
- O. Afsluiten met een ballongafsluiter.

Stroomsnelheid

Gezocht is nog naar een instrument waarbij alleen de stroomsnelheid in de wel wordt gemeten. Hierbij wordt gedacht aan:

- P. Buis met een clamp on systeem
- Q. AquaVector waarbij de kop gedraaid moet worden
- R. Seba Borehole flowmeter (maar dan in kleinere diameters)
- S. Elektromagnetisch Flo-Tote
- T. Doppler, bijvoorbeeld de Beluga
- U. Mini stroomsnelheidsmeter

Een aantal meetinstrumenten kunnen door handige veldwerkers zelf worden gemaakt. Bij meetinstrumenten met doppler systemen en clamp on sensoren wordt aangeraden om Eijkelkamp te betrekken. Bij Eijkelkamp kunnen ook instrumenten gehuurd worden. Met Eijkelkamp is overleg gevoerd over een aantal meetinstrumenten. Over de Octave debietmeter is contact geweest met de groothandel en een lokale leverancier.

De in dit document beschreven debietmeters zijn bureauontwerpen. De ontwerpen daar waar mogelijk geoptimaliseerd te worden, gemaakt te worden en in het veld getest te worden.

Ervaring veldmeting januari 2018

Dit hebben we binnen het POV project uitgeprobeerd, hierbij waren er een aantal issues:

- Door het indrukken van een buis in de bodem, verstoor je de deklaag (je snijd hem open), als je deze verwijderd, wordt de diameter je buis vrij gemakkelijk de nieuwe diameter van je wel
- Door het opzetten van het peil in de wel ontstond een nieuwe wel naast de ring
- Een behoorlijk aantal wellen zitten niet in het midden van een sloot, maar in de hoek van het talud. Hier kun je nauwelijks een ronde buis indrukken

Daarom hebben wij in ons onderzoek uiteindelijk gekozen voor een afdamming van de watergang met een tijdelijke duiker op de bodem van de sloot, zodat er geen beïnvloeding van de deklaag plaatsvindt.

m.i. krijg je dus 2 gebieden:

1. dikke deklaag: hierbij kun je makkelijk iets een beetje in de deklaag drukken, waarbij je met schroefgaten of met een v-stuw het debiet bepaalt. Lastige is echter dat het debiet zeer sterk varieert tussen verschillende plaatsen (zie bijvoorbeeld de metingen in Lingewaal versus Doornenburg tijdens het hoogwater van 2018)
2. dunne deklaag: hierbij moet je m.i. kiezen voor de afdamming. Hierbij zijn er 2 opties:
 1. Meet met elektromagnetische sensor of met een doplar sensor de diepte en stroomsnelheid van het water in de nabijgelegen duiker. Ja dit is een combinatie van kwel en wel water, maar hiermee heb je in ieder geval een orde grootte
 2. Met zandzakken wordt de sloot afgedicht zowel bovenstrooms als benedenstrooms. Vervolgens wordt er aan de benedenstroomse zijde een v-stuw geplaatst, waar het debiet wordt gemeten. Opnieuw, hier zitten haken en ogen aan, want je verhoogd de waterdruk, dus je onderschat het werkelijke debiet, maar opnieuw, je hebt dus een onderschatte waarde van het debiet

Voorbeelden van wellen 2018



A Octave Watermeter (kunststof) DN40

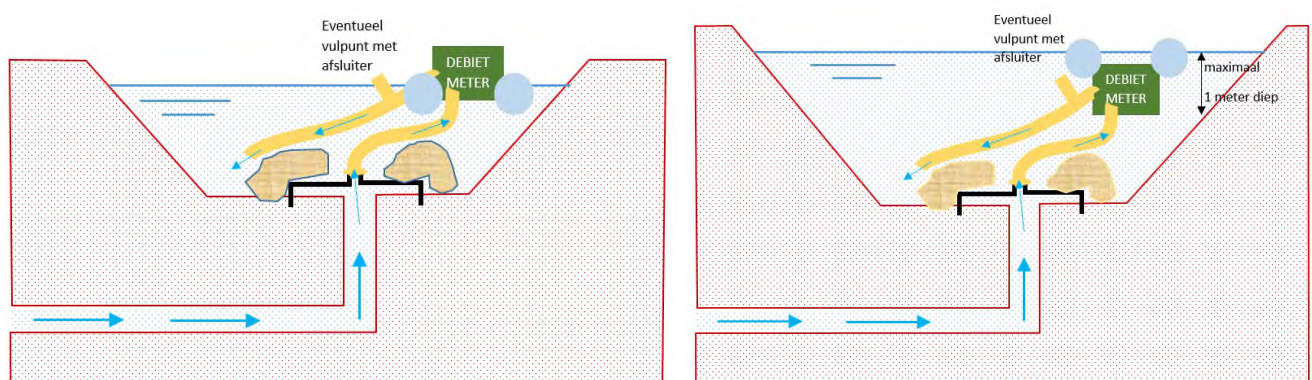
Octave Watermeter heeft een kunststof body. Deze is lekker licht en mobiel, erg resistent tegen chemicaliën en zand en de 1,5" (DN40) heeft een perfect bereik van Q_{min} van 1,5 l/min tot Q_{max} 830 l/min. De behuizing van de Octave is IP68x en mag tot 1 meter onder water worden geplaatst. Je kunt evt. met een optionele output module (puls of analoog) de telling met een computer uitlezen.

De Octave is een ultrasone watermeter die middels geluidsgolven de flow meet, hierdoor heeft de meter geen bewegende delen en een volledige doorgangsoopening en is daarmee ongevoelig voor vervuiling.

<http://www.revaho.nl/producten-en-diensten/watermeters/octave-watermeter-kunststof/>

Debietmeter:	Octave Watermeter (kunststof) DN40 professioneel, 1,5 l/ minuut tot 830 l/ minuut, later uitlezen met een speciale unit mogelijk, kan tot 1 meter onder water worden geplaatst.
Locatie wel:	sloot en maaiveld
Debietmeter:	Octave Watermeter (kunststof) DN40
Principe:	communicerende vaten
Drijver:	Debietmeter op of onder een drijver plaatsen => bv constructie met twee gesloten pvc-buizen
Aansluiting wel:	platen, bakken, balg, eventueel verzwaren met zandzakken
Kritiek punt:	Afsluiting bij bodem. Ontwerp slangen mogelijk te zwaar. Dan voor een kleinere diameter slang kiezen.
Data	De debietmeter kan data opslaan. Een uitleesunit is apart beschikbaar. Debietmeter + uitleesunit is ca. € 1000,-.

Er is gekeken naar een ontwerp en of materialen en aansluitingen bij bouwmarkten en techniekwinkels beschikbaar zijn. De materialenlijst is beschikbaar maar niet opgenomen. Samenstelling van materialen kan geoptimaliseerd worden.



Werkwijze

pvc kuip	bouwemmer, speciekuip, afzagen met 15 cm rand, in de bodem van de emmer een 39-40 mm gat born, of rvs platen laten maken met een aantal randen onder de plaat
pvc kuip	bevestigen 1,5 inch pvc doorvoer, met schroefdraad boven en onder de bodem kuip
pvc doorvoer	2x slangtule, schroefdraad 1,5 inch, verloop naar 1,5 inch mm slang
persslang	persslang 1,5 inch met slangklemmen bevestigen tussen kuip en debietmeter, (bij voorkeur doorzichtig zodat je de vulling ziet)
persslang	Eventueel ook een stuk persslang de wel in brengen
debietmeter	persslang aansluiten op de debietmeter, de debietmeter eventueel onder water plaatsen
persslang	vanaf de debietmeter een slang naar welniveau
bouwemmer	ingraven over de wel, afdichten en verzwaren met kleizakken
aanvang	slangen vullen of het geheel onder water houden. (Debietmeter kan onder water)
drijver	debietmeter op of net onder slootniveau plaatsen aan een drijver

B Gardena Watermeter

Debietmeter: voor een laag debiet
 Locatie wel: maaiveld
 Debietmeter: Gardena literteller ((hobby)apparatuur voor privétuinen) – nauwkeurigheid
 onbekend
 Principe: communicerende vaten

Gardena Watermeter
 Artikelnummer: GFD0190240000



Dezelfde opstelling als bij de Octave (A). Dan met lichter materialen.

Werkwijze

bouwemmer	bouwemmer of speciekuip, afzagen met 15 cm rand, in de bodem van de emmer een 26-29 mm gat boren
bouwemmer	bevestigen 1 inch pvc doorvoer, met schroefdraad boven en onder de emmer
pvc doorvoer	2x slangtule, schroefdraad 1 inch, verloop naar 20-22 mm slang (3/4 inch)
persslang	persslang 3/4 inch met slangklemmen bevestigen. Eventueel ook een stuk persslang de wel in brengen (bij voorkeur doorzichtig zodat je de vulling ziet)
literteller	persslang aansluiten op de literteller
persslang	vanaf de literteller een slang naar beneden welniveau
bouwemmer	ingraven over de wel, afdichten en verzwaren met kleizakken
aanvang	eventueel water aanzuigen met een pomp of slang vullen
Kritiek punt:	afsluiting bij bodem, afsluiting bij hoek talud sloten => je kan toch altijd een buis inbrengen en met kleizakken. Pvc folie afdichten? Nauwkeurigheid en robuustheid bij grondwater onbekend.

C Clamp on systemen

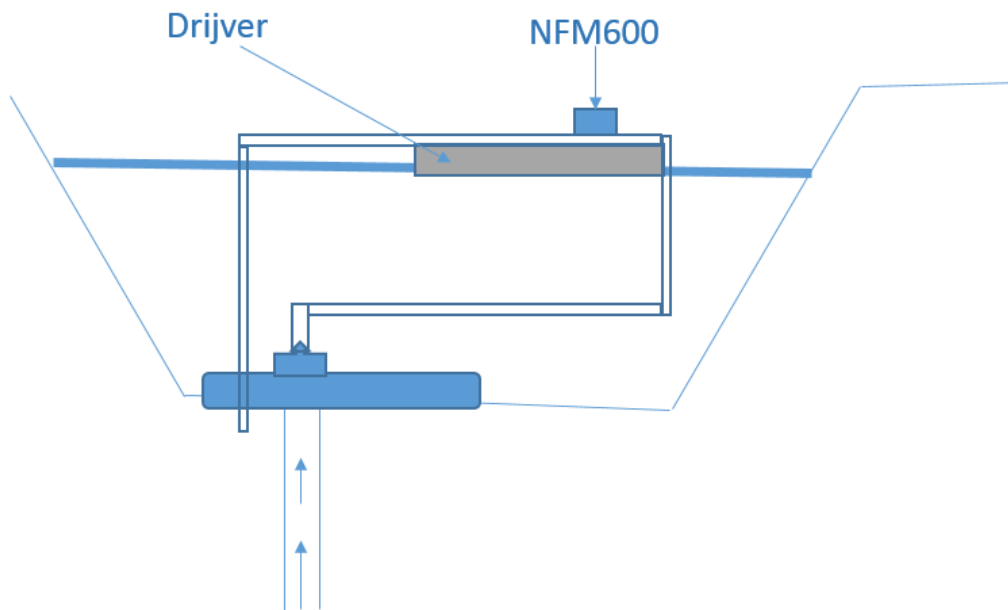
Debietmeter: clamp on systemen op een buis

Locatie wel: maaiveld en sloot

Debietmeter: Clamp on kan op een buis worden aangebracht. De buis kan in wel worden gebracht of op de wel worden aangesloten.

Kritiek punt: Door verandering in stijghoogte wordt de druk en het debiet anders

Ontwerp Eijkelkamp:

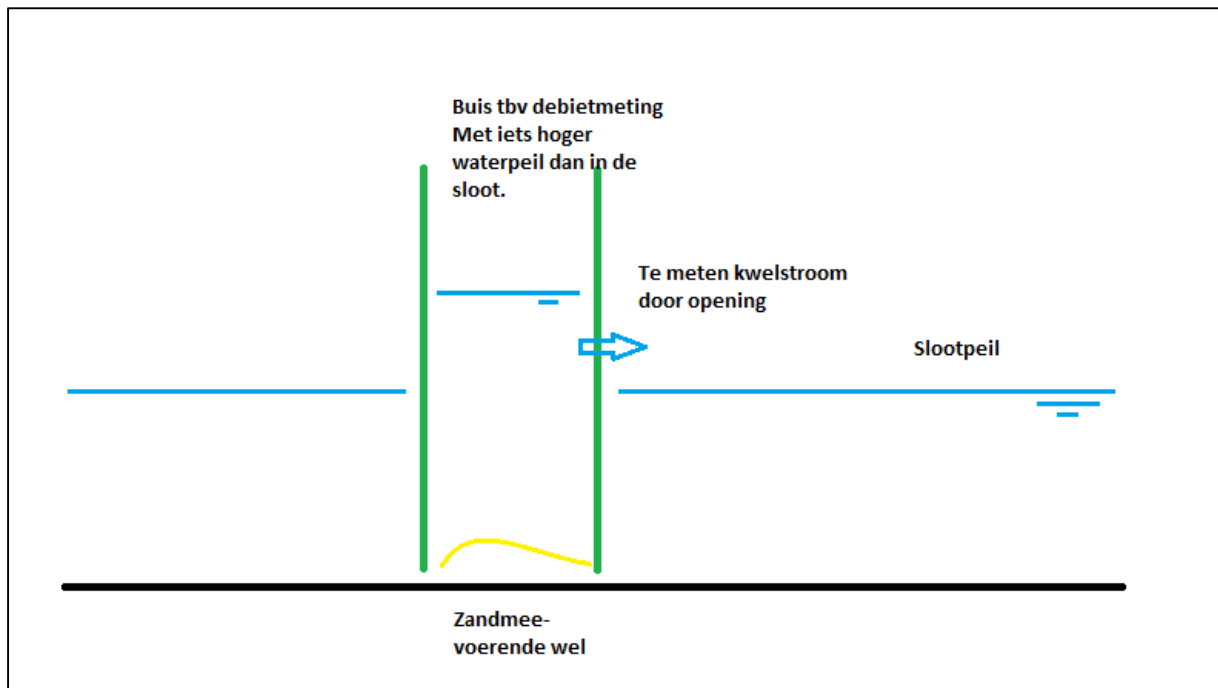


D Debietmeter met buis en gaten

Debietmeter: Buis met gaten
 Locatie wel: sloot
 Debietmeter: Opvangen, debietmeter of literteller.
 Kritiek punt: Door verandering in stijghoogte wordt de druk en het debiet anders, eventueel uitbreiden met een opvangbak die je onder water drukt.

Ontwerp

- Een ronde stalen buis, met een diameter van 0,5 m, hoogte 1,0 m (moet wel te tillen zijn). eventueel modulair, zodat je meerdere delen van 1,0 m kunt stapelen.
- Deze plaats je in de zandlaag recht boven de wel.
- In de buis maak je om de 5 cm een gaatje.
 Deze gaatjes kun je open en dicht maken. (als ze klein zijn kan dit door er een moer op te lassen en een bout erdoorheen te draaien. Die kun je er dan ook weer uithalen om een gaatje te openen.).
- Je laat het water in de buis iets hoger stijgen dan de omgeving (ca. 0,1 m). Daarna haal je er een boutje uit. En dan meet je hoeveel water er uitstroomt. Dit kan vast met een emmer, of een formule.



E Meetgoot

Debietmeter: meetgoot
 Locatie wel: sloot
 Debietmeter:
 Kritiek punt: opstuwung, debiet wordt niet direct op de wel gemeten maar indirect

De RBC-meetgoten worden gebruikt voor het meten van de hoeveelheid water dat door bijvoorbeeld een irrigatiekanaal stroomt. In vergelijking met bekende meetgoten, zoals de WSC- en de Parshall- meetgoot, is de RBC-meetgoot de meest nauwkeurige. De RBC-meetgoot is speciaal ontwikkeld voor gebruik in kleine waterlopen of kanaaltjes (irrigatiekanalen, aan- en afvoerkanaaltjes, bouwvoren, sloten en dergelijke). Met de RBC-meetgoot heeft u de beschikking over een eenvoudig en betrouwbaar instrument voor het meten van de hoeveelheid irrigatiewater die naar een veld stroomt. In het standaardprogramma zijn meetgoten met diverse meetbereiken opgenomen, variërend van 0,1-8,7 l/sec. tot 2,0-145 l/sec. Op speciale bestelling zijn ook grotere meetbereiken mogelijk. Voor correcte meetresultaten is het noodzakelijk er bij plaatsing van de meetgoot op te letten dat het water ongehinderd uit de meetgoot kan stromen. Na het horizontaal plaatsen van de meetgoot kan de meting beginnen door het aflezen van de mate van waterstuw bij de drempel. De mate van waterstuw kan worden afgelezen in de meetbuis aan het einde van de meetgoot. Met behulp van standaard formules wordt met het meetresultaat de doorstroomhoeveelheid (het debiet) berekend.



F Bak

Debietmeter: Bak

Locatie wel: sloot

Debietmeter:

Kritiek punt: Bij een hoog slootwaterpeil is een hoge bak nodig. Afvoer dient precies op waterniveau te zijn anders krijgen we een andere druk.

Opties: Variant kan gecombineerd worden met voorgaande varianten.

Niet uitgewerkt

De linker bak zet je over de wel. Het water kan uit deze bak stromen via de slang aan de zijkant.

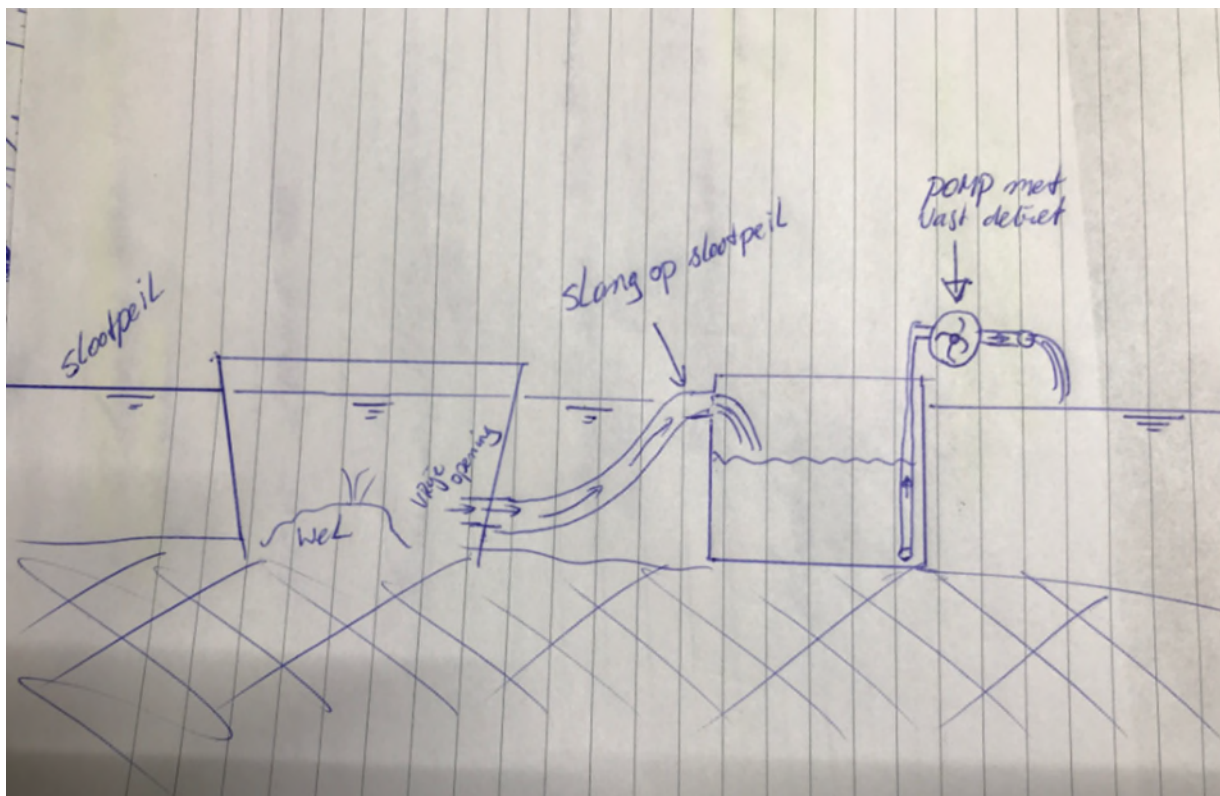
Wanneer deze slang op slootpeil wordt gehouden behoudt de 1^e bak hetzelfde waterpeil als in de sloot. De uitstroom wordt dan dus niet beïnvloed door verhoging of verlaging van de tegendruk (uitstroomopening moet dan wel groot genoeg zijn om weerstanden minimaal te houden).

Het water stroomt dan naar een 2^e bak. Het peil in deze bak beïnvloed niet de uitstroom van de wel.

Wanneer je deze bak van tevoren half vult (helemaal vol kan ook, hangt af van de capaciteit van de pomp). Je zet de pomp (met een bekend debiet) aan voor een tijdsperiode (gemakshalve 1 minuut).

Stel het debiet van de pomp is 20L/min, en voor het pompen zit er 40 liter in de rechtertank, en na 1 minuut nog maar 25. Dan weet je dat er in 1 minuut 5 liter uit de wel is gekomen.

Het idee moet beproefd worden.



G. Duiker met zandzakken afsluiten, buis met clamp on systeem

- Debietmeter: doppler systeem, bij voorkeur een doppler systeem kiezen die onder water kan en ook verticaal kan meten
- PVC-buis: dopplersysteem aanbrengen op een bekende diameter pvc buis, buis volledig vullen
- PVC-buis: plaatsen tussen zandzakken inbrengen.
- PVC-buis: plaatsen in een ballonafsluiter of kleine binnenband
- Kritiek punt: bij zandzakken of een balg wordt de sloot opgestuwd. Bij voorkeur wordt direct op de wel gemeten.



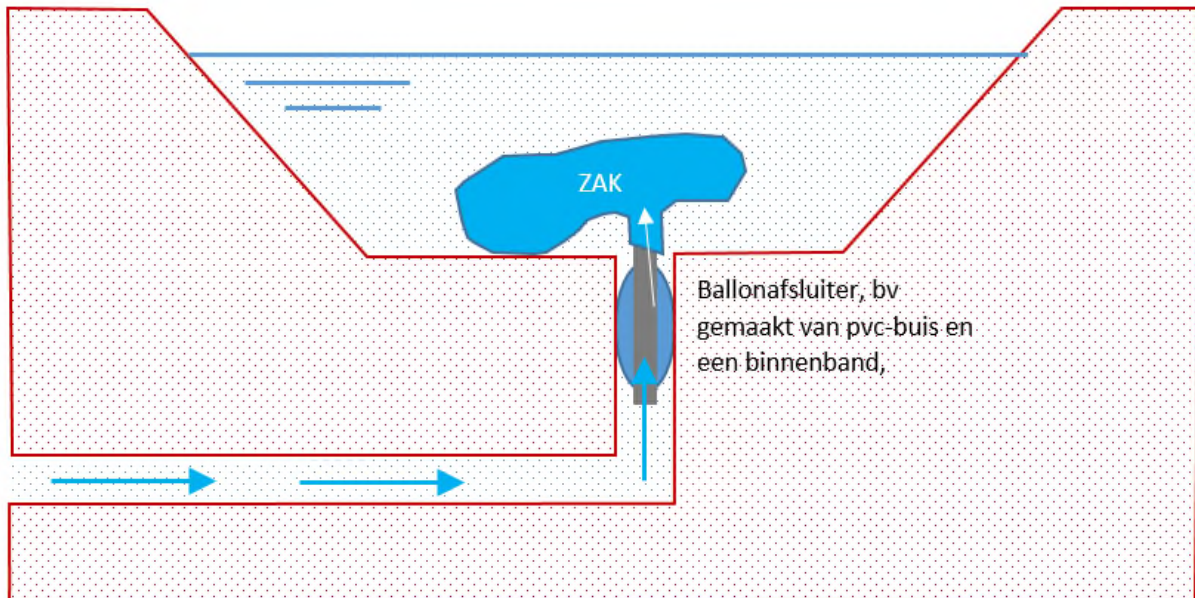
Duikers en leidingen afsluiten met een ballonafsluiter of kleine buis met een binnenband



H. Zak

Debietmeter: zak
Locatie: Sloot

Waterdichte zak aansluiten op een wel met een ring of buis. Gedurende een vastgestelde tijd water in de zak later stromen. Zak leeggieten in een emmer met maateenheid. Aantal liters per minuut berekenen.



Aansluiting meetinstrument op wel

I. Ophogen met zandzakken



J. Plaat of bak met een aansluiting over de wel

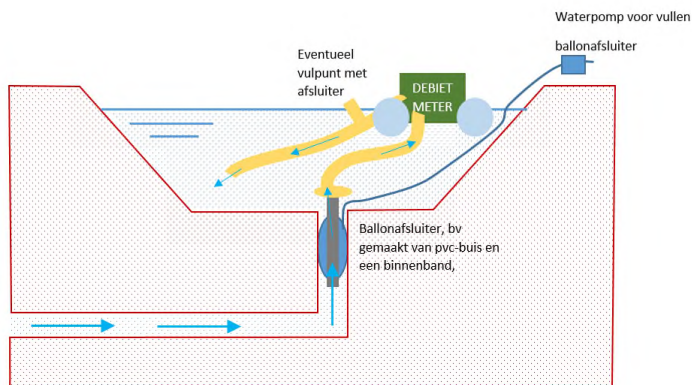
Zie uitwerking bij A, Octave.

K. Buis over de wel

Zie uitwerking D. Debietmeter met buis en gaten

L. Water gevulde ballonafsluiter met buis in de wel

Maken van een pvc-buis, fietsband, industriële lijm. Pomp en slangen.



Debietmetingen duikers sloten (zie eerder uitwerkingen)

- M. Doppler systemen**
- N. Afsluiten met zandzakken**
- O. Afsluiten met een ballonafsluiter**

Stroomsnelheid

Gezocht is nog naar een instrument waarbij alleen de stroomsnelheid in de wel wordt gemeten. Hierbij wordt gedacht aan:

- P. Buis met een clamp on systeem**



- Q. AquaVector waarbij de kop gedraaid moet worden**
- R. Seba Borehole flowmeter (maar dan in kleinere diameters)**



S. Elektromagnetisch Flo-Tote

Snelheid electromagnetisch meten, waarbij direct ook het waterniveau wordt gemeten, bijvoorbeeld de Flo-Tote
Elektromagnetisch Flo-Tote

- 1 De Flo-Tote is een apparaat dat op basis van elektromagnetische velden en een peilregistratie en het profiel waardoor het water stroomt het debiet bepaalt. Hiermee kunnen naast momentane opnamen ook reeksen worden gemeten die in een datalogger worden opgeslagen. Het systeem is toepasbaar in zowel open water (met beperkt nat oppervlak) als in geheel of gedeeltelijk gevulde buizen. Het profiel wordt van tevoren ingevoerd, het debiet wordt automatisch berekend en geregistreerd. Deze apparatuur kan worden ingezet op locaties waar een langere periode gemeten moet worden of bij ijkmetingen gedurende kortere perioden.

T. Doppler, bijvoorbeeld de Beluga

Stroomsnelheidsmeter met een doppler, bijvoorbeeld de **Beluga**, waarbij zowel debiet als water niveau wordt gemeten.

BELUGA

Open Channel Ultrasonic Digital Doppler Flow Meter Sensor

The BELUGA™ is the newest ultrasonic Doppler area/velocity flow meter sensor for open channel flow measurements from Flow-Tronic.

The BELUGA™ combines most advanced ultrasonic Doppler velocity sensing with most modern and powerful digital DSP processor technology resulting in more representative velocity data. This advanced architecture of the BELUGA™ provides users desiring in-depth analysis with:

- Real-time spectral analysis of the velocity distribution through the cross-sectional area
- Measurement validation through quality parameters
- Auto-diagnostic tools

Combine the BELUGA™ with an IFQ MONITOR for stationary flow monitoring or with an IFQ LOGGER for portable/temporary flow monitoring.



Portable Doppler Meter (PVM PD): NIVUS sensoren op basis van Cross Correlatie en looptijd zijn bedoeld voor (semi-) permanente meetopstelling. Door middel van een portable Doppler snelheidsmeter kan eenvoudig de stroomsnelheid worden gemonitord. De stroomsnelheid is direct af te lezen in de bijbehorende unit. Voor het bepalen van de afvoer zal op meerdere meetpunten (breedte, hoogte) gemeten moeten worden, want de grootte van de snelheidsmeting is sterk afhankelijk van de positie waar gemeten wordt.

U. Mini stroomsnelheidsmeter



V. Duiker met zandzakken afsluiten, buis met clamp on systeem



is onderdeel van het
Hoogwaterbeschermingsprogramma

Dokter van Thienenweg 1,
8025 AL Zwolle
Postbus 60,
8000 AB Zwolle
Tel. 038 455 72 00
Fax. 038 453 01 11

Bestandsnaam

181128_POV Piping_Landelijk monitoringsplan zandmeevoerende wellen_C01.docx