

HANDBOEK METEN VAN GRONDWATERSTANDEN IN PEILBUIZEN



RAPPORT

2012
50



HANDBOEK METEN VAN GRONDWATERSTANDEN
IN PEILBUIZEN

RAPPORT

2012

50

ISBN 978.90.5773.595.0



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

Amersfoort, december 2012

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Gert van den Houten (voorzitter, Waterschap Rijn en IJssel)
Jeroen Willemsen (Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard)
Ate Oosterhof (Vitens)
Jiska Waaijenberg (Waterschap Regge en Dinkel)
Tom Grobbe (Waterschap Velt en Vecht)
Francis de Graaf (Waterschap Groot Salland)
Toon Basten (Waterschap Peel en Maasvallei)
Durk Klopstra (STOWA)

AUTEURS Johan Bouma (Wareco)
 Marcel Maasbommel (Wareco)
 Inge Schuurman (Wareco)

WIJ DANKEN VELE PERSONEN, WERKZAAM BIJ DIVERSE ORGANISATIES, VOOR HUN BIJDRAGE AAN HET HANDBOEK
Een uitgebreide lijst is opgenomen in bijlage 7

PREPRESS/
DRUK Van de Garde | Jémé, Eindhoven

STOWA STOWA 2012-50
ISBN 978.90.5773.595.0

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

HANDBOEK METEN VAN GRONDWATERSTANDEN IN PEILBUIZEN

INHOUD

1	ALGEMEEN	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Totstandkoming handboek	1
1.3	Verantwoording van geraadpleegde bronnen	1
1.4	Inhoud handboek	2
2	VOORTRAJECT	4
2.1	Peilbuizen en meetpunten	4
2.2	Meetnetten en toepassingsmogelijkheden	5
2.3	Meetnetontwerp	6
2.4	Locatiekeuze	7
	2.4.1 Aandachtspunten bij locatiekeuze in het veld	7
2.5	Juridische aspecten	10
2.6	Aantal filters, filterstelling en filterlengte	10
2.7	Aanbesteding	12
3	INRICHTEN PEILBUIZEN	13
3.1	NEN-normen	13
3.2	Boormethoden	13
3.3	Boorbeschrijving	15
3.4	Filtermateriaal en diameter	15
3.5	Filteromstorting en filterkous	16

3.6	Afdichting	17
3.7	Schoonpompen	18
3.8	Afwerking peilbuizen: straatpot of schutkoker	18
3.9	Terugvindbaarheid	21
3.10	Bepaling locatie en peilbuis-/maaiveldhoogte	22
	3.10.1 X- en Y-coördinaten	22
	3.10.2 Inmeten hoogte met waterpassing of GPS	22
3.11	Peilbuizen in veen	23
3.12	Eisen ten aanzien van waterkwaliteitsmetingen	24
3.13	Registratie en naamgeving	24
	3.13.1 BRO	24
	3.13.2 Naamgeving meetpunt	25
3.14	Rapportage basisgegevens	25
4	MONITORING	26
4.1	Meetfrequentie	26
4.2	Meetmethoden	28
	4.2.1 Handmatige peiling	28
	4.2.2 Drukopnemers	30
	4.2.3 Akoestisch	
4.3	Meetbereik en nauwkeurigheid	34
4.4	Telemetrie	36
4.5	Handmatige controlemetingen en uitlezingen in het veld	38
4.6	Het meten van artesisch grondwater en peilbuizen die onder water staan	39
4.7	Verwerking en validatie	40
5	ONDERHOUD	41
5.1	Registreren bijzonderheden in het veld	41
5.2	Klein, regulier onderhoud	41
5.3	Herstelwerkzaamheden	42
5.4	Groot onderhoud	42
5.5	Opheffen van peilbuizen	43
6	ADMINISTRATIE EN GEGEVENSVERWERKING	44
6.1	Inleiding	44
6.2	Basisinformatie peilbuis	44
6.3	Informatie delen/BRO	47
	LITERATUURLIJST	48
	BIJLAGEN	
1	Begrippenlijst	50
2	Checklists: uitvoeringsaspecten aanleg en exploitatie	52
3	Kosten meetnet/eenheidsprijzen	58
4	Voorbeelden peilbuisblad met peilbuiskenmerken	59
5	Boormethoden	61
6	Informatie betreffende dataloggers	65
7	Betrokkenen bij opstellen handboek	72
8	Aanbevelingen	74

1

ALGEMEEN

1.1 INLEIDING

In heel Nederland worden op grote schaal en met uiteenlopende meetdoelen grondwaterstandmetingen verricht. Vanuit de waterschappen bleek er behoefte te zijn aan praktische richtlijnen voor het goed meten van met name freatisch grondwater. Op initiatief van het Platform Monitoring is daarom onder de vlag van de Stowa dit handboek voor de monitoring van grondwaterstanden op landelijk niveau ontwikkeld.

Het doel van het handboek is een praktische en laagdrempelige kennisbron te zijn voor alle ontwerpers en beheerders van grondwatermeetnetten in Nederland. Het hogere doel is een kwaliteitsverbetering van grondwaterstandmonitoring in het algemeen.

In het handboek worden praktische onderwerpen behandeld zoals de bodemlaag waarin een filter aangebracht wordt en de minimale afstand die benodigd is tussen een peilbuis en een sloot of drainage. Daarnaast wordt ingegaan op de voor- en nadelen van verschillende meetmethodes en verschillende typen automatische meetapparatuur. In dit handboek wordt verwezen naar enkele NEN normen die van toepassing zijn op het plaatsen van een peilbuis.

1.2 TOTSTANDKOMING HANDBOEK

Het opstellen van het handboek is uitgevoerd onder leiding van een begeleidingscommissie. Aan 60 organisaties is gevraagd input te leveren in de vorm van documenten en richtlijnen voor het monitoren van grondwaterstanden. De aanwezige kennis van waterschappen, provincies, waterleidingbedrijven, gemeenten, Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer, producenten van meetapparatuur, TNO en van Wareco is daardoor zeer bepalend geweest voor de inhoud van dit handboek. Discussiepunten die voortkwamen uit de ontvangen documenten zijn tijdens drie workshops besproken. De deelnemers aan de workshops hebben bovendien persoonlijke opmerkingen, suggesties, kennis en ervaring met betrekking tot het monitoren van grondwaterstanden met elkaar gedeeld. De uitkomsten van de workshops zijn in het handboek verwerkt. In [bijlage 7](#) is een lijst opgenomen met alle instanties die een bijdrage hebben geleverd.

1.3 VERANTWOORDING VAN GERAADPLEEGDE BRONNEN

Literatuurverwijzingen zijn opgenomen in de tekst en achterin het handboek in de literatuurlijst. Voor de bijdragen van KWR en TNO zijn hieronder de specifieke verwijzingen opgenomen. Daarnaast zijn er in hoofdstuk 4 teksten gebruikt uit de Validatie procedure (bron: Vitens (2012)).

De volgende teksten en figuren zijn afkomstig uit Leunk, I. e.a., Kennisdocument Putten(velden), Ontwerp, aanleg en exploitatie van pomp- en waarnemingsputten, rapport KWR 2011.014, KWR Nieuwegein, december 2011:

- Tabel 3.1 en tabel 3.2 betreffende de boormethoden
- De eerste alinea onder het kopje materiaal in paragraaf 3.4
- De eerste alinea van paragraaf 3.6
- Het tweede deel van de alinea onder het kopje afsluiting peilbuis in paragraaf 3.8
- Figuur 3.5
- Figuur 4.4
- Tekst in bijlage 5 (Boormethoden)

De bijdrage van TNO aan dit handboek beperkt zich tot tekstuele suggesties van de onderdelen: 3.3, 3.13, 6.2 en 6.3. De overige gedeelten van het document zijn door TNO niet beoordeeld.

1.4 INHOUD HANDBOEK

- Het handboek beslaat monitoring van zowel diepe als ondiepe grondwaterstanden. De nadruk ligt op het meten van freatische grondwaterstanden. Hierbij komen de volgende aspecten aan bod: locatiekeuze, ontwerp en installatie van de peilbuis, opstellen boorbeschrijving, onderhoud van meetlocatie, meetmethoden, meetapparatuur (inclusief data-opslag en -verzending), controle en validatie in het veld en dataverwerking (o.a. luchtdrukcorrectie e.d.) waaronder data-aanlevering aan BRO
- Het handboek biedt een objectieve beschrijving van beschikbare technieken en methoden, met de bijbehorende plus- en minpunten
- Het handboek is gericht op ontwerpers en beheerders van grondwatermeetnetten in Nederland (waterschappen, gemeenten, waterleidingmaatschappijen, adviesbureaus, natuurorganisaties)
- Het handboek bevat praktische checklists als bijlage, waarin de keuzeopties worden benoemd die de meetnetbeheerder heeft binnen het monitoringsproces en waarin onderwerpen worden opgesomd die relevant zijn voor een Programma van Eisen voor uitbesteding van de aanleg en het onderhoud van een grondwatermeetnet
- Het handboek bevat eenheidsprijzen die een indicatie geven van de kosten van installatie en onderhoud van een grondwatermeetnet
- Het handboek bevat een toelichting op de benodigde meetnauwkeurigheden en meetfrequenties in relatie tot verschillende meetdoelen
- Het handboek beschrijft welke eisen waterkwaliteitsmetingen in peilbuizen stellen aan de meetopstelling
- Het handboek is zowel gericht op monitoring in landelijk als in stedelijk gebied

Onderwerpen die in dit handboek niet of summier aan bod komen zijn:

- Het meten van freatische grondwaterstanden in open boorgaten en door middel van veldschattingen. Hiervoor wordt verwezen naar *Metten en interpreteren van grondwaterstanden* (Ritzema, H. e.a. (2012))
- Het ontwerpen van een meetnet (monitoringsplan). Hiervoor wordt verwezen naar *Sampling for Natural Resource Monitoring* (De Grijter e.a. (2006)) en naar Ritzema, H. e.a. (2012). In paragraaf 2.3 wordt kort ingegaan op belangrijke aspecten bij het opstellen van een meetnetontwerp

2

VOORTRAJECT

2.1 PEILBUIZEN EN MEETPUNTEN

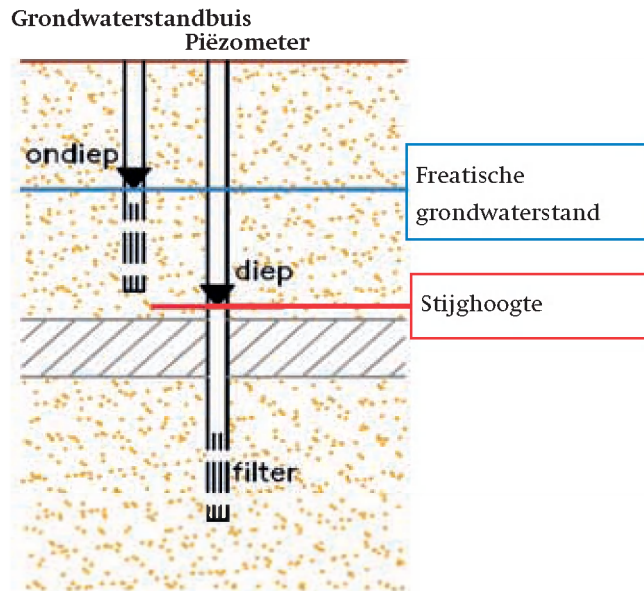
Een grondwatermeetnet bestaat uit verschillende meetpunten, die op hun beurt één of meerdere peilbuizen kunnen bevatten. Een peilbuis is een deels geperforeerde buis waarin de grondwaterstand of stijghoogte kan worden gemeten. Er zijn verschillende soorten peilbuizen:

- Grondwaterstandbuizen: Dit zijn ondiepe peilbuizen die een stijghoogte meten die weinig van de freatische grondwaterstand afwijkt.
- Piëzometers: Dit zijn peilbuizen die de stijghoogte meten in diepere bodemlagen

In dit handboek wordt voor de leesbaarheid de algemene term “peilbuis” gebruikt.

Een meetpunt is de locatie waar grondwaterstanden en/of stijghoogten worden gemeten. Als een meetpunt uit meerdere peilbuizen bestaat, hebben deze peilbuizen filterstellingen op verschillende dieptes.

FIGUUR 2.1 PEILBUIZEN MET FILTERS IN VERSCHILLENDE LAGEN



Een peilbuis wordt geplaatst voor het verzamelen van (geo)hydrologische en/of hydrochemische informatie en wordt daarom zodanig aangelegd dat na voltooiing:

- De werkelijke grondwaterstanden/stijghoogten kunnen worden gemeten en/of
- Inzicht in de grondwaterkwaliteit kan worden verkregen, en
- Gegevens over de lokale bodemopbouw beschikbaar zijn voor een juiste interpretatie van de meetgegevens

In de praktijk worden ook nogal eens grondwaterstandsmetingen verricht in 'niet-peilbuizen', zoals waterputten en brandputten. Het is af te raden deze 'niet-peilbuizen' te gebruiken voor grondwaterstandsmetingen, omdat de filters ervan zich meestal in meerdere watervoerende lagen bevinden of de buizen een diameter hebben die nauwkeurige metingen nadelig beïnvloedt. Dit handboek gaat niet in op 'misbruik' van dergelijke 'niet-peilbuizen' voor grondwaterstandsmetingen.

2.2 MEETNETTEN EN TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

Een peilbuis maakt over het algemeen deel uit van een meetnet. Een nieuw meetnet bestaat uit meerdere meetpunten en uit meerdere peilbuizen, en is ontworpen op basis van één of meerdere meetdoelen. Met één peilbuis kunnen verschillende doelen worden gecombineerd. Afhankelijk van het meetdoel wordt er voor korte tijd gemeten (projectmatig meetnet) of voor langere tijd (permanent of regulier meetnet). Ook kan er onderscheid worden gemaakt in lokale of juist regionale meetnetten. Meetnetten in stedelijk gebied kunnen andere meetdoelen hebben dan meetnetten in landelijk gebied. Hieronder worden enkele voorbeelden genoemd van meetdoelen:

Voorbeelden van meetdoelen van regionale meetnetten zijn:

- Het bepalen van de voorkomende grondwaterstanden (grondwaterregiem, grondwaterdynamiek of grondwatertrap)
- Het in beeld brengen van verdroging van natuurgebieden
- Het opstellen van een Gewenst Grond- en Oppervlaktewater Regime (GGOR)
- Het in beeld brengen van grondwaterstromen (richting) en –systemen (waterscheidingen)
- Het monitoren van de toename van (zoute) kwel/verziltingsbestrijding
- Het valideren en kalibreren van gebiedsdekkende (grondwater)modellen
- Het vaststellen van (trendmatige) veranderingen in de grondwaterkwaliteit en de grondwaterkwantiteit
- Het vastleggen van het effect van uitbreiding of verkleining van een grondwaterwinning
- Het inzicht krijgen in de bodemberging

Voorbeelden van meetdoelen van stedelijke meetnetten zijn:

- Het verzamelen van basisgegevens ten behoeve van diverse onderzoeken voor
- bijvoorbeeld drainageaanleg, rioolvervanging, bouwrijp maken, het inventariseren van mogelijkheden ten behoeve van afkoppelen en infiltreren, bodemsaneringen en bouwputbemalingen
- Het tijdig kunnen signaleren van (te) hoge grondwaterstanden, zodat vochtoverlast bij woningen of schade aan wegen kan worden voorkomen
- Het vroegtijdig kunnen signaleren van (te) lage grondwaterstanden, zodat bijvoorbeeld funderingsschade door droogstand kan worden voorkomen
- Het monitoren en beheren van drainagesystemen
- Het opsporen van lekkages van de riolering (rioolvreemd water)

Voorbeelden van meetdoelen van projectmatige meetnetten zijn:

- Vastleggen van de nulsituatie
- Vaststellen effect/evaluatie van projectmaatregelen: waaronder vernatting en verdroging
- Verlenen en bewaken van vergunningen
- Afhandeling van klachten

2.3 MEETNETONTWERP

Het ontwerpen van een grondwatermeetnet is maatwerk, waarbij de meetdoelen het vertrekpunt zijn. De meetdoelen zijn in het algemeen onder te verdelen naar:

- Toestandmonitoring (hoe is de toestand?)
- Effectmonitoring (is er een effect of trend te zien?)
- *Compliance*-monitoring (voldoet de toestand aan een bepaald norm?)

Toestand- en compliancemonitoring hebben als voordeel dat er geen eisen worden gesteld aan gegevens van voor de ingreep. Voor effectmonitoring is het nodig dat de nulsituatie goed bekend is en moet dus op tijd worden begonnen met de monitoring.

Hieronder worden enkele belangrijke ontwerpprincipes opgesomd:

Aanbevolen wordt om het meetnetontwerp (monitoringsplan) op te stellen volgens het ontwerpprincipe 'Begin aan het eind, en redeneer dan terug' (Bron: De Gruijter e.a. (2006)). Dit garandeert dat de gegevensverzameling is afgestemd op de gewenste informatie. Cruciaal is dat eerst nauwkeurig wordt beschreven:

- Voor welk gebied en welke periode informatie vereist is
- Wat de variabelen zijn waarover informatie vereist is (grondwaterstanden, stijghoogten, stijghoogteverschillen)
- Welke parameters moeten worden geschat (gemiddelden, maxima, GLG, etc.)
- Wat de doelgrootheden zijn (combinatie met het voorgaande: bijvoorbeeld de gemiddelde grondwaterstand in een bepaald gebied over een bepaalde periode)
- Wat voor type informatie gewenst is (schattingen voor (deel)gebieden, of voorspellingen voor locaties, classificatie, een toets aan een norm, etc.)
- Welke randvoorwaarden er zijn t.a.v. nauwkeurigheid, onzekerheid en kosten
- Welke praktische randvoorwaarden er zijn (beschikbaarheid van geschikte meetlocaties, bereikbaarheid, etc.)
- Welke hulp- en voorinformatie er beschikbaar is (reeks aanwezige peilbuizen/meetreeksen in BRO/Dinoloket van TNO, eerdere (model)studies, bodemkundige informatie, etc.)

Een praktisch aandachtspunt is dat de bodemopbouw als gevolg van bouwrijpmaken en bouwactiviteiten (kelders, tunnels, etc.) in stedelijk gebied verstoord is en daardoor heterogener is dan de van nature aanwezige bodemopbouw. Bij een complexere bodemopbouw is doorgaans een hogere dichtheid van peilbuizen benodigd.

Voor sommige meetdoelen is het belangrijk een goed beeld te krijgen van de ruimtelijke variatie in grondwaterstanden. In dat geval is het goedkoper om met een hoge dichtheid (boorgat-)opnamen te doen in plaats van de plaatsing van grote aantallen peilbuizen.

Voor meer informatie over opstellen van een meetnetontwerp (monitoringsplan) en voor het afleiden van gevalideerde metingen naar ruimte-tijd gemiddelden, grondwater GD/Gt/GxG-kaarten, beleidsevaluaties, etc. wordt verwezen naar *Sampling for Natural Resource Monitoring* (De Gruijter e.a. (2006)) en *Meten en interpreteren van grondwaterstanden* (Ritzema, H. e.a. (2012)) en voor een voorbeeld van de toepassing hiervan wordt verwezen naar Knotters, M. (2008).

2.4 LOCATIEKEUZE

In het meetnetontwerp wordt bepaald waar de peilbuizen geplaatst moeten worden. De uiteindelijke locatie wordt in het veld bepaald. Het uitgangspunt is dat de peilbuis op een veilige en beschermde plek wordt geplaatst. Afhankelijk van de meetdoelen zijn er daarnaast verschillende belangrijke aandachtspunten voor de locatiekeuze van de peilbuis om te voorkomen dat de peilbuis wordt geplaatst op een plek waar de grondwatersituatie flink afwijkt van de grondwatersituatie in de naaste omgeving. In deze paragraaf worden technisch-hydrologische aandachtspunten besproken. In paragraaf 2.5. komen enkele juridische aspecten bij de locatiekeuze aan bod.

2.4.1 AANDACHTSPUNTEN BIJ LOCATIEKEUZE IN HET VELD

Locatieselectie op basis van ruimtelijke variatie van grondwaterstanden

De lokale grondwatersituatie wordt beïnvloed door o.a. de aanwezigheid van watergangen, onttrekkingen, wegen, bomen en woningen. Sommige van deze beïnvloedingsfactoren hebben een zeer lokaal effect. Voor veel meetdoelen is het belangrijk om de peilbuizen buiten de invloedsfeer te plaatsen van deze lokale beïnvloedingen om ervoor te zorgen dat de grondsituatie gemeten in de peilbuis in redelijke mate overeenkomt met de grondsituatie in de omgeving. Plaats een peilbuis daarom niet te dicht bij dergelijke objecten, tenzij dit nodig is voor het meetdoel. Met name in stedelijk gebied is het vaak niet mogelijk peilbuizen buiten de invloedsfeer van verharding, wegcunetten of riolering te plaatsen. Hieronder wordt nader ingegaan op deze aandachtspunten.

Hoogteligging

Een peilbuis moet bij voorkeur op een hoogte liggen die overeenkomt met de hoogte van de omgeving in verband met de correcte presentatie van de waterstand ten opzichte van het maaiveld. Tevens is de hoogteligging van belang voor de kwaliteit van de waterstandmetingen, in het bijzonder wanneer een peilbuis in een glooiend landschap wordt geplaatst. Er is een verhoogde inundatiekans als de peilbuis in een lokale laagte wordt geplaatst. Oppervlakkige afstroming kan leiden tot de instroom van regenwater in de peilbuis waardoor de grondwaterstand niet meer gemeten wordt. Een peilbuis wordt daarom niet in kuilen of lokale hoogtes geplaatst.

Watergangen

Als de grondwaterstand te dicht bij een watergang wordt gemeten, is deze normaliter sterk afwijkend van de grondwaterstand op grotere afstand van de watergang. Een watergang kan draineren of juist infiltreren, waardoor de oppervlaktewaterstand de grondwaterstand beïnvloedt. De beïnvloeding neemt met de afstand tot de watergang sterk af. Daarom moet bij het plaatsen van een grondwaterpeilbuis altijd een minimale afstand worden aangehouden tot een watergang. De afstand waarop een watergang invloed uitoefent op de grondwaterstand, is afhankelijk van de drainerende invloed van de watergang, die wordt bepaald door de grootte van de watergang, de doorlatendheid van de bodem en hoogteligging. Een indicatie voor de minimaal benodigde afstand tussen een peilbuis en watergangen is:

- Rivier of kanaal: tenminste 100 meter
- (Hoofd)watergangen: tenminste 25 meter en waar mogelijk 50 meter
- Sloot of greppel: tenminste 10 meter en waar mogelijk 25 meter

Wanneer een peilbuis op de grens tussen twee volledig peilbeheerste peilgebieden wordt geplaatst is het onduidelijk wat wordt gemeten. Kies de locatie zo dat de metingen niet beïnvloed worden door een aangrenzend peilgebied, tenzij dat nodig is voor het meetdoel. In grootschalige hellende gebieden is dit van minder groot belang.

Grondwateronttrekking

Er wordt in zeer verschillende mate grondwater onttrokken. Drinkwatervoorzieningen onttrekken langjarig en met een groot debiet grondwater aan het systeem. Beregeningsinstallaties worden alleen ingezet tijdens droogte en zullen de grondwaterstand niet continu verlagen. Daarnaast kunnen industriële onttrekkingen en warmte/koude opslag van invloed zijn op de grondwaterstand en/of de stijghoogten. Een relatieve grondwaterstandverlaging groter dan 5 centimeter wordt aangemerkt als een beïnvloede grondwaterstand (Bron: Rijkswaterstaat (2010)). De afstand waarop kunstmatige grondwateronttrekkingen invloed hebben op de freatische grondwaterstand is sterk afhankelijk van de diepte van de grondwateronttrekking, het debiet van de onttrekking, de doorlatendheid van de bodem en de geologie van de ondergrond. Wanneer het meten van de grondwaterstandverlaging door onttrekking geen doel is, wordt aangeraden de invloedssfeer van de onttrekking te berekenen en de peilbuis buiten deze invloedssfeer te plaatsen.

Verharding

In een regionaal meetnet wordt een peilbuis bij voorkeur niet omringd door verharde oppervlakten, vanwege eventueel afstromend regenwater richting de peilbuis. Daarnaast mag bij de meetlocatie geen hemelwaterafvoer zijn (daken, stoep, etc.) die een meting kan beïnvloeden. Als vuistregel geldt dat een meetpunt op een afstand van minimaal 10 meter van bebouwing dient te worden geplaatst.

Verdamping

Grote bomen kunnen de grondwaterstand lokaal beïnvloeden. Uit de praktijk is gebleken dat bij grote bomen in het groeiseizoen tot op 15 meter afstand een dag-nachtcyclus in de grondwaterstanden te meten is. Aanbevolen wordt daarom een peilbuis minimaal 15 meter vanaf een boom te plaatsen.

FIGUUR 2.2 PEILBUIS (TE) DICHT OP BOOM GEPLAATST (BRON: GROBBE, T. WATERSCHAP VOLT EN VECHT).



Drainage en lokale aanvoer

Drainage heeft een sterke lokale invloed op met name de hoge grondwaterstanden waardoor de grondwaterstand in een gedraineerd perceel sterk afwijkt van die in een ongedraineerd perceel. Daarom wordt aanbevolen geen peilbuizen te plaatsen in gedraineerde (landbouw) percelen. Mocht dit onontkoombaar zijn, kan de peilbuis het beste midden tussen de drains worden geplaatst.

Langs bijvoorbeeld riolering of leidingen krijgt de bodem ter plaatse een drainerende werking (opvulling met zand), waardoor een peilbuis over lange afstand kan worden 'verbonden' met een watergang. Ook een wegcunet kan een drainerende werking hebben, evenals lekke rioleringen. Een peilbuis in een regionaal meetnet dient buiten dergelijke lokale verstoringen te worden geïnstalleerd.

Terugvindbaarheid

Door begroeiing kunnen peilbuizen in landelijk gebied lastig terug te vinden zijn. Een schutkoker is vaak eenvoudiger terug te vinden dan een straatpot (zie ook paragraaf 3.8). De terugvindbaarheid wordt vergroot door een hoog uitstekend herkenningspunt naast de peilbuis te plaatsen, al dan niet voorzien van een fluorescerende kleur. Peilbuizen die met GPS zijn ingemeten kunnen eenvoudig met een GPS-apparaat worden teruggevonden. Bij ondergronds afgewerkte meetpunten worden soms enkele kleine metalen voorwerpen (schroeven, bouten of iets dergelijks) in de straatpot achtergelaten, zodat het meetpunt ook met een metaaldetector kan worden opgespoord. In natuurgebieden, uiterwaarden, waterbergingsgebieden en landbouwgebieden zijn peilbuizen soms moeilijk bereikbaar vanwege drassige grond of periodieke inundatie.

Bereikbaarheid en veiligheid

Bij de locatiekeuze dient rekening te worden gehouden met fysieke bereikbaarheid, in het bijzonder in relatie tot de persoonlijke veiligheid van de veldmedewerker. Vermijd indien mogelijk drukke verkeerspunten. Een meetlocatie moet bij voorkeur toegankelijk zijn voor een personenauto zonder dat het doorgaand verkeer wordt belemmerd of andere gevaarlijke situaties wordt veroorzaakt. De positie van een peilbuis moet zodanig zijn dat het risico op aanrijding van een veldwerker te verwaarlozen is. Desnoods moeten extra veiligheidsvoorzieningen worden genomen. Voor de veiligheid staat een peilbuis bij voorkeur:

- Minimaal 2 meter uit de kant van de weg
- Niet in een bocht
- Niet midden in de straat

Verdere aandachtspunten zijn de eventuele aanwezigheid van vee, kans op verstoring van kwetsbare natuur (broedseizoen) en het periodiek onder water staan van natuurgebieden en uiterwaarden. Naarmate een meetpunt minder frequent hoeft te worden bezocht, is de fysieke bereikbaarheid van het meetpunt van minder groot belang. De slechte bereikbaarheid van een peilbuis kan een reden zijn voor installatie van automatische meetapparatuur.

Een algemeen aandachtspunt bij effectmonitoring van ingrepen is dat de locaties van de peilbuizen zo gekozen moeten worden, dat de peilbuizen door de uitvoering van het project niet worden beschadigd en er voor, tijdens en na de werkzaamheden gemeten kan worden.

Voor de plaatsing van peilbuizen is voldoende werkruimte nodig. De minimale werkruimte is veelal 2x2 meter, maar is bij lange peilbuizen beduidend groter (bijvoorbeeld voor plaatsing van een boorstelling).

2.5 JURIDISCHE ASPECTEN

Eigendom, toestemming en afspraken

Nadat een meetlocatie is gekozen, moet worden nagegaan wie de eigenaar en gebruiker van de grond is. Een gebied kan particulier eigendom zijn of door een publieke instantie worden beheerd. In overleg met de beheerder kan een overeenkomst worden getroffen die de aanleg en exploitatie van een peilbuis mogelijk maakt. De hydrologisch meest ideale locatie voor een peilbuis in het landelijk gebied ligt vaak midden op een perceel, of op een erf. Vaak is daarom toestemming van particulieren nodig voor het plaatsen van een peilbuis. Het komt voor dat een particulier die hiervoor toestemming geeft, een kleine vergoeding ontvangt. Voorbeelden van afspraken die met eigenaar van de grond kunnen worden gemaakt zijn:

- Peilbuizen mogen de functie van het betreffende perceel of terrein niet belemmeren. Houd rekening met mogelijke overlast bij het beheer van de grond
- Peilbuizen mogen het onderhoud (zoals maaien) van het betreffende perceel of terrein niet verhinderen
- De positie van een peilbuis moet zodanig zijn dat aanrijding wordt voorkomen. Als zo'n positie niet mogelijk is, dan moeten risico's op aanrijding worden voorkomen met extra voorzieningen op de meetlocatie

KLIC-WION

De positie van de peilbuis mag geen risico vormen voor schade aan kabels en leidingen. Daarom wordt voorafgaand aan de uitvoering van de veldwerkzaamheden, een graafmelding (voorheen KLIC-melding) uitgevoerd om de ligging van kabels en leidingen te inventariseren.

Vergunningen

Er dient een vergunning aangevraagd te worden wanneer men een peilbuis in een boringsvrije zone of grondwaterbeschermingsgebied wil plaatsen. Hierbij is de diepte van de peilbuis van belang. Freatische peilbuizen mogen vaak wel geplaatst worden in deze beschermde gebieden, in tegenstelling tot diepe peilbuizen. Sommige gemeenten eisen een vergunning voor het plaatsen van een peilbuis op hun grond. Het waterschap heeft in de Keur aangegeven welke handelingen in, op of in de buurt van waterstaatswerken zijn verboden.

2.6 AANTAL FILTERS, FILTERSTELLING EN FILTERLENGTE

Bij het bepalen van de filterdiepte moet allereerst worden nagegaan in welke watervoerende laag moet worden gemeten. Het meetnetontwerp en de meetdoelen vormen daarbij het vertrekpunt. Voorafgaand aan het plaatsen van de peilbuis moet aan de hand van de boorbeschrijvingen worden bepaald op welke diepte het filter moet worden geplaatst en wat de gewenste filterlengte is (NEN 5766).

Freatisch grondwater

Bij het plaatsen van een filter kan het gebeuren dat storende lagen worden doorboord, waardoor de gemeten waterstand afwijkt van de freatische grondwaterstand. Een vuistregel voor de filterlengte is 1 meter, tenzij gemeten wordt in een laag die dunner is dan 1 meter. In dat geval wordt de filterlengte afgestemd op de laagdikte. Een alternatief is om de filterlengte te bepalen aan de hand van het fluctuatietraject van de grondwaterstand. De seizoensfluctuatie kan uit (eventueel bekende) meetgegevens worden herleid. Ook kan een goede boormeester de grondwaterstandfluctuatie herkennen aan verkleuring in het bodemprofiel (hydromorfe kenmerken) en zo nodig de filterlengte daarop aanpassen. Goede veldbegeleiding en een goed meedenkende boorploeg zijn van groot belang voor het juist plaatsen van een peilbuis.

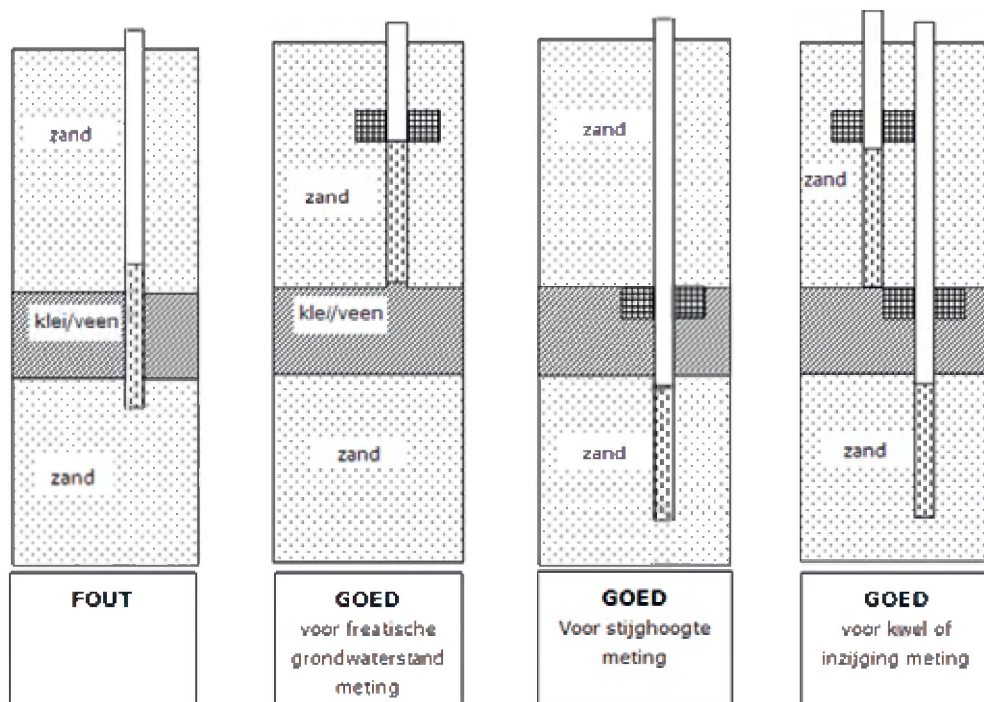
Bij een te diep geplaatst filter kan een lagere of hogere grondwaterstand worden gemeten dan feitelijk aanwezig is door een relatief kleine verticale doorlatendheid van de bodem (anisotropie). Anisotropie komt met name voor bij aanwezigheid van dunne klei/leem/veenlagen in zandgrond en in klei- en veengrond. Het filter moet daarom niet te diep beneden de freatische grondwaterstand worden geplaatst als men de freatische grondwaterstand wil meten. (Bron: Van der Gaast, J. e.a., 2008 & Ritzema, H. e.a. (2012)). Bij ondiepe leem/kleilagen kunnen bovendien schijngrondwaterspiegels worden gemeten. Soms kan het juist de bedoeling zijn om de schijngrondwaterspiegel te meten, bijvoorbeeld in het kader van droogteschadeonderzoek op agrarische percelen in gebieden met ondiepe storende bodemlagen. Dan wordt een ondiepe peilbuis geplaatst met de filterstelling boven de slecht doorlatende bodemlaag. Houd er in dat geval rekening mee dat de peilbuis soms droogvalt en er geen grondwaterstand kan worden gemeten.

Plaats een filter nooit zo dat hij een slecht doorlatende laag doorsnijdt, maar plaats hem afhankelijk van de grondwaterstand en het meetdoel óf boven de slecht doorlatende laag (freatische grondwaterstandsmeting), óf er onder (piëzometer). Als een filter een slecht doorlatende klei/veen/leemlaag doorsnijdt, wordt niet meer de stijghoogte boven of onder de slecht doorlatende laag gemeten, maar een combinatie van beide, (zie figuur 2.3).

Stijghoogtemetingen

Afhankelijk van de doelstellingen van het grondwatermeetnet wordt vaak niet alleen het freatische grondwater in beeld gebracht, maar zijn ook de diepere watervoerende lagen van belang. Bijvoorbeeld bij het bepalen van kwel/wegzijging, het maken van hydrologische modellen en bij zoet/zoutonderzoeken. Hiervoor worden in één meetpunt meerdere peilbuizen geplaatst, met verschillende filterstellingen.

FIGUUR 2.3 FILTER NIET DOOR EEN SLECHT DOORLATENDE LAAG HEEN PLAATSEN



2.7 AANBESTEDING

In de checklist in [bijlage 2](#) is een overzicht opgenomen met alle onderwerpen die van belang zijn bij een aanbesteding voor de aanleg en het beheer van een meetnet. In het algemeen is het van belang dat een werkbeschrijving flexibel wordt ingestoken en bijvoorbeeld de diepte van het filter niet vooraf exact vast te stellen, maar af te laten hangen van de lokaal aangetroffen bodemlagen. Het is daarom ook van belang om op voorhand niet te strak te ramen, zodat eventuele constatering in het veld (onverwachte bodemlagen die tot extra filters leiden etc.) makkelijk kunnen worden opgevangen. Daarnaast is het van belang dat de opdrachtgever bereikbaar is voor vragen vanuit de veldploeg en er een goed samenspel tussen deze partijen bestaat. Een ervaren boormeester die bij de aanleg aanwezig is, kan dan de benodigde beslissingen snel en adequaat met de opdrachtgever bespreken.

3

INRICHTEN PEILBUIZEN

3.1 NEN-NORMEN

Als basis voor de uit te voeren werkzaamheden gelden de normen:

- NEN 5119 (1991, ingetrokken) Geotechniek: Boren en monsterneming in grond, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft
- NEN 5104 (1989) Geotechniek: Classificatie van onverharde grondmonsters, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft
- NEN 5766 (2003) Bodem: Plaatsing van peilbuizen ten behoeve van milieukundig bodemonderzoek, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft
- NEN 5120 (1991) Bepaling van stijghoogten van grondwater door middel van peilbuizen, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft
- NEN-EN-ISO 22475-1 (2006) Geotechnisch onderzoek en beproeving - Methoden voor monsterneming en grondwatermeting - Deel 1: Technische grondslagen voor de uitvoering, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft
- NEN-ISO 21413 (2005) Metingen aan grondwater - Handmatig meten van het grondwaterpeil in putten. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft
- NPR-ISO/TR 23211 (2009) Hydrometry- Measuring the water level in a well using automated pressure transducer methods. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Op een aantal punten wijkt dit handboek af van de NEN-normen, zoals bij de filterstelling van een peilbuis, die niet bepaald hoeft te worden aan de hand van een berekende Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (Aanbeveling in [biilage 8](#)). Peilbuizen voor het monitoren van grondwaterstanden behoeven niet te worden uitgevoerd volgens BRL SIKB 2000 – voor veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek – inclusief de van toepassing zijnde onderliggende protocollen.

3.2 BOORMETHODEN

Afhankelijk van de gewenste diameter en de diepte van de boring wordt gekozen voor een machinale boortechniek of een handboortechniek, zie tabel 3.1. Verder is het afhankelijk van het doel van de peilbuis welke boormethode het meest geschikt is. De voor- en nadelen zijn weergegeven in tabel 3.2. Een uitgebreide beschrijving van de boormethoden wordt gegeven in [biilage 5](#). Het belangrijkste criterium voor het bepalen van de beste boormethode voor het plaatsen van een peilbuis is de kwaliteit van de boorbeschrijving die met de methode kan worden gerealiseerd. Bij een gespoten boring kan geen goede omschrijving van de bodemopbouw worden gemaakt omdat de losgespoten grond teveel vermengt. Deze methode is dan ook niet opgenomen in de tabellen en de bijlagen van dit handboek.

TABEL 3.1 TOEPASSINGEN MACHINALE BOORMETHODEN VERSUS HANDBOORMETHODEN (GEBASEERD OP LEUNK, I. E.A., 2011)

Boormethoden	Toepassing
Handboormethode	<ul style="list-style-type: none"> Tot circa 8 meter diepte (afhankelijk van de formatie) Boorgatdiameter tot 200 mm (afhankelijk van de boortechniek)
Machinale boormethode	<ul style="list-style-type: none"> Tot 500 meter diepte (afhankelijk van boortechniek) Boorgatdiameter tot 1000 mm (afhankelijk van de boortechniek)

TABEL 3.2 BOORMETHODEN VOOR DE AANLEG VAN PEILBUIZEN (GEBASEERD OP LEUNK, I. E.A., 2011)

Type boor	Diameter boorgat	Voordelen	Nadelen
Edelman (handboor)	50-200 mm	<ul style="list-style-type: none"> Grote maximale diameter Eenvoudig in gebruik Goedkoop Toepasbaar in verschillende grondtypen 	<ul style="list-style-type: none"> Onbruikbaar bij zand onder de grondwaterspiegel Ongeschikt voor slappe tot zeer slappe grond
Pulsboor (handpuls)	Max. 200 mm	<ul style="list-style-type: none"> Bruikbaar onder de grondwaterspiegel Goedkoop 	<ul style="list-style-type: none"> Onbruikbaar boven de grondwaterspiegel Sterk verstoorde grondmonsters
Gutsboor (handboor)		<ul style="list-style-type: none"> Goedkoop Boven de grondwaterspiegel blijft de ondergrond ongestoord 	<ul style="list-style-type: none"> Onder de grondwaterspiegel wordt de grond verstoord Bepaalde diameter mogelijk Ongeschikt voor slappe tot zeer slappe grond
Zuigerboor	Max. 70 mm	<ul style="list-style-type: none"> Geschikt voor natte slappe grond (ook waterbodems) 	<ul style="list-style-type: none"> Alleen geschikt voor natte slappe grond Ongeschikt voor grind/stenen
Pulsen	200 – 400 mm (standaard-installatie) 400 tot 800 mm (zwaar materieel)	<ul style="list-style-type: none"> 'Schone' techniek; verstoort de ondergrond nauwelijks Geen verstopping op de boorgatwand door boorspoeling, wel door versmering Kan zonder verspreiding een verontreiniging passeren Redelijke kwaliteit ongeroerde grondmonsters Geschikt voor het nemen van (ongerode) steekmonsters 	<ul style="list-style-type: none"> Lage boorproductie Arbeidsintensief en daardoor duur per meter boordiepte
Zuigboren/luchtliften (roterend)	tot 1000 mm	<ul style="list-style-type: none"> Redelijk hoge boorproductie Redelijke/matige kwaliteit grondmonsters Ook in harde afzettingen bruikbaar Goedkoop per meter boordiepte 	<ul style="list-style-type: none"> Kans op verstopping de boorgatwand Kan de ondergrond verstoren

Sonisch boren (mechanische boor)	Max. 300 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Boren tot grote diepte mogelijk (max. 80 m) • Mogelijkheid tot en continu nemen van grondmonsters (steekmonsters) • Weinig of geen toevoeging van vreemde stoffen zoals werkwater en boorspoeling noodzakelijk 	<ul style="list-style-type: none"> • Niet mogelijk in fijn zand, omdat dit wordt vast getrild • Met steekmonster wordt het duurder
Sondering	Nvt	<ul style="list-style-type: none"> • Relatief snel en goedkoop • Weinig werkwater • Geen uitkomende grond (dus geen kosten voor afvoer) • Verontreinigde grond gaat niet mee naar beneden 	<ul style="list-style-type: none"> • Alleen kleine diameter peilbuis mogelijk (16 mm) • Beperkt dieptebereik (circa 15-40 m, afhankelijk van grondsoort)

3.3 BOORBESCHRIJVING

Het beschrijven van informatie over de opbouw van de ondergrond begint bij het vastleggen van de eigenschappen van grondlagen. Gegevens over grondlagen worden verkregen uit boringen. In het algemeen worden boormonsters genomen van slechts een klein gedeelte van de uitgevoerde boringen, waarvan bovendien maar een zeer klein gedeelte voor langere tijd wordt bewaard. Een op schrift gestelde beschrijving van de boormonsters is dan ook essentieel. Bij het digitaal opslaan van informatie blijkt dat alleen op uniforme wijze uitgevoerde beschrijvingen een zinnig gebruik van de waargenomen eigenschappen waarborgen. In eerste instantie betekent dit standaardisatie van veelgebruikte termen, te beginnen bij de classificatie van grondsoorten.

In 1991 is de eerste versie van de 'Standaard Boor Beschrijvingsmethode' (SBB5) opgesteld door de Rijks Geologische Dienst (RGD, nu de Geologische Dienst Nederland -TNO (GDN-TNO)). Het doel van de Standaard Boor Beschrijvingsmethode is het eenduidig vastleggen van alle voor de geologie en de toegepaste geologie, zoals hydrogeologie, ingenieursgeologie en milieugeologie, relevante kenmerken en de mogelijke waarden, die met loep, zandliniaal, verdund zoutzuur en scatterdiagram aan een grondmonster bepaald kunnen worden. Het is nadrukkelijk niet de bedoeling om gegevens op te nemen die bepaald zijn met laboratoriumapparatuur. In het verleden zijn de NEN-normen 209/210 en 213 gebruikt voor de classificatie van grondsoorten. Deels zijn deze normen gebaseerd op de Stiboka-classificatie (de Bakker & Schelling, 1966), die niet voor zand, klei, leem en veen standaarden stelde. In de NEN 5104 zijn deze twee classificaties verenigd. De boorbeschrijvingen die voldoen aan NEN 5104, zijn opgesteld volgens de Standaard Boor Beschrijvingsmethode. Voor het plaatsen van een peilbuis wordt daarom een boorbedrijf ingezet dat werkt conform deze NEN-norm. De boorbeschrijvingen dienen te worden aangeleverd bij BRO c.q. DINO (zie paragraaf 6.3).

3.4 FILTERMATERIAAL EN DIAMETER

Materiaal

De keuze voor een type filtermateriaal is onder andere afhankelijk van de kosten, maar ook van de chemische samenstelling van het grondwater. Het filter moet voldoende sterk zijn, de bodemdeeltjes tegenhouden en het water doorlaten. Voor peilbuizen is de intreeweerstand minder belangrijk dan bij pompputten waarin water wordt onttrokken: bij peilbuizen is het vooral belangrijk dat er geen zand in het filter komt. Bij een zeer fijnzandig pakket

wordt daarom soms aangeplakte omstorting gebruikt, om instroom van zanddeeltjes tegen te gaan. In Nederland worden vooral filters met verticale filterspleten gebruikt. Deze kunnen meer trekkracht aan dan filters met horizontale filterspleten en zijn minder kwetsbaar bij vervoer, opslag en inbouw.

Bij peilbuizen kan gebruik worden gemaakt van de volgende filtermaterialen; PVC, HDPE, PE, RVS of gietijzer. Een peilbuis met filter gefabriceerd uit kunststof voorkomt corrosie en heeft hierdoor een aanzienlijk langere levensduur dan de gietijzeren variant. Een gietijzeren peilbuis wordt in de praktijk dan ook niet meer toegepast. Wanneer een peilbuis niet voor waterkwaliteitsmetingen gebruikt gaat worden heeft PVC de voorkeur. Bij peilbuizen voor milieukundige doeleinden mogen de verbindingen niet verlijmd worden.

Diameter

De minimale binnendiameter van de peilbuis is afhankelijk van de diameter van de meetapparatuur (zie hoofdstuk 4). De voorkeur gaat uit naar peilbuizen met een diameter van minimaal 50 millimeter. Bij een kleinere diameter neemt de kans dat de meetapparatuur klemt of botst aanzienlijk toe, wat de levensduur van de apparatuur niet ten goede komt.

Zandvang

De afsluiting van het filter aan de onderzijde kan bestaan uit een stuk buis zonder perforatie, welke dient als zandvang. Het gebruik van een zandvang heeft enkele nadelen. Zo blijft een zandvang altijd vol met water staan, ook als er eigenlijk droogstand van de peilbuis optreedt, waardoor er een risico op het meten van foutieve grondwaterstanden is. Daarnaast is er een kans dat scheidende lagen worden doorsneden. Het gebruik van een zandvang wordt daarom afgeraden.

3.5 FILTEROMSTORTING EN FILTERKOUS

Het filter wordt omstort met filtergrind om een goede watertoevoer te garanderen en de kans op dichtslibben van het filter te verkleinen. Het is van belang dat de sleufgrootte van het filter en de grootte van het filtergrind op elkaar worden afgestemd. Vaak wordt voor omstorting van het filter kwartfiltergrind voorgeschreven met een korrelgrootte van 1,0 – 1,6 millimeter en gewassen en gegloeid volgens DIN 19623. Van dit type filtergrind is de afgifte van zware metalen en PAK's gering, waardoor de peilbuis geschikt is voor waterkwaliteitsbeoordeling (bron: Unie van Provinciale Landschappen en Vereniging Natuurmonumenten). Het is van belang dat de filteromstorting om het gehele filter plaatsvindt, maar er bestaat geen richtlijn voor de minimale dikte van filteromstorting. In de praktijk wordt voor freatische filters vaak een omstorting van 3 centimeter toegepast.

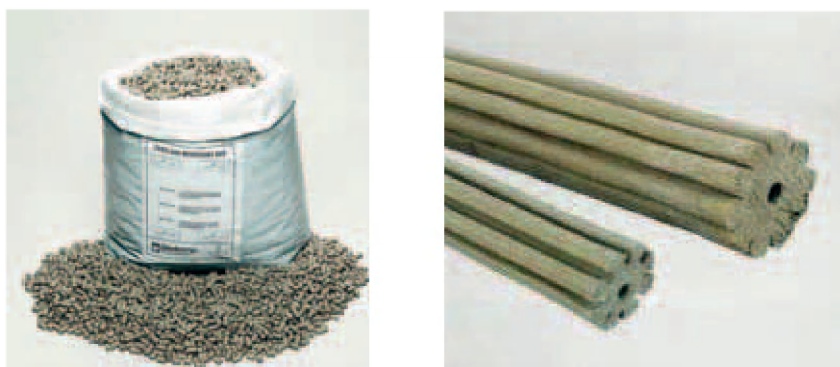
Filterkous

Het filter kan worden beschermd tegen dichtslibbing met behulp van een filterkous. Een filterkous kan echter zelf ook dichtslibben of versmeren door de toestroom van kleideeltjes, waardoor de toestroom van grondwater wordt belemmerd. Het schoonmaken van een filterkous is vrijwel onmogelijk, terwijl het filter kan worden schoongespoeld tijdens een onderhoudsronde. Bij een juiste afstemming van de afmeting van de filtersleuf en het te omstorten filtergrind is een filterkous daarom niet noodzakelijk. Uit de praktijk is echter geen heldere conclusie over het wel of niet gebruiken van filterkous af te leiden (Aanbeveling in [bijlage 8](#)).

3.6 AFDICHTING

Als bij het boren afsluitende klei/leem/veenlagen worden doorboord, wordt zwelklei aangebracht om de doorboorde laag te herstellen en verticale toestroming tussen een bovenliggend en een onderliggend watervoerend pakket te voorkomen. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van zwelklei, die na het storten opzwellt zodat er een goed afdichtende laag wordt gevormd. Er bestaan zwelkleikorrels en zwelkleipluggen (zie figuur 3.1). De pluggen zijn verkrijgbaar met een lengte van 50 centimeter en een diameter van 34 of 48 millimeter, maar worden weinig toegepast. De zwelkei moet vochtvrij worden getransporteerd en opgeslagen (bron: Leunk, I. e.a., 2011).

FIGUUR 3.1 ZWELKLEIKORRELS EN ZWELKLEIPLUGGEN (BRON: EIJKELKAMP)



Het boorgat wordt boven het filter afgedicht met zwelklei om toestroming van regenwater of grondwater uit een bovengelegen watervoerende laag langs de peilbuis te voorkomen. Om oppervlakkige instroom van hemelwater langs de peilbuis naar het filter te voorkomen kan bovendien een afsluiting met zwelklei gerealiseerd worden vlak onder het maaiveld. Nadelen hiervan zijn dat bij gebruik van een straatpot deze vol met water kan komen te staan en dat de zwelklei in de straatpot omhoog kan zwellen.

Het gebruik van uitgekomen bodemmateriaal voor het aanvullen van een peilbuis is meestal niet wenselijk. Er zijn in Nederland echter enkele locaties waar dit toch gebeurt: bij een zeer dikke onverzadigde zone (bijvoorbeeld op de Veluwe), is het onverstandig om zwelklei te gebruiken boven de grondwaterstand omdat deze kan uitdrogen. Daardoor kunnen scheuren ontstaan, die een kortsluiting kunnen veroorzaken. Op dergelijke plaatsen kan uitgekomen bodemmateriaal gebruikt worden voor het aanvullen van een peilbuis. Op andere locaties in Nederland is dit echter niet wenselijk en wordt het gebruik van zwelklei aanbevolen.

Aantal boorgaten

Indien er meerdere peilbuizen in een meetpunt worden geplaatst, moet een keuze gemaakt worden om deze in hetzelfde of in verschillende boorgaten te plaatsen. Voor (zeer) diepe peilbuizen met drie of meer filters geldt dat deze per definitie in hetzelfde boorgat worden aangebracht. Echter voor ondiepe locaties met twee filters (tot circa 6 meter diep) wordt aangeraden deze in separate boorgaten te plaatsen om het risico op lek langs de peilbuizen tussen verschillende watervoerende lagen te voorkomen.

3.7 SCHOONPOMPEN

Na inrichting van de peilbuis wordt het filter schoongepompt zodat een goede werking van het filter is gegarandeerd. Er zijn geen specifieke eisen over het schoonpompen van peilbuizen uit kwantiteitsoogpunt (Aanbeveling in [bijlage 8](#)).

3.8 AFWERKING PEILBUIZEN: STRAATPOT OF SCHUTKOKER

Peilbuizen dienen gedurende langere tijd te kunnen functioneren. Om de duurzaamheid van een peilbuis te vergroten, is een goede bescherming een vereiste. De peilbuis wordt afhankelijk van de situatie aan het maaiveld afgewerkt met één van de volgende voorzieningen (zie figuur 3.2):

- Stalen of PVC afsluitbare schutkoker (bij afwerking van de peilbuis boven maaiveld)
- Straatpot (bij afwerking van de peilbuis onder maaiveld)

Het doel van de afwerking van de peilbuis is:

- Bescherming van de peilbuis tegen vandalisme (vernieling en het verwijderen van dataloggers)
- Bescherming tegen vervuiling door dieren
- Zichtbaarheid, zodat de peilbuis is terug te vinden

FIGUUR 3.2 AFWERKING VAN EEN PEILBUIS DOOR MIDDEL VAN EEN SCHUTKOKER (RECHTS, BRON: WILLEMSSEN, J., WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA) EN STRAATPOT (LINKS, BRON: WARECO)



Voordelen van een schutkoker ten opzichte van een straatpot zijn:

- Bovengronds uitlezen is minder belastend voor de onderhoudsmedewerker
- Een schutkoker is eenvoudig te voorzien van een hangslot, een ingebouwd cilinderslot of een veiligheidsinbusbout
- Een schutkoker die boven het maaiveld uitsteekt (circa 100 centimeter), is door de onderhoudsmedewerker eenvoudig terug te vinden in het veld, vooral als deze is voorzien van reflecterend materiaal
- Schutkokers zijn gemakkelijker open te krijgen dan straatpotten in geval van vorst
- Schutkokers lopen niet vol met afstromend hemelwater als de peilbuis in een verlaging (in verharding) wordt geplaatst
- Het vochtgehalte in schutkoker is lager dan in een straatpot, wat gunstig is voor de betrouwbaarheid van eventuele luchtdrukmetingen (zie hoofdstuk 4)

Nadelen van een schutkoker ten opzichte van een straatpot zijn:

- Gevoeligheid voor vandalisme
- Hinderlijkheid bij landbewerking

Bij de keuze voor gebruik van een schutkoker of een straatpot kunnen verder de volgende overwegingen van belang zijn:

- Als een schutkoker per abuis over het hoofd wordt gezien tijdens bijvoorbeeld maaiwerkzaamheden, kan er ernstige schade ontstaan aan zowel de peilbuis en het meetinstrumentarium, als aan de machinerie. De hoogte van een peilbuis met een afwerking boven het maaiveld dient in akkerbouwpercelen zodanig te zijn dat deze niet in aanraking komt met de spuitarmen die gebruikt worden voor het verspreiden van gewasbeschermingsmiddelen. Een andere mogelijkheid ter bescherming van de peilbuis is het plaatsen van bescherming rond de schutkoker zoals in figuur 3.3
- In stedelijk gebied is het vaak gewenst om peilbuizen in het trottoir te plaatsen. Het afwerken met een schutkoker is in dat geval niet praktisch. Tabel 3.3 geeft een overzicht van de belangrijkste voor- en nadelen van de twee verschillende afwerkingmethodes
- Wanneer een straatpot wordt overreden door een landbouwmachine kan deze beschadigen. Dit kan worden voorkomen door het gebruik van een boven- en/of ondertegel rond de straatpot (zie figuur 3.4)

FIGUUR 3.3 BESCHERMING TEGEN MAAIWERKZAAMHEDEN (BRON: GROBBE, T., WATERSCHAP VELT EN VECHT (RECHTS) EN WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA (LINKS)).



FIGUUR 3.4 ONDERTEGEL (MIDDEN EN RECHTS) EN BOVENTEGEL (LINKS) BIJ EEN STRAATPOT (BRON: PROVINCIE FRYSLÂN)



TABEL 3.3 STRAATPOT VERSUS SCHUTKOKER (BRON: KLUTMAN, W.A.J., 2007)

Eigenschap	Schutkoker	Straatpot
Afsluitbaar	Zeer Goed	Goed
Terug te vinden in het veld	Zeer Goed	Matig
Hinderlijk bij landbewerking	Zeer Hinderlijk	Niet Hinderlijk
Schade bij landbewerking	Gevoelig	Matig Gevoelig
Verstoring door ongedierte	Niet Gevoelig	Zeer Gevoelig
Vandalisme en diefstal	Veilig	Zeer Veilig
Gebruiksvriendelijk	Zeer Vriendelijk	Onvriendelijk

Schutkokers zijn doorgaans van metaal. Met het oog op corrosie heeft het gebruik van roestvrijstaal de voorkeur. Dit geldt vooral in (zwak)zuur milieu, zoals veengronden. Voor telemetrische en on-line metingen is voor de afwerking van belang dat de straatpot of schutkoker voldoende groot is om de apparatuur te kunnen plaatsen. Daarnaast geldt dat de straatpot c.q. schutkoker van kunststof moet zijn, om storingen bij het verzenden en ontvangen te beperken.

Het is aan te bevelen om in overleg met de beheerder van de peilbuis te overleggen of de voorkeur uitgaat naar een straatpot of naar een schutkoker. Het uitgangspunt is om een schutkoker te gebruiken tenzij dit praktisch niet haalbaar is. Vul een schutkoker of straatpot bij voorkeur met grind. Dit voorkomt dat er ongedierte zoals muizen of mieren in gaan nestelen.

Afsluiting peilbuis

De peilbuis wordt afgesloten met een (schroef)dop om inwaai van vuil te voorkomen. In de dop wordt een uitsparing gemaakt zodat lucht vrij de peilbuis kan inkomen. Ook de straatpot of schutkoker dient over voldoende beluchtingsmogelijkheid te beschikken. Om te voorkomen dat water de peilbuis instroomt, worden de peilbuizen bij voorkeur boven de hoogst verwachte grondwaterstand afgewerkt. Peilbuizen die kunnen overstromen (bijvoorbeeld omdat ze in een uiterwaard liggen) of in artesisch grondwater staan, kunnen met een waterdichte afsluiting worden afgewerkt, die bestaat uit een eenvoudige waterdichte dop of een kogelkraan. Daarnaast zijn er speciale beveiligingstops, die met een sleutel kunnen worden geopend. Deze beveiligingstops zijn geschikt om een datalogger aan te hangen. Zorg ervoor dat (bij elk type afsluiting) het mogelijk blijft een handmatige controlemeting uit te voeren.

FIGUUR 3.5 PEILBUIZEN AFGEWERKT MET BEVEILIGDE DOP EN WATERDICHTE KAP (LINKS) EN MET KOGELKRAAN (RECHTS)
(BRON: LEUNK, I. E.A., 2011)



3.9 TERUGVINDBAARHEID

Situatieschets en foto's

Na de plaatsing van de peilbuis wordt in het veld een situatieschets gemaakt waarop de ligging van het terrein duidelijk is aangegeven (zie bijlage 4). Op de schets wordt de afstand in meters aangegeven van de peilbuis tot markante terrein(onder)delen of vaste punten zoals sloten, greppels, dammen, etc. Op de situatieschets moet staan; noordpijl, datum van plaatsing, naam van de instantie die de peilbuis heeft geplaatst, de aanduiding van het meetpunt en het huidige gebruik van het perceel (hooiland, grasland, berm). Gebruik als basis voor de situatieschets een duidelijke kaart (zoals de GBKN). Van de peilbuis dienen foto's na realisatie te worden gemaakt om de terugvindbaarheid te vergroten. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van een rood-wit gemerkte jalon om de locatie te markeren.

Afwerking peilbuis en label

Bij afwerking van de bovenkant van de peilbuis wordt de diepste peilbuis het laagste afgewerkt ten opzichte van het maaiveld en de minst diepe peilbuis het hoogst. De peilbuis wordt zo recht mogelijk afgezaagd. Na plaatsing wordt de peilbuis gelabeld met het unieke nummer van de peilbuis en de datum van plaatsing. Indien meerdere peilbuizen in het boorgat worden geplaatst, dienen alle peilbuizen te worden gelabeld. Hierbij wordt aangeraden om peilbuizen naar oplopende diepte te nummeren: de ondiepste peilbuis krijgt nummer één, de volgende twee, etc. Behalve nummering van de peilbuizen, kan het handig zijn om de eigenaar van de peilbuis en een telefoonnummer op het label te noteren of op een sticker te noteren die op de schutkoker wordt geplakt. In geval van vernieling kan dan contact worden opgenomen.

FIGUUR 3.6 GENUMMERDE PEILBUIZEN EN LABEL OP SCHUTKOKER (BRON: WILLEMSSEN, J., WATERSCHAP HOLLANDSE DELTA).



3.10 BEPALING LOCATIE EN PEILBUIS-/MAAIVELDHOOGTE

De peilbuizen en het maaiveld ter plaatse worden ingemeten ten opzichte van NAP. Vaak is de kop van een peilbuis niet geheel horizontaal afgezaagd. De inmeting vindt dan plaats vanaf het hoogste punt van een peilbuis. Aan de hand van de NAP-hoogten van de bovenkant peilbuis en het maaiveld kan de grondwaterstand worden vertaald in een grondwaterstandsdiepte ten opzichte van het maaiveld (ontwateringsdiepte). Let op dat het maaiveldniveau ter plaatse van de peilbuis een indicatie is en niet overeen hoeft te komen met de hoogte van de omgeving.

3.10.1 X- EN Y-COÖRDINATEN

De locatie van de peilbuis kan worden vastgelegd door middel van een situatieschets, op basis van de GBKN van waaruit vervolgens de coördinaten zijn bepaald en/of door middel van bepaling van een GPS-meting (minimaal 2 meter nauwkeurig).

3.10.2 INMETEN HOOGTE MET WATERPASSING OF GPS

Om de correcte hoogte van een peilbuis en het maaiveld te bepalen, kan gebruik worden gemaakt van waterpassing of van GPS technologie. Onderstaand een beknopte omschrijving van beide opties.

Waterpassing is een nauwkeurige manier om hoogten te bepalen, maar ver van een NAP hoogtebout kan dit in vergelijking met GPS een tijdrovende werkwijze zijn. De sluitfout van de waterpassingsronde is afhankelijk van de lengte van de waterpassing. Ter controle is het aan te raden in de rapportage over de waterpassing de code en locatie van het gebruikte NAP-peilmerk evenals de aflezings van de hoofd- en zijslagen weer te geven. Gegevens van de NAP-bouten kunnen worden opgevraagd bij Rijkswaterstaat afdeling NAP. In gebieden waar bodemdaling optreedt (met name veengebieden) is het aan te raden alleen NAP-bouten op een gefundeerde ondergrond of recent ingemeten NAP-bouten te gebruiken.

Bij GPS is de precieze meetfout onbekend. De meetfout bij hoogtemetingen met GPS kan variëren van 2 tot 4 centimeter per meting. De meetfout kan groter worden door een eventuele belemmering van het GPS-signaal door obstakels (bomen of gebouwen). Hoogtemeting met GPS over kortere afstanden is als gevolg van tal van systematische en toevallige fouten aanzienlijk minder nauwkeurig dan waterpassen. Deze foutenbronnen zijn deels gerelateerd aan de GPS-metingen zelf (atmosferische omstandigheden, reflecties,

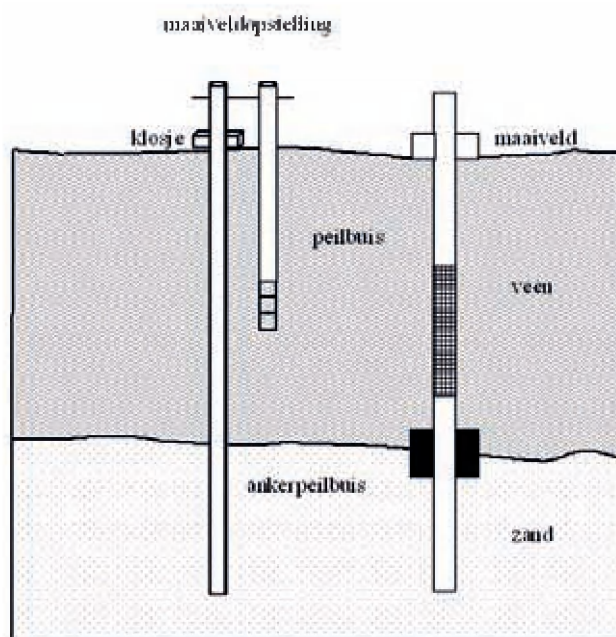
positie fasecentrum antenne) en hebben deels te maken met de nauwkeurigheid waarmee dit fasecentrum wordt overgebracht op de grond (lokale meting). Voor een deel zijn deze te elimineren door het kiezen van een speciale meetopzet, bijvoorbeeld langere meettijden, meerdere meetopstellingen, meerdere antennes gebruiken en omwisselen van antennes. Echter, een aantal onzekerheden blijft (bron: Broekman, R. en Kösters A., 2010). Bij het gebruik van een uitschuifbare antenne (bijvoorbeeld bij weinig signaal in uitgestrekt bosgebied) dient rekening gehouden te worden met de juiste correctie (de lengte van de uitschuifantenne) op de metingen.

Geadviseerd wordt om, indien een nauwkeurigheid van 2 centimeter of beter gevraagd wordt, gebruik te maken van een rondgaande of doorgaande waterpassing en direct aan te sluiten op een of meerdere recentelijk gecontroleerde NAP-peilmerken. In stedelijk gebied wordt het gebruik van GPS voor het inmeten van peilbuizen afgeraden. Als een peilbuis verwijderd is van een NAP hoogtebouwt, kan er worden gekozen voor een GPS meting in open weiland, waar een goed signaal van de satellieten wordt ontvangen, om vervolgens vanaf deze locatie een (doorgaande) waterpassing uit te voeren.

3.11 PEILBUIZEN IN VEEN

Het maaiveld van een veenbodem is niet stabiel, maar kan verticaal bewegen. Dit komt doordat het volume van een veenbodem grotendeels bestaat uit water. In droge perioden zakt het veen in (door verdamping of ontwatering) en in natte perioden (door neerslag) stijgt de veenbodem weer. Dit fenomeen wordt ook wel 'Mooratmung' genoemd en treedt hoofdzakelijk op in 'levende' hoogveengebieden. Als gevolg hiervan zijn ook de in het veen aanwezige peilbuizen in beweging. Om een correctie op deze beweging toe te passen worden zogenaamde benchmarks aangebracht (ook wel veenstoeltjes, klosjes of zakbakens genoemd), die verankerd zijn in de stabiele zandondergrond. Bij het uitvoeren van een grondwaterstandmeting dient in zo'n geval niet alleen de grondwaterstand te worden geregistreerd, maar ook de afstand tussen de bovenkant van de benchmark en het maaiveld.

FIGUUR 3.7 MAAVELDOPSTELLING VOLGENS HET PEILBUIS-ANKERBUIS PRINCIPE (LINKS) EN PEILBUIS VERANKERD IN ZANDONDERGROND (RECHTS) (BRON: STAATSBOSBEHEER, 2000 EN GROBBE, T., WATERSCHAP VELD EN VECHT)



Een andere mogelijkheid is om de peilbuis te verankeren in de zandondergrond. In dat geval dient bijzonder veel aandacht te worden besteed aan de verfiltering; vaak is namelijk sprake van een zeer dunne slecht doorlatende laag op het scheidingsvlak tussen het veen en de zandondergrond. Wanneer deze scheidingslaag doorsneden wordt, treedt lekverlies op naar de zandondergrond. Het onderste deel van de peilbuis dient daarom altijd 'blind' te worden uitgevoerd en rond het onderste deel van de peilbuis moet zwelklei worden aangebracht. Aandachtspunt hierbij is dat het blinde deel van de peilbuis altijd water bevat, terwijl de grondwaterstand lager kan zijn (zie ook paragraaf 3.4). Het gebruik van drukopnemers voor grondwatermonitoring in gebieden waar sprake is van 'Mooratmung' is uitsluitend mogelijk in peilbuizen die in de zandondergrond zijn verankerd. Onverankerde peilbuizen bewegen namelijk mee met de Mooratmung, waardoor de referentiehoogte van de drukopnemer in deze buizen voortdurend verandert.

Het verdient de voorkeur om peilbuizen in hoogveen uit te voeren in (verlijmd) PVC; klikmofsystemen zullen snel losschieten als gevolg van de verticale beweging van het veen. In veengebieden in laag Nederland speelt deze problematiek minder, maar hier is vooral sprake van maaiveld daling door veenoxidatie en inklinking. De kop van de peilbuis en het maaiveld moeten daarom regelmatig opnieuw worden ingemeten. Zie ook het groot onderhoud in hoofdstuk 5.4.

3.12 EISEN TEN AANZIEN VAN WATERKWALITEITSMETINGEN

Als de grondwaterkwaliteit bepaald wordt, dient het materiaal van de peilbuis geschikt te zijn voor waterkwaliteitsmetingen. Bij kwaliteitsmetingen van macro-ionen en VOCL's is PVC materiaal niet geschikt, en kan beter gebruik gemaakt worden van PE of HDPE (zie ook paragraaf 3.4). Voor een uitgebreide beschrijving van de eisen waaraan een peilbuis moet voldoen voor het uitvoeren van waterkwaliteitsmetingen wordt verwezen naar het 'Handboek voor de provinciale en landelijke meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit, Platform Meetnetbeheerders bodem- en grondwaterkwaliteit'.

3.13 REGISTRATIE EN NAAMGEVING

3.13.1 BRO

De Basisregistratie Ondergrond (BRO) is een formele basisregistratie waarvoor de wettelijke kaders en afspraken zijn vastgelegd in de wet met dezelfde naam: wet Basisregistratie Ondergrond. De BRO gaat de registratie worden voor een groot gedeelte van informatie die aan grondwater gerelateerd is. Het doel van de BRO is drievoudig: Verzamelen, Borgen en Verstrekken. Met de ingang van de BRO (voorzien 1-1-2015) zijn alle overheidsinstanties verplicht hun meetgegevens aan te leveren aan de BRO, waaronder grondwaterstanden, boorbeschrijvingen en sonderinggegevens. De huidige DINO database komt met de komst van BRO grotendeels te vervallen. De opslag en weergave van grondwaterstanden wordt formeler en minder vrijblijvend, maar ook beter toegankelijk voor iedereen die de informatie wil of moet gebruiken. De afzonderlijke overheidsinstanties blijven broneigenaar van alle meetgegevens en zijn daarmee zelf verantwoordelijk voor de kwaliteit van de gegevens. In overleg met experts wordt afgesproken in welke gevallen gegevens geheel niet worden toegelaten (bijvoorbeeld bij het ontbreken van essentiële informatie of gegevens waarvan direct kan worden vastgesteld dat ze niet correct zijn). Voor meetnetbeheerders zullen de mogelijkheden om geautomatiseerd gegevens aan te leveren aan de BRO worden verbeterd, onder meer door het ontwikkelen van webservices.

3.13.2 NAAMGEVING MEETPUNT

Voor het identificeren van informatie over een boring of peilbuis is het noodzakelijk om deze te voorzien van een unieke codering. Sinds 2003 gebruikt TNO de NITG-nummers voor peilbuizen en boringen. De peilbuis krijgt hierbij dezelfde unieke code als de boring. Op dit moment is nog onduidelijk in hoeverre deze systematiek van naamgeving gecontinueerd blijft onder de BRO. In elk geval is het NITG-nummer voor peilbuizen zoals dat in DINO is opgenomen, terug te vinden voor alle gegevens die vanuit DINO naar de BRO geconverteerd worden.

In de database DINO is voor specifieke peilbuizen, de zogenaamde landbouwbuizen (een relatief simpel type peilbuis, uitgerust met één filter, veelal geen putafwerking en een maximale diepte van enkele meters), een afwijking in de naamgeving ontstaan die te maken heeft met wijze waarop dit type peilbuis wordt beheerd. Landbouwbuizen zijn gevoelig voor allerlei verplaatsingen, waarbij een nieuwe peilbuis wordt ingericht vlakbij de oude meetlocatie. In de DINO-systematiek krijgt een herplaatste peilbuis een nieuw NITG-nummer. Omdat de verschillende opeenvolgende peilbuizen geohydrologisch gezien verwant zijn, worden landbouwbuizen die dichtbij elkaar liggen geclusterd. Het clusternummer is dan gelijk aan het NITG-nummer van de 'oudste' peilbuis in het cluster.

Eigen naamgeving kan handig zijn voor de herkenbaarheid van de peilbuizen in de eigen organisatie. Een peilbuis dient echter ook bij de BRO te worden geregistreerd en krijgt daardoor ook een uniek BRO-nummer. Dit betekent dat één meetpunt dan twee nummers heeft. Dit kan leiden tot onduidelijkheid. Bij voorkeur worden daarom alleen de TNO-nummers (toekomstige BRO nummers) gebruikt. Het is verstandig om voor de peilbuizen reeds vóór plaatsing TNO-nummers (toekomstig BRO-nummers) aan te vragen. Latere omnummering werkt fouten en verwarring in de hand, met name omdat de labels in de peilbuizen dikwijls niet aangepast worden.

3.14 RAPPORTAGE BASISGEGEVENS

Per gebied dienen de uitgevoerde werkzaamheden en gemaakte beschrijvingen te worden gerapporteerd. Om een overzicht van de basisgegevens te hebben, kan van iedere peilbuis een peilbuisblad worden opgesteld met de peilbuiskenmerken ([biilage 4](#)). Meer informatie over administratie van de basisgegevens is opgenomen in paragraaf 6.2.

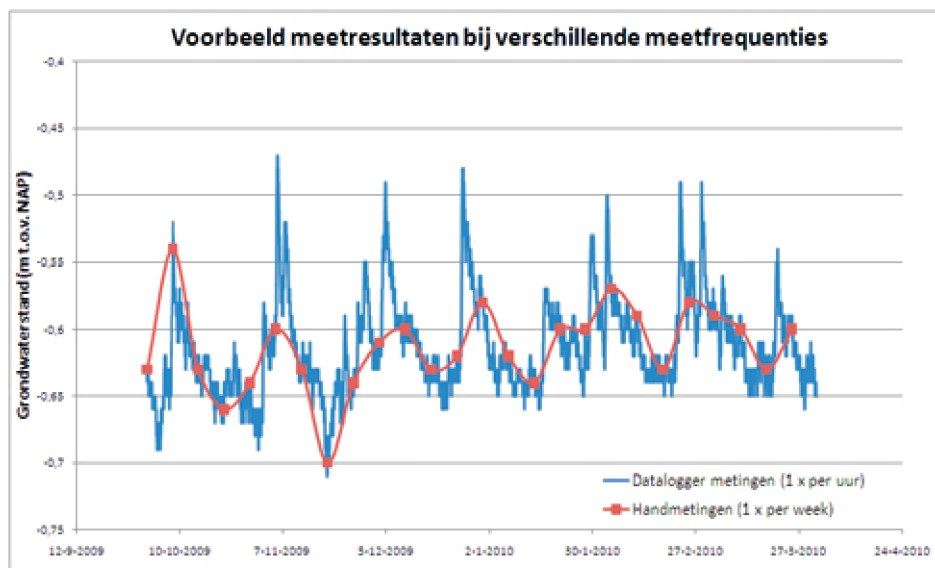
4

MONITORING

4.1 MEETFREQUENTIE

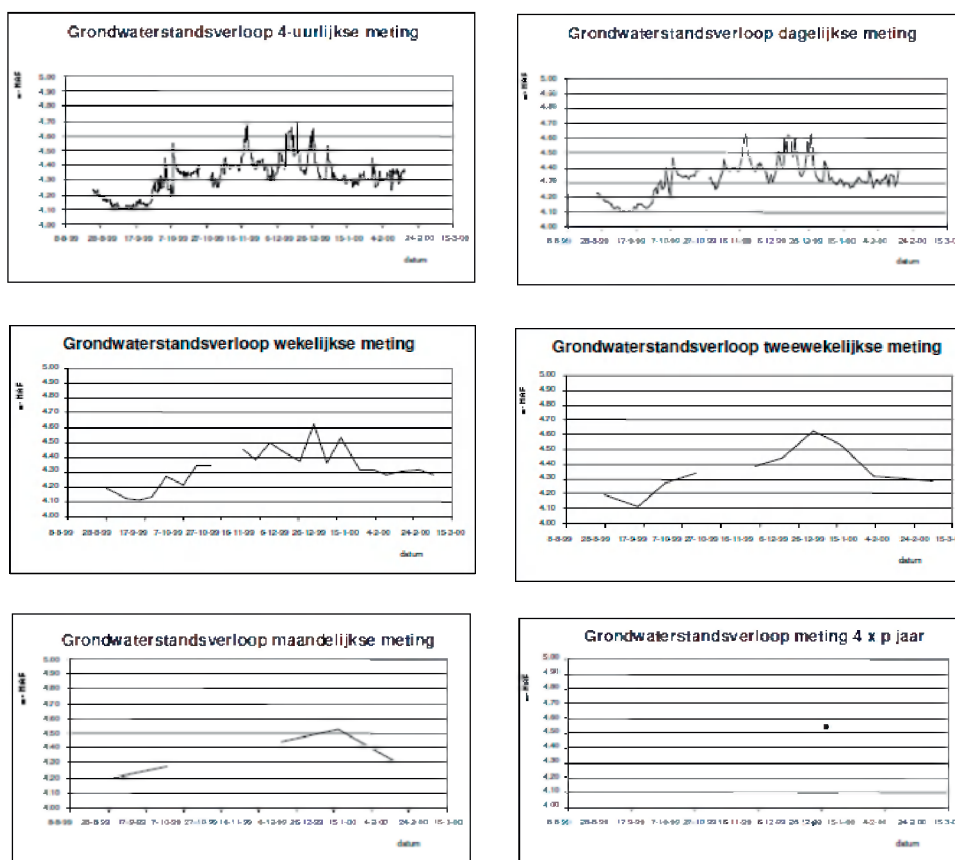
De benodigde meetfrequentie hangt af van het doel waarvoor gemeten wordt. Een grote meetfrequentie geeft meer inzicht in de grondwaterdynamiek dan een kleine meetfrequentie. Voor inzicht in langjarige trends is bijvoorbeeld een kleine meetfrequentie afdoende, maar voor het bepalen van grondwateroverlast is een grote meetfrequentie nodig. Meetreeksen met een meetdichtheid van eenmaal per twee weken verschaffen slechts globaal inzicht in de grondwaterstand ter plaatse. Directe reacties op neerslag zijn niet zichtbaar. Als voorbeeld hiervan is in figuur 4.1 een set metingen in stedelijk gebied gepresenteerd. De handmetingen (rode punten) geven een beeld van de grondwaterstand, maar niet van de dynamiek en het maximale bereik.

FIGUUR 4.1: VOORBEELD MEETRESULTATEN BIJ VERSCHILLENDE MEETFREQUENTIES (BRON: WARECO)



Figuur 4.2 geeft voor een grondwaterstandreeks van zeven maanden aan welke mate van “data-verlies” optreedt bij een afnemende waarnemingsfrequentie. Ook is duidelijk wat er met de meetreeks gebeurt op het moment dat er een meting ontbreekt. Op basis van de figuur blijkt duidelijk dat een waarnemingsfrequentie van minder dan eens per twee weken leidt tot ingrijpend verlies van data. Het dagelijks inwinnen van grondwaterstandmetingen levert veruit de meest waardevolle informatie. Een dergelijke meetfrequentie is echter alleen praktisch haalbaar als het verrichten van metingen geautomatiseerd verloopt.

FIGUUR 4.2 VOORBEELD VAN DATAVERLIES DOOR AFNEMENDE WAARNEMINGSFREQUENTIE IN EEN WAARNEMINGSREEKS VAN ZEVEN MAANDEN (BRON: WILLEMSSEN, J., 2006)



Uit de praktijk is gebleken dat grondwaterstanden binnen enkele uren centimeters kunnen stijgen of dalen door bijvoorbeeld dag-nachtpatronen of neerslag en verdamping. Metingen op uurbasis hebben daarom een duidelijke meerwaarde ten opzichte van dagelijkse metingen. Bij deze frequentie is het noodzakelijk om geautomatiseerd te meten. Ook korte termijnvariaties door drinkwateronttrekking of beregning kunnen met behulp van uurlijkse metingen beter zichtbaar worden gemaakt. Von Asmuth (2010) adviseert voor het verdrogingsmeetnet eveneens een uurfrequentie. Bij een geautomatiseerde meetfrequentie van een keer per uur is een goede controle met handpeilingen mogelijk.

Samenvattend is afhankelijk van het meetdoel een bepaalde meetfrequentie benodigd. Een indicatie van de benodigde meetfrequentie per meetdoel is weergegeven in tabel 4.1.

TABEL 4.1 INDICATIE OPTIMALE MEETFREQUENTIE BEHOOREND BIJ VERSCHILLENDE MEETDOELEN

Meetdoel	Minimale meetfrequentie
Pompproeven/bemalingen	1x per minuut tot 1x per uur
Invloed van getij of rivierstanden	1x per uur
Reactie van neerslag op grondwaterstand	1x per uur
Effecten verdamping op grondwaterstand	1x per uur
Inzicht in beregening/infiltratiesystemen	1x per uur
Bepalen jaarlijkse hoogste en laagste grondwaterstand	1x per dag
Bepalen grondwaterkarakteristieken als GLG/GHG	2x per maand
In beeld brengen langjarige trends	4x per jaar

Uitgangspunten bij geautomatiseerd meten, zijn:

- De meetinstrumenten worden altijd geprogrammeerd in de wintertijd (UTC +1). Bij het verwerken van de gegevens dient controle plaats te vinden op verloop van de interne klok van het meetinstrument. Houd rekening met PDA/Handheld-software die automatisch zelf de tijd instelt of herleidt. Herleid metingen altijd naar UTC +1 tijdzone (Vitens (2012))
- De door het instrument gemeten grondwaterstanden worden in de database opgeslagen met een nauwkeurigheid in millimeters. Gezien de totale onnauwkeurigheid van grondwaterstandsmetingen (ligt in de orde grootte van centimeters) is opslag met een nauwkeurigheid van centimeters voldoende. Opslag met een nauwkeurigheid in millimeters geeft echter de mogelijkheid om betere analyses te doen op de correcte werking van het meetinstrument en wordt daarom aangeraden. Meetwaarden worden op het gehele uur geregistreerd
- De aanbevolen minimale frequentie is één meting per dag, maar een meetfrequentie van één keer per uur heeft de voorkeur om inzicht te krijgen in de variatie van de meetwaarden over een dag. Indien toch met een meetfrequentie van één meting per dag wordt gemeten dient men een vast uur te kiezen waarop gemeten wordt, rekening houdend met de invloed die verdamping, menselijke activiteiten en de temperatuur kunnen hebben op de grondwaterstanden en het functioneren van het meetinstrument.

4.2 MEETMETHODEN

Er zijn verschillende methoden voor het meten van de grondwaterstanden. In de paragrafen 4.2.1 tot en met 4.2.3 en in [bijlage 6](#) wordt nader ingegaan op de verschillende mogelijkheden.

4.2.1 HANDMATIGE PEILING

Analoge peilklokje

De klassieke methode om grondwaterstanden te meten is met behulp van het zogenaamde peilklokje. Bij deze methode wordt een analoog klokje, welke is bevestigd aan een meetlint, in de peilbuis gebracht. Wanneer het klokje in aanraking komt met het grondwater, klinkt een ploppend geluid. Vervolgens wordt de grondwaterstandsdiepte afgelezen van de meetband, waarbij de bovenkant van de desbetreffende peilbuis maatgevend is. Indien de peilbuis niet zuiver recht is afgezaagd, wordt het hoogste punt van de peilbuis als afleespunt aangehouden. De gemeten grondwaterstandsdiepte wordt (in centimeter ten opzichte van bovenkant buis) genoteerd of ter plaatse ingevoerd in een computersysteem.

Voordelen van deze methode zijn dat:

- De meting tamelijk eenvoudig uit te voeren is
- Er weinig techniek bij komt kijken waardoor de kans op storingen nihil is
- Voor de waarnemer is geen hoog kennisniveau vereist; basale kennis van geohydrologie is voldoende

Nadelen van deze methode zijn:

- De methode is tamelijk arbeidsintensief: iedere peilbuis dient telkens te worden bezocht en afgelezen. Als gevolg hiervan zijn de meetintervallen laag; doorgaans niet hoger dan eens per 14 dagen. Tijdens vakanties en feestdagen of bij onvoorziene omstandigheden (ziekte van de waarnemer, drukke werkzaamheden tijdens hoogwaterperioden of bij het risico op verspreiding van veterinaire ziektes zoals tijdens de MKZ-crisis) vallen gaten in de meetreeks door het uitvallen van opnameronden
- Bij diepe peilbuizen en bij veel omgevingsgeluid (verkeer) is dit soort metingen lastig uit te voeren. De waarnemer dient over een goed gehoor te beschikken
- De kans op afleesfouten is aanzienlijk. Vooral afleesfouten van 1 meter of 10 centimeter treden vaak op
- Minder ervaren waarnemers maken dikwijls fouten bij het bepalen van het afleespunt. Zo wordt ten onrechte nogal eens de bovenkant van de schutkoker gehanteerd als referentiepunt, in plaats van de bovenkant van de peilbuis
- Er zijn verschillende type meetlinten in omloop met uiteenlopende specificaties qua nauwkeurigheid (lengte). Soms zijn de specificaties niet bekend. Daarnaast kan door ouderdom (krimp/rek) een meetlint door gebruik verder gaan afwijken

Naast het risico op afleesfouten bestaat het risico op schrijfffouten wanneer de gemeten grondwaterstandsdiepte wordt genoteerd. Hetzelfde geldt voor de verdere verwerking van analoog genoteerde gegevens (type- of interpretatiefouten bij het digitaliseren).

Elektronisch peilklokje

Het elektronisch peilklokje (ook wel 'contact gauge', 'dip meter' of 'hydropiep' genoemd) is de moderne variant van het analoge peilklokje. Hierbij is de meetband voorzien van een elektrode. Zodra de elektrode in aanraking komt met het grondwater, verschijnt een licht- en/of geluidssignaal. Evenals bij het analoge peilklokje wordt de grondwaterstandsdiepte vervolgens afgelezen op het meetlint ter hoogte van de bovenrand van de peilbuis.

De voor- en nadelen van deze methode zijn nagenoeg gelijk aan die van het analoge peilklokje. Belangrijkste voordeel ten opzichte van het analoge peilklokje is dat de waarnemer minder hinder heeft van omgevingsgeluid. Het elektronisch peilklokje is daarmee geschikt voor het peilen van peilbuizen met een zeer diepe grondwaterstand. Tevens is de lengte van het meetlint groter dan die van het metalen peilklokje, waardoor diepere stijghoogtes en de diepte van de peilbuis nagemeten kunnen worden. Nadeel van dit instrument is dat de contactpunten van de elektrode regelmatig gereinigd moeten worden. Vervuilde contactpunten kunnen de meting namelijk ernstig verstoren. Daarnaast moet gewaakt worden voor kabelbreuk, in het bijzonder op het punt waar de elektrode op het meetlint is aangesloten.

FIGUUR 4.3 ELEKTRONISCH PEILKLOKJE (BRON: OTT)



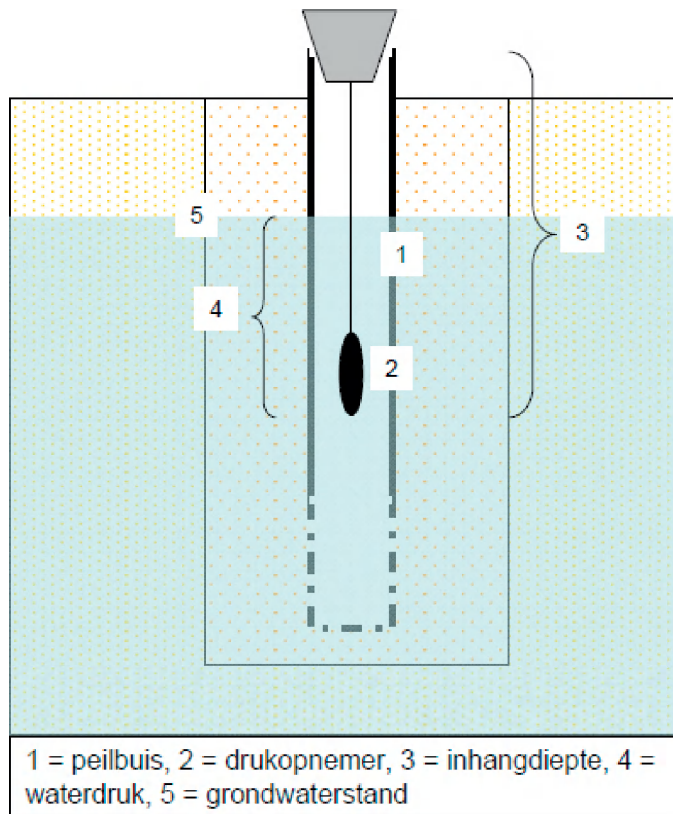
TABEL 4.2 SAMENVATTING VOOR- EN NADELEN HANDMATIG METEN EN ANALOOG/ELEKTRONISCH PEILKLOKJE

	Voordelen	Nadelen
Handmatig (algemeen)	Geen grote investeringskosten	Arbeidsintensief Minder ervaren waarnemers maken dikwijls fouten bij het bepalen van het afleespunt Risico op schrijffouten Meetreeks met lage frequentie
Analoog peilklokje	De meting is eenvoudig uit te voeren Er komt weinig techniek bij kijken waardoor de kans op storingen nihil is Voor de waarnemer is geen hoog kennisniveau vereist	Bij diepe peilbuizen en bij veel omgevingsgeluid lastig uit te voeren
Elektronisch peilklokje	Zelfde als analoog peilklokje Minder hinder van omgevingsgeluid Lengte van het meetlint is groter	Zelfde als analoog peilklokje Contactpunten van de elektrode regelmatig reinigen Risico op kabelbreuk

4.2.2 DRUKOPNEMERS

Stijghoogtemetingen worden steeds vaker geautomatiseerd verricht met behulp van drukopnemers. Met drukopnemers wordt de druk in de peilbuis gemeten, al dan niet ter plekke gecompenseerd voor de luchtdruk. Deze drukmeting kan worden omgerekend naar een grondwaterstand of stijghoogte.

FIGUUR 4.4 SCHEMATISCHE WEERGAVE DRUKOPNEMER IN PEILBUIS (BRON: LEUNK, I. E.A., 2011).



Voor- en nadelen drukopnemer

Het voordeel van de drukopnemer is een betrouwbare automatische registratie met een ruime variatie in meetfrequentie (0,5 sec – 3 weken). Hoogfrequente metingen geven een veel nauwkeuriger beeld van de dynamiek van het grondwatersysteem. Het nadeel zijn de investeringskosten. Bovendien kunnen de gegevens niet meer in een eenvoudig programma als Excel beheerd worden, maar is specifieke software nodig om de grote datahoeveelheden te kunnen verwerken. Op locaties waar behoefte is aan hoogfrequente metingen en bij het beheer van grote aantallen meetpunten, zal de aanschaf van drukopnemers zich snel terug verdienen.

FIGUUR 4.5 INSTALLEREN DATALOGGER (BRON: PROVINCIE GELDERLAND, 2012)



Absolute en luchtdruk gecompenseerd drukopnemers

Een drukopnemer meet geen waterstand maar een drukwaarde. Daarbij wordt niet alleen de druk van de waterkolom gemeten, maar ook de luchtdruk. De meetwaarde dient dus gecompenseerd te worden voor de luchtdruk. Hiervoor zijn twee technieken beschikbaar: de *luchtdruk gecompenseerde drukopnemer* en de *absolute drukopnemer*.

Bij de *luchtdruk gecompenseerde drukopnemer* staat de druksensor via een luchtslang ('snorkel') in contact met de atmosferische buitenlucht. Op deze wijze wordt de sensor van binnenuit gecorrigeerd op luchtdruk. Met deze methode kan een hoge meetnauwkeurigheid verkregen worden. De luchtslang brengt echter ook nadelen met zich mee: condens of knikken in de luchtslang verstoren de metingen. De ontluichtingsopening dient geregeld gereinigd te worden om vervuiling en verstopping te voorkomen. Bovendien moet het instrument 'op lengte' besteld worden, passend bij de diepte van de desbetreffende peilbuis. Het instrument kan daardoor niet zondermeer in een willekeurige andere peilbuis worden opgehangen.

Bij de *absolute drukopnemer* wordt gebruik gemaakt van twee separate sensoren. De ene sensor hangt beneden de grondwaterstand/stijghoogte en registreert zowel water- als luchtdruk; de andere sensor bevindt zich boven de hoogst te verwachten waterstand en registreert de luchtdruk. Door de luchtdrukwaarde af te trekken van de gecombineerde waterdruk/luchtdrukwaarde, wordt de netto waterdruk (en daarmee de hoogte van de waterkolom die zich boven de sensor bevindt) berekend. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van lokale of regionale luchtdrukcompensatie (zie [bijlage 6](#)). In de omrekening van waterdruk naar hoogte waterkolom wordt uitgegaan van de gemiddelde dichtheid van het water boven de sensor in de peilbuis. Deze varieert van 0,998 kg/dm³ voor zoet water tot 1,024 kg/dm³ voor zeer zout grondwater.

Belangrijk nadeel van de *absolute druksensor* ten opzichte van de *luchtdruk gecompenseerde druksensor* is dat gebruik gemaakt wordt van twee sensoren in plaats van één. Daarmee wordt een dubbel zo grote meetfout als gevolg van afwijkingen aan de druksensoren geïntroduceerd. Voordeel is echter dat het risico op verstopping van de luchtslang niet aan de orde is. Er bestaan systemen waarbij de absolute drukopnemer en de luchtdrukopnemer (bovenin de peilbuis) beide aan één datalogger gekoppeld zijn, die berekening voor luchtdrukcompensatie direct uitvoert.

FIGUUR 4.6 ABSOLUTE (RECHTS BRON: SCHLUMBERGER) EN LUCHTDRIJK GECOMPENSEERD DRUKOPNEMER (LINKS BRON: KELLER)



TABEL 4.3 SAMENVATTING VOOR- EN NADELEN VAN DATALOGGERS EN TYPEN DRUKOPNEMERS

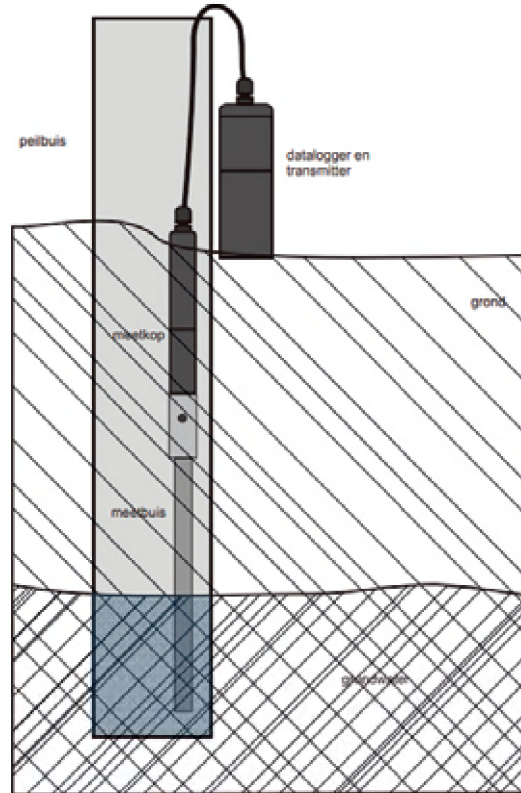
	Voordelen	Nadelen
Datalogger (algemeen)	Minder arbeidsintensief Grote meetfrequentie mogelijk	Kans op defecte dataloggers en hiaten in meetreeksen Hoger opleidingsniveau nodig
Luchtdruk gecompenseerd drukopnemer	Ter plekke voor luchtdruk gecompenseerd = hoge meetnauwkeurigheid Grondwaterstand in m+NAP is direct beschikbaar	Duurder dan een absolute drukopnemer Er bestaat risico op condensvorming in de luchtslang Instrument moet op lengte worden besteld, waardoor deze niet in een willekeurig ander meetpunt kan worden opgehangen
Absolute drukopnemer	Goedkoper dan een luchtdruk gecompenseerd drukopnemer	Moet achteraf voor luchtdruk worden gecompenseerd = meer werk Een dubbel zo grote meetfout als gevolg van afwijkingen aan de druksensoren omdat twee sensoren worden gebruikt

4.2.3 AKOESTISCH

Bij ultrasonore opnemers wordt gebruik gemaakt van een sensor die zich doorgaans boven het wateroppervlak bevindt en ultrasonore pulsen uitzendt (zie figuur 4.7). De door het water weerkaatste puls wordt vervolgens opgevangen door de sensor, waarbij bepaald wordt hoeveel tijd verstreken is tussen het uitzenden van de puls en het opvangen ervan. Bij radarmetingen wordt gebruik gemaakt van een min of meer vergelijkbaar principe. De meetfrequentie van akoestische meetsystemen is vrij instelbaar.

Akoestische meetapparatuur kan uitsluitend worden toegepast in peilbuizen waarin het grondwater fluctueert tussen 0,3 en 5,0 meter beneden de sensor van het instrument. Voordelen van deze methode zijn dat er geen luchtdrukcompensatie hoeft plaats te vinden en er geen drift (zie [bijlage 6](#)) optreedt. De sensor dient in een dichte meetbuis te worden geïnstalleerd omdat naden, vervuiling en insecten de metingen kunnen verstoren.

FIGUUR 4.7 MEETOPSTELLING AKOESTISCH METEN (BRON: MEETH20)



TABEL 4.4 VOOR- EN NADELEN AKOESTISCHE OPNEMER

Voordelen	Nadelen
<p>Geen luchtdrukcompensatie benodigd</p> <p>Geen last van 'drift'</p>	<p>Niet geschikt voor het meten van ondiepe grondwaterstanden of grondwaterstanden met een zeer grote fluctuatie</p>

4.3 MEETBEREIK EN NAUWKEURIGHEID

Voor handmatige metingen tot 60 meter diep schrijft de Nederlandse norm een maximale afwijking van ± 1.0 centimeter ten opzichte van het referentieniveau voor (NEN-ISO 21413, 2005). Voor geautomatiseerde methoden geldt de minst beperkende van de volgende drie criteria (NPR-ISO/TR 23211, 2009):

- 3 mm
- 0,1% over de hoogte waarin het waterpeil fluctueert
- 0,01% van de afstand van de peilbuis tot de waterspiegel

In de praktijk blijken deze nauwkeurigheden voor zowel de handmatige meting als voor de geautomatiseerde methoden niet haalbaar.

Meetbereik en nauwkeurigheid handmatige peilingen

Het meetbereik van een handmatige meting is afhankelijk van de maximale lengte van het meetlint, en is daarmee in de praktijk nauwelijks gelimiteerd. Een meetnauwkeurigheid tot 1 centimeter is haalbaar, maar afleesfouten van 1 meter of 10 centimeter komen geregeld voor.

Handmatig opgenomen peilbuizen vertonen vaak gaten in de meetreeks, met name in de vakantieperiode. Ontbrekende waarnemingen zijn op zichzelf geen fout, maar kunnen wel zorgen voor een verkeerde inschatting van de grondwaterkarakteristiek als systematisch te hoge of juist te lage grondwaterstanden niet worden meegenomen (bijvoorbeeld lage grondwaterstanden in het seizoen van de zomervakanties).

Meetbereik en nauwkeurigheid drukopnemers

Drukopnemers zijn verkrijgbaar met een uiteenlopend meetbereik. Bijvoorbeeld 0-5, 0-10 en 0-25 meter waterkolom. Hoe groter het meetbereik, des te kleiner de meetnauwkeurigheid. De meetnauwkeurigheid is namelijk vaak een percentage van het meetbereik (doorgaans 0,1 of 0,2%). In Nederland komen slechts beperkte fluctuaties in de grondwaterstand voor, met uitzondering van de directe omgeving van pompputten. Daarom kan doorgaans gebruik gemaakt worden van instrumenten met een relatief gering meetbereik, bijvoorbeeld tot 5 meter. Het is raadzaam om binnen hetzelfde meetnet zoveel mogelijk gebruik te maken van instrumenten met hetzelfde meetbereik, om verschillen in meetnauwkeurigheid tussen de onderlinge instrumenten te beperken. Soms wordt in diepe peilbuizen een meetinstrument met een groot meetbereik toegepast. Dat is nodig omdat het instrument onderin de peilbuis wordt gehangen, waardoor er een grote waterkolom op de sensor rust. Beter is, een meetinstrument met geringer meetbereik te gebruiken (hogere meetnauwkeurigheid) en deze hoger in de peilbuis af te hangen, net onder de te verwachten fluctuatietoneel van het grondwater. Sommige fabrikanten vermelden in hun productinformatie ook de maximale druk die het instrument aankan voordat (onherstelbare) beschadiging optreedt. Dit is een indicatie voor de robuustheid van het instrument en wordt meestal uitgedrukt in een overschrijdingsfactor van het opgegeven meetbereik. Ook de meetresolutie is een aandachtspunt. Deze is meestal in de orde van grootte van millimeters of tienden van millimeters.

Meetbereik en nauwkeurigheid akoestische systemen

Een akoestisch meetsysteem is niet geschikt voor het meten van ondiepe grondwaterstanden; de sensor dient zich ten minste 0,30 meter boven de hoogst voorkomende grondwaterstand te bevinden. In de praktijk betekent dit dat akoestische systemen niet geschikt zijn om op te hangen in gebieden met een risico op grondwaterstanden hoger dan 0,5 meter onder maaiveld, tenzij de akoestische opnemers in een schutkoker boven maaiveld worden geplaatst. De maximale meetdiepte onder de sensor is circa 5,0 m. Een akoestisch systeem kan een nauwkeurigheid van ongeveer 1 centimeter halen.

Meetbereik en nauwkeurigheid temperatuursensoren

Automatische meetinstrumenten (zowel drukopnemers als akoestische sensoren) bestaan uit een mechanisch deel en een elektrisch deel. De meetwaarden moeten gecorrigeerd worden voor temperatuursinvloeden en daarom registreert een automatisch meetinstrument zowel een drukwaarde als een temperatuurwaarde. De nauwkeurigheid waarmee de temperatuur wordt gemeten is mede bepalend voor de uiteindelijke nauwkeurigheid van de meetwaarde en het meetbereik van de temperatuursensor is bepalend voor de inzetbaarheid van het instrument. Wanneer de omgevingstemperatuur zich buiten het meetbereik van de temperatuursensor bevindt, zijn de metingen onbetrouwbaar. Bij sommige leveranciers van drukopnemers blijkt het temperatuurbereik van de luchtdrukmeting tot een minimumwaarde van 0 °C beperkt. Met andere woorden: bij vorst worden de luchtdrukmetingen (en daarmee dus ook de uiteindelijke luchtdrukgecompenseerde meetwaarden) onbetrouwbaar. Bij akoestische meetinstrumenten wordt de geluidssnelheid in lucht geschat aan de hand van temperatuursmetingen. Afwijkende temperatuursmetingen

vormen daardoor een mogelijke foutbron. Elke graad temperatuurafwijking betekent circa 0,17% afwijking in de geluidsnelheid in lucht. Bij een grondwaterstand op 2 meter onder de sensor geeft dat een meetafwijking van 0,34 centimeter/°C.

Het meetbereik en de meetnauwkeurigheid van de temperatuursensoren zijn belangrijke aandachtspunten bij de aanschaf van meetapparatuur. Maar ook de bijbehorende datalogger heeft een temperatuurbereik; deze is doorgaans groter dan dat van het meetinstrument. Niet alle leveranciers maken in hun productinformatie melding van het temperatuurbereik van de datalogger. Buiten het temperatuurbereik van de datalogger werkt de gegevensopslag niet naar behoren.

4.4 TELEMETRIE

Telemetrische gegevensverzameling bestaat uit het registreren van de grondwaterstand met een sensor waarna, eventueel via een datalogger voor lokale opslag in de peilbuis, de gegevens via een telecommunicatieverbinding worden verzonden naar een hoofdpst. Dit kan real-time gebeuren of met een vooraf ingesteld tijdsinterval, bijvoorbeeld eens per dag. Voor telemetrisch meten is weinig arbeid nodig. Minimaal twee keer per jaar, maar optimaal vier keer per jaar dienen de fysieke peilbuizen gecontroleerd te worden op de juiste werking. De frequentie waarmee een meetpunt bezocht moet worden, is daarmee gelijk aan meetpunten waar met behulp van dataloggers wordt gemeten (zie ook paragraaf 4.5).

Naast inzicht in de grondwaterstand, de grondwaterdynamiek en het maximale bereik, is het bij sommige telemetrische systemen mogelijk op afstand inzicht in zowel de grondwaterstand als de werking van de datalogger te krijgen en de instellingen (meetfrequentie, verzendfrequentie) op afstand te wijzigen.

Telemetrische meettechnieken bieden meer mogelijkheden en flexibiliteit dan autonome dataloggers:

- Doordat de werking van telemetrische meetpunten op afstand gecontroleerd kan worden, wordt dataverlies verminderd. Wanneer een autonome datalogger die vier keer per jaar in het veld wordt uitgelezen defect blijkt, kunnen de meetgegevens van drie maanden ontbreken
- Wanneer de meetfrequentie en de verzendfrequentie op afstand instelbaar zijn, kunnen bij bijvoorbeeld werkzaamheden, bemalingen of peilveranderingen de meet- en verzendfrequentie worden opgeschroefd. Ook zijn grenswaarden in te stellen waarbij automatische meldingen worden verstuurd bij niveauoverschrijdingen. Het systeem is actueel en flexibel

FIGUUR 4.8 TELEMETRIE GEÏNSTALLEERD IN STRAATPOT (RECHTS) EN ROUTER (LINKS) (BRON: WARECO)



Het benodigde stroomverbruik voor telemetrische apparatuur is een aandachtspunt. Afhankelijk van het bereik en de instellingen kunnen de batterijen een tot drie jaar meegaan. Verkeerde instellingen of een zwak netwerkbereik kunnen leiden tot hoog stroomverbruik en een korte levensduur van de batterij. Het netwerksignaal kan in het veld worden bepaald maar kan fluctueren tussen de seizoenen (relatief sterk signaal in de winter, relatief zwak signaal in de zomer). In geval van slecht bereik kan een grotere antenne geplaatst worden. In gebieden vlakbij de landsgrens moet rekening worden gehouden met 'roaming' tussen het Nederlandse en buitenlandse netwerk. Dit kan leiden tot gegevensverlies, hoge communicatiekosten en verhoogd stroomgebruik. Geadviseerd wordt om 'roaming' in grensregio's uit te schakelen op het instrument. Stalen schutkokers zijn niet bruikbaar bij gebruik van een telemetrisch systeem omdat ze de communicatieverbinding blokkeren.

Real-time grondwaterstandmonitoring

Real-time grondwaterstandmonitoring houdt in dat de meetpunten worden voorzien van meetapparatuur waarmee draadloos en continu de grondwaterstand gemonitord wordt. Hiermee zijn de actuele grondwaterstanden altijd en overal online beschikbaar, waardoor permanente bewaking van de grondwaterstanden mogelijk wordt. Ongewenste verlagingen/verhogingen van de grondwaterstanden worden gesignaleerd en er kan direct worden ingegrepen. Real-time grondwaterstandmonitoring wordt bijvoorbeeld toegepast wanneer bebouwing nabij werkzaamheden gevoelig is voor verstoring van het geotechnisch evenwicht als gevolg van grondwaterstandverlagingen.

TABEL 4.5 VOOR- EN NADELEN TELEMETRISCHE SYSTEMEN

Voordelen	Nadelen
Storingen zijn snel te detecteren waardoor dataverlies wordt verminderd	Extra kosten voor apparatuur
Mogelijkheid tot alarmering	Meer onderhoud: vervangen accu's
	Stalen schutkokers kunnen signaal verstoren (tenzij gebruikgemaakt van antenne)
	Om goede werking te garanderen dient een telemetrische lokatie even frequent bezocht te worden als een niet-telemetrische lokatie

4.5 HANDMATIGE CONTROLEMETINGEN EN UITLEZINGEN IN HET VELD

Indien automatische opnemers worden toegepast, is het raadzaam de grondwaterstandbuizen circa vier keer per jaar, verspreid over de seizoenen, te bezoeken om een handmatige controlemeting te doen en -in geval van dataloggers- deze uit te lezen (Vitens (2012)). Een handpeiling controleert zowel de opgenomen reeks van de afgelopen drie maanden als de reeks van de toekomstige drie maanden en is uitermate belangrijk voor validatie. Mocht een datalogger defect zijn geraakt, of om enig andere reden buiten werking zijn, dan is het dataverlies maximaal drie maanden (indien reservemateriaal en dataloggers worden meegenomen).

Dataloggers die aan een staalkabel zijn opgehangen, moeten voor het uitlezen omhoog gehaald worden. Het ophalen van de drukopnemer kan de grondwaterstand in de peilbuis verlagen omdat het volume van de drukopnemer zich niet meer onder de grondwaterspiegel bevindt. Anderzijds kan de grondwaterstand in de peilbuis door het ophalen van de drukopnemer juist kunstmatig worden opgetrokken door vacuümwerking, zeker bij een peilbuis met een kleine diameter. De handmatige controlemeting dient daarom altijd voorafgaand aan het ophalen van de drukopnemer te gebeuren om het meten van de (tijdelijk) verkeerde grondwaterstand uit te sluiten. Bij het afhangen van een drukopnemer in een peilbuis geldt het omgekeerde: eerst de handmatige controlemeting uitvoeren en dan pas het instrument afhangen.

Om een goede controle uit te kunnen voeren, is het van belang dat de handmatige controlemeting binnen een uur rond de meting (of het starttijdstip) van de drukopnemer wordt uitgevoerd. Gebruik voor het uitlezen van dataloggers bij voorkeur vaste uitleeskabels, zodat de drukopnemer niet uit de peilbuis gehaald hoeft te worden. Elke extra beweging kan verstoring van de apparatuur betekenen (en ook kans op besmetting). De meetapparatuur bevat gevoelige onderdelen zoals drukmembranen. Drukopnemers dienen daarom tevens rustig en met zorg ingehangen te worden (niet laten plonsen). Maak bij voorkeur gebruik van kabels op maat, dit betekent dat de kabels niet opgelust of ingekort hoeven te worden. Geleverde kabels worden met een geijkt meetlint nagemeten. Gebruik ook een geijkt peillint voor de handmatige controlemetingen. Wanneer het meetlint niet meer strak is (bochtig) of als het niet meer goed werkt, dient het te worden vervangen. Het is aan te bevelen de meetlinten regelmatig in een standaardopstelling te controleren (bron: Vitens, Validatie procedure, 2012).

Indien de grondwaterstand niet kan worden gemeten, wordt de reden aangegeven volgens onderstaande letters. Wanneer er een letter wordt aangegeven mag er geen opname zijn. 'Geen opname' is namelijk beter dan een foutieve opname.

<u>Letters:</u>	<u>Opmerking:</u>
N	Niet opgenomen
W	Ondergelopen
B	Bemalen
Y	Ijs
D	Droog
O	Overgelopen

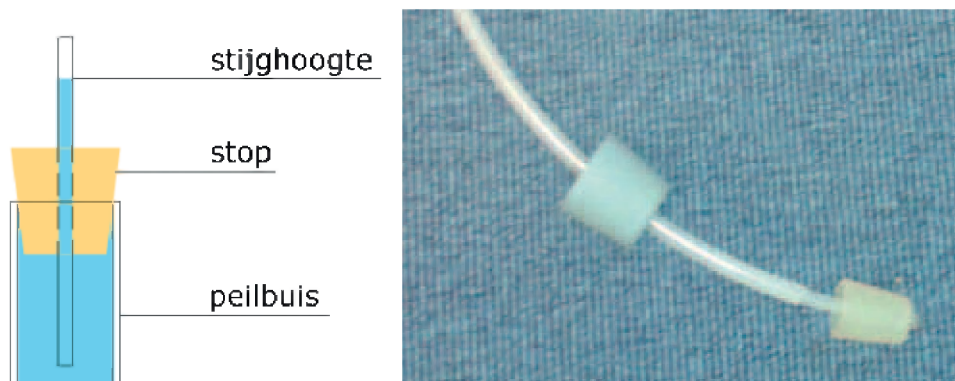
(Bron: GDN-TNO)

Tijdens een meetronde dient de peilbuis te worden gecontroleerd op zichtbare gebreken. Ook bijzonderheden in de omgeving van de peilbuis worden vastgelegd: bijvoorbeeld bronnering, beregening, infrastructurele werken. etc.

4.6 HET METEN VAN ARTESISCH GRONDWATER EN PEILBUIZEN DIE ONDER WATER STAAN

Als er water boven uit de peilbuis stroomt (artesisch grondwater) kan geen juiste stijghoogte worden gemeten. Het ontbreken van deze stijghoogte maakt de meetreeks minder waardevol en minder bruikbaar, omdat het meetdoel van de peilbuis (waarschijnlijk) verband houdt met mogelijke kwel (en bijvoorbeeld kwelafhankelijke vegetatie). Als deze kwel niet goed wordt gemeten, kan het lijken dat er minder kwel optreedt dan in werkelijkheid het geval is. Om dit dilemma op te lossen zou de peilbuis eigenlijk opgelengd moeten worden. Dit is aan te bevelen als de peilbuis heel vaak overkwelt. Als de peilbuis slechts incidenteel overkwelt of al hoog boven maaiveld is afgewerkt, kan de peilbuis tijdens een meting tijdelijk worden verlengd met behulp van een 'kwelmeter', bestaande uit een polyethyleen slang met aan het uiteinde een siliconen stop. De stop dient niet te diep in de peilbuis weg te zakken, omdat de stop er anders zeer moeilijk weer uitgaat. Wanneer het slangetje loodrecht boven de peilbuis wordt gehouden, wordt de uiteindelijke waterhoogte het snelst bereikt. Enige tijd na het aanbrengen van de kwelmeter zal het water niet verder meer stijgen in het slangetje. Nu moet de loodrechte afstand tussen de waterspiegel in het slangetje en de buisrand worden gemeten. (bron: van der Meulen, K. 2012).

FIGUUR 4.9 SCHEMATISCHE WEERGAVE EN FOTO VAN DE 'KWELMETER'. DE TWEE STOPPEN ZIJN VOOR PEILBUIZEN MET VERSCHILLENDE DIAMETERS (BRON: WARECO)



Soms is de peilbuis verdwenen in een plas water. De meeste opnemers noteren dan de code W (onder water). Met de kwelmeter is de stijghoogte van de peilbuis alsnog te bepalen. Daarmee wordt tevens bepaald of er sprake is van een 'kwelplas', 'plas' of een 'regenplas':

- Als de waterstand in het slangetje hoger is dan de waterspiegel van de plas, is er sprake van een door kwelwater gevormde plas (een 'kwelplas'). Er stroomt dan grondwater door de peilbuis omhoog. Als de afstand tussen de waterspiegel in het slangetje en de buisrand bijvoorbeeld 9 centimeter is, moet op het formulier de stand -9 (minus 9) worden genoteerd. Aangezien er een opname is gedaan mag er geen opmerkingcode worden ingevuld (zie paragraaf 4.5)
- Als de waterstand in het slangetje gelijk is aan de waterspiegel van de plas, is er sprake van een 'plas'. De waterhoogte van de plas is dan gelijk aan de grondwaterstand in de peilbuis. Als de afstand tussen de waterspiegel in het slangetje en de buisrand bijvoorbeeld 12 centimeter is, moet op het formulier de stand -12 (minus 12) worden genoteerd. Aangezien er een opname is gedaan mag er geen opmerkingcode worden ingevuld (zie paragraaf 4.5)

- Als de waterstand in het slangetje lager is dan de waterspiegel van de plas is er sprake van een door regenwater gevormde plas (een ‘regenplas’). Er stroomt dan water door de peilbuis omlaag. In dit geval is het niet mogelijk een waterstand te meten en moet op het formulier de code W worden genoteerd en bij de opmerkingen “water loopt in de peilbuis”. Het is dan duidelijk dat de waterplas gevormd is door regenwater, dat zich op het laagste punt in de omgeving heeft verzameld. De peilbuis moet dan eigenlijk opgelengd worden om alsnog een stand te kunnen meten of er moet een sleufje gegraven worden om het water af te voeren (bron: van der Meulen, K. 2012)

4.7 VERWERKING EN VALIDATIE

De ruwe data moet worden omgezet naar grondwaterstanden ten opzichte van NAP. Vaak wordt dit automatisch gedaan in de database en is het voldoende om de handmetingen (of de ruwe drukopnemerfiles) in te voeren. De meetgegevens worden handmatig of automatisch in de database ingevoerd. Bij de verwerking van de meetgegevens moeten de data goed worden gevalideerd:

- Handmatige controle op typefouten in de ingevoerde grondwaterstanden en stijghoogten
- Automatische controle aan de hand van vooraf ingestelde minimum- en maximumwaarden (signaleringswaarden), controle van trendafwijkingen (vergelijk meerdere peilbuizen met gelijke trends met elkaar), controle met de handpeilingen

Wanneer gewerkt wordt met absolute drukopnemers, is het allereerst zaak om te controleren of de luchtdrukmetingen correct zijn. Dit kan gedaan worden door vergelijking van luchtdrukreeksen onderling of vergelijking met waarden die door het KNMI beschikbaar worden gesteld. Verder is het van belang om te controleren of de sensoren niet buiten hun temperatuurbereik hebben gemeten. Na de luchtdrukcompensatie worden de gecorrigeerde drukopnemerreeksen met de handmatige controlemetingen vergeleken en wordt gecontroleerd of de stand technisch mogelijk is (Vitens (2012)). Daarnaast moet worden gecontroleerd of de reeks niet buiten de langjarige trend loopt en wordt de reeks vergeleken met naburige reeksen en met bijvoorbeeld de neerslag of rivierstand. Als er waarden zijn die een afwijking vertonen, worden de opmerkingen uit de meetronden bekeken. Indien tijdens de veldwerkzaamheden een fout is vastgesteld die de afwijking verklaart, kan de reeks worden hersteld. Wanneer er onverklaarbaarheden worden geconstateerd, dient iemand met hydrologische kennis de reeks te beoordelen. Tot slot wordt elke reeks visueel beoordeeld door een controle op abrupte verschillen en uitschieters. Wat een menselijk oog ziet, is moeilijk te programmeren. Voer deze beoordeling minstens elk jaar uit en houd nauwkeurig een logboek bij van de validatie en doorgevoerde correcties zodat wijzigingen altijd reproduceerbaar en herleidbaar zijn. Het is aan te bevelen het logboek in de database met metingen te bewaren.

Label een gevalideerde reeks op twee niveaus:

Niveau 1: betrouwbaar, onverklaarbaar, onbetrouwbaar, niet gecontroleerd

Niveau 2: gecorrigeerd en niet gecorrigeerd. Label een specifiek punt of (deel-)reeks

Stuur niet-gecontroleerde data nooit naar DINO. Om de betrouwbaarheid te vergroten, wordt aanbevolen om minimaal jaarlijks een rapport van de gegevens te maken. Veel tijd kan worden bespaard en fouten kunnen worden voorkomen als de database zodanig wordt aangepast, dat de opnamegegevens direct kunnen worden verwerkt en zo eenvoudig mogelijk kunnen worden geëxporteerd in het DINO/NITG-format. De database dient in staat te zijn om meerdere meetlocaties aan één barometrische drukopnemer te koppelen. Meer informatie over (geautomatiseerde) gegevensverwerking is te vinden in hoofdstuk 6.

5

ONDERHOUD

5.1 REGISTREREN BIJZONDERHEDEN IN HET VELD

De veldmedewerker controleert de peilbuis tijdens het veldwerk en kan zaken opmerken die aanleiding geven tot onderhoud, bijvoorbeeld:

- Peilbuis is stuk
- Peilbuis is verstopt
- Ontbreken van:
 - Labels
 - Doppen
 - Sloten
 - Dekfels
- Peilbuis staat vaak lange tijd onder water
- Peilbuis niet goed toegankelijk meer, bijvoorbeeld door dichtgroei met onkruid of struiken
- Peilbuis verdwenen na herbestrating
- Ongedierte in de peilbuis
- Verzakking van de peilbuis

5.2 KLEIN, REGULIER ONDERHOUD

Klein, regulier onderhoud betreft onderhoud aan de peilbuis, dat meteen gedaan kan worden bij het uitlezen van de dataloggers. Indien zaken worden aangetroffen die niet meteen kunnen worden verholpen, worden deze geregistreerd en als groot onderhoud aangemerkt.

Klein onderhoud bestaat bijvoorbeeld uit:

- Schoonmaken van de datalogger, kabels en bevestigingsmateriaal
- Schoonmaken van de binnenkant van de schutkoker of staatpot
- Gangbaar maken van sloten en scharnieren
- Weghalen van hinderlijke begroeiing
- Herstellen van labels; sloten smeren of vervangen
- Controleren en bijhouden van de hulpmiddelen voor de herkenbaarheid, zoals piketten en fluorescerende stickers

Indien een meetinstrument een foutmelding geeft of niet kan worden uitgelezen, dient deze vervangen te worden door een reserve-opnemer. Bij een (eenmalige) afwijking van de automatische datalogger van >5 centimeter is een extra handmatige controlemeting binnen enkele weken aan te bevelen. Een afwijking van >10 centimeter is onacceptabel. Het is aan te bevelen een reserveset meetapparatuur achter de hand te houden van 5 á 10 % van het totale meetnet.

5.3 HERSTELWERKZAAMHEDEN

Reparatie betreft het herstellen of omvormen van bestaande meetlocaties. Dit gebeurt op basis van de geconstateerde gebreken tijdens de reguliere veldbezoeken. Het zijn dus herstelwerkzaamheden die niet meteen bij de periodieke controlerondes worden uitgevoerd.

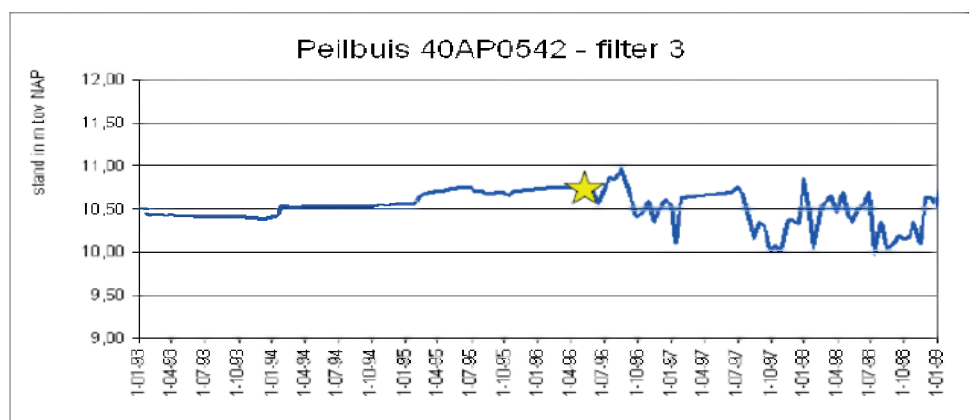
Een peilbuis die afgebroken, dan wel anderszins beschadigd is, moet hersteld worden. Daarnaast dient een peilbuis die te vaak onder water staat verlengd te worden of een waterdichte afsluiting te krijgen en ter bescherming te worden voorzien van een schutkoker. Wanneer een peilbuis niet meer te repareren of ontstoppen is, moet deze herplaatst worden. Tot slot dient, als dit nodig is voor het meetdoel, een peilbuis die te vaak droog staat met een dieper filter opnieuw te worden geplaatst. Aanpassingen die gedaan zijn, moeten worden genoteerd, bijvoorbeeld bij wijziging van de bovenkant van de peilbuis, of wijzigingen aan de datalogger. Per gebied worden de uitgevoerde werkzaamheden en gemaakte beschrijvingen gerapporteerd.

Ook metingen zelf kunnen aanleiding vormen voor herstelwerkzaamheden. Controleer daarom regelmatig de tijdreeks van de grondwaterstand; afwijkingen in de tijdreeks kunnen een indicatie zijn voor problemen. Door een lek bovenin een (diepe) peilbuis kan bijvoorbeeld water naar binnen stromen, waardoor in de peilbuis de ondiepe grondwaterstand heerst in plaats van de diepere stijghoogte.

5.4 GROOT ONDERHOUD

Groot onderhoud betreft periodiek algemeen onderhoud. Dit is noodzakelijk om de kwaliteit van de meetreeks te kunnen waarborgen. Als gevolg van verstopping van het filter kan bijvoorbeeld weinig variatie in grondwaterstanden worden waargenomen, terwijl die er in werkelijkheid wel is (zie figuur 5.1). Het is aan te bevelen iedere vijf jaar groot onderhoud uit te voeren waarbij de peilbuizen worden schoongepompt om ingespoeld materiaal uit het filter te verwijderen (zie ook paragraaf 3.7) en de peilbuizen opnieuw worden ingemeten ten opzichte van NAP (zie ook paragraaf 3.10). Indien peilbuizen in een veengebied staan, wordt in verband met zakkings aanbevolen deze vaker dan eens per vijf jaar opnieuw in te meten.

FIGUUR 5.1 ILLUSTRATIE BELANG VAN ONDERHOUD VOOR BETROUWBAARHEID VAN EEN MEETREEKS. PAS NA HET SCHOONPOMPEN VAN HET FILTER IN MEI 1996, WORDT HET WERKELIJKE VERLOOP VAN DE GRONDWATERSTAND ZICHTBAAR (BRON: WILLEMSSEN, J., 2006).



5.5 OPHEFFEN VAN PEILBUIZEN

Wanneer een peilbuis niet meer bemeten wordt, dient deze te worden verwijderd. Een voordeel van het laten staan van een peilbuis is dat een aantal kenmerken teruggezocht kan worden wanneer later gebruik gemaakt wordt van de oude meetreeks (bijvoorbeeld controle van hoogte, coördinaten en filterdiepte). Beter is echter om deze gegevens vanaf het begin nauwkeurig vast te leggen in de database, zodat niet-bemeten peilbuizen zondermeer verwijderd kunnen worden. Redenen voor het verwijderen zijn o.a.:

- Zorgplicht; een peilbuis staat dikwijls op het terrein van derden. Na beëindiging van de metingen dient het terrein in oorspronkelijke toestand te worden hersteld
- Met name bij zeer diepe filters en/of doorsnijdingen van slecht doorlatende lagen geldt dat bij beschadiging of verval een vergroot risico ontstaat dat verontreinigingen en dergelijke rechtstreeks in contact komen met de diepe ondergrond
- Vooral bij ondiepe (freatische) peilbuizen is het doorgaans niet lonend om de peilbuis te laten staan 'voor het geval men er in de toekomst ooit nog wil meten'. Dat 'moment in de toekomst' komt namelijk bijna nooit. En mocht er toch weer een meetvraag in het desbetreffende gebied zijn, staat de peilbuis vaak net niet op de gewenste locatie. Zelfs al zou dat wel het geval zijn, is op zo'n moment groot onderhoud aan de peilbuis noodzakelijk. Al met al wegen de inspanningen om de peilbuis te laten staan niet op tegen de kosten voor het aanbrengen van een nieuwe peilbuis
- Wanneer een peilbuis verwijderd wordt, direct nadat het besluit tot stopzetting van de metingen is gevallen, kan men niet in de verleiding komen om de metingen toch maar voort te zetten 'voor het geval dat', of 'omdat we er al zo lang gemeten hebben' etc. Hiermee blijft de omvang van het meetnet, en daarmee de exploitatiekosten, beheersbaar

Ga vóór het stopzetting van de metingen eerst na of er sprake is van andere/nieuwe meetdoelen in het gebied. Het kan bijvoorbeeld voorkomen dat bij het opheffen van een projectmatig meetnet één of meer van de peilbuizen aan het regulier meetnet kunnen worden toegevoegd, of dat derden er nog belang bij hebben. Daarnaast is het van belang om te kijken of de beoogde peilbuizen voldoende geschikt zijn om de meting voort te zetten. Let hierbij op: Kwaliteit van de verzamelde meetreeks (bijvoorbeeld met behulp van tijdreeksanalyse)

- Kwaliteit en technische staat van de peilbuis
- Technische staat van de eventueel aanwezige meetapparatuur

Voordat een peilbuis verwijderd wordt is het verstandig de peilbuis hoogte nogmaals in te meten, omdat dit na verwijdering niet meer mogelijk is. Het verwijderen van peilbuizen gaat als volgt: bij peilbuizen waar geen sprake is van doorsnijding van slecht doorlatende lagen, wordt de straatpot en/of schutkoker verwijderd en de peilbuis eruit getrokken. Het resterende boorgat wordt opgevuld met ter plaatse aanwezige grond of zwelklei. Bij diepe peilbuizen en/of peilbuizen waar sprake is van doorsnijding van een slecht doorlatende laag, wordt de straatpot of schutkoker verwijderd. De peilbuis wordt vervolgens minimaal 50 centimeter onder maaiveld afgezaagd en de resterende peilbuis wordt geheel opgevuld met zwelklei. De verwijderde peilbuis wordt ten slotte afgemeld bij DINO/BRO.

6

ADMINISTRATIE EN GEGEVENSVERWERKING

6.1 INLEIDING

De administratie van een meetnet is cruciaal. Dataverzameling moet tot inzicht leiden, meten wordt dan weten. Naast informatie over de meetgegevens is informatie over de omgeving waarin gemeten wordt, cruciaal. Het proces dat gevolgd wordt bestaat uit drie stappen:

1. Gegevens worden verzameld in het veld (zowel basisinformatie als meetdata)
2. Gegevens worden in een informatiesysteem opgeslagen, verwerkt en gevalideerd (zowel basisinformatie als meetdata). Hier volgen tijdreeksen uit
3. Gevalideerde tijdreeksen worden gepresenteerd via Dino/BRO

Nadat deze drie stappen zijn doorlopen kan de eindgebruiker met de gegevens aan de slag, bijvoorbeeld in een applicatie voor tijdreeksanalyse, of een grondwatermodel.

6.2 BASISINFORMATIE PEILBUIS

De basisinformatie (ook wel metadata) betreft alle relevante informatie rond een peilbuis. Tijdens de aanleg en de oplevering van de peilbuis komen verschillende gegevens beschikbaar. Het is van belang dat deze informatie over de peilbuizen op een eenduidige manier opgeslagen wordt. In ieder geval moeten de volgende gegevens worden opgeslagen:

- NITG- of BRO nummer
- Eventuele interne naam/code (niet aanbevolen)
- Coördinaten
- Hoogte bovenkant peilbuis ten opzichte van NAP
- Hoogte maaiveld ten opzichte van NAP
- Beschrijving van de peilbuis
 - Materiaal
 - Diameter
 - Boven- en onderzijde filter
- Ligging van de peilbuis ingetekend op kaart
- Overzichtsfoto
- Boorbeschrijving volgens NEN 5104
- Eventuele aanvullende bijzonderheden over het meetpunt en zijn directe omgeving

Deze informatie is cruciaal voor het op een juiste wijze kunnen interpreteren van de meetgegevens en de terugvindbaarheid van de peilbuis. Houd een logboek bij met wijzigingen in basisinformatie en wanneer deze verwerkt zijn. Op het moment van schrijven is de BRO in ontwikkeling en is nog niet geheel duidelijk welke gegevens relevant zijn voor BRO. Deze gegevens worden gedefinieerd in gegevenscatalogi en uiteindelijk vastgesteld door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Opslag van meetgegevens en metadata

De meetdata vormen de basis voor onderzoek. De documentatie en opslag van meetgegevens zijn daarom van groot belang. Allereerst moeten de originele data digitaal worden opgeslagen (eventueel gescand):

- Formulieren met handpeilingen en opmerkingen
- Opmerkingen van de veldwerker (bijvoorbeeld over toestand van de peilbuis of bijzonderheden in de omgeving)
- Aanpassingen van metadata: bijvoorbeeld formulieren met nieuwe NAP-meting
- Originele bestanden van automatische meetinstrumenten (bijvoorbeeld drukopnemerbestanden en luchtdrukbestanden)

Doordat er steeds meer hoogfrequent wordt gemeten, is er steeds meer data beschikbaar. Databases lopen hierdoor sneller vol. Sommige databaseprogramma's ondervinden nu al problemen bij de huidige datastroom. Het is echter aannemelijk dat ofwel die problemen in de nabije toekomst zullen worden verholpen ofwel dat databaseprogramma's die niet goed zijn toegerust op dit soort data, worden verruild voor betere. Een makkelijk toepasbare optie is het simpelweg netjes opslaan van de originele bestanden op een harde schijf. Behalve de metingen zelf moeten aanpassingen aan de peilbuis of de inhangdiepte goed worden verwerkt in de database. Bij een handmeting meten we de stand ten opzichte van de bovenkant van de peilbuis. Als de peilbuis wordt verlengd, is de afstand tot het grondwaterpeil groter bij een gelijke grondwaterstand. Ook als de inhangdiepte wordt gebruikt om een drukopnemermeting om te rekenen naar de grondwaterstand is het belangrijk om verandering van inhangdiepte door te voeren.

De handwaarnemingen op het moment van uitlezing worden digitaal gearchiveerd. De uitleesbestanden van de automatische meetinstrumenten en de gevalideerde meetreeksen worden door de meetnetbeheerder gearchiveerd. De opslag van de meetdata kan op verschillende manieren plaatsvinden. Hieronder staan diverse mogelijkheden.

a. Opslag enkel in de BRO

De meetgegevens worden doorgestuurd naar TNO (als beheerder) en zijn daarmee toegankelijk voor iedereen via Dinoloket/BRO. U houdt geen eigen database aan. De (beperkte) presentatiemogelijkheden van het Dinoloket/BRO worden als voldoende beschouwd. Overigens kunnen de meetdata altijd gedownload worden en bijvoorbeeld via Excel verwerkt worden tot de gewenste grafieken.

Aandachtspunten bij deze variant:

- De validatie van de metingen. Alleen de gevalideerde metingen moeten doorgestuurd worden. Hoe worden de oorspronkelijke bestanden/meetgegevens bewaard?
- Hoe wordt het beheer van de metadata (en wijzigingen daarin) gewaarborgd?
- De BRO is niet geschikt voor alle beheergegevens van een meetnet
- Wanneer gebruik gemaakt wordt van absolute drukopnemers met regionale luchtdrukmetingen dient de luchtdrukcorrectie door meetnetbeheerder te worden uitgevoerd. De BRO accepteert uitsluitend gecorrigeerde tijdreeksen

b. Eigen bestand

Voor een meetnet dat beperkt is in omvang (aantal peilbuizen) of meetdata (bij alleen handmatig bemeten) kan een Excel-bestand volstaan.

Aandachtspunten bij deze variant:

- Toegankelijkheid van de spreadsheet. Kunnen meerdere medewerkers hierin en hoe is de beveiliging geregeld?
- Het beheer van metadata (en wijzigingen daarin) dient gewaarborgd te worden in een logboek
- Toezenden data naar BRO moet geregeld zijn
- Wanneer gebruik gemaakt wordt van absolute drukopnemers met regionale luchtdrukmetingen dient de luchtdrukcorrectie door meetnetbeheerder te worden uitgevoerd. De BRO accepteert uitsluitend gecorrigeerde tijdreeksen

c. Eigen database

Voor een uitgebreider meetnet dan bij b. is een database verstandig. Onderdeel van deze database vormen zowel de ruwe als de gevalideerde (vrijgegeven) data. Door de ruwe data te bewaren, wordt gewaarborgd dat in de toekomst altijd nog teruggedaan kan worden naar de basis. Er kan hierbij bijvoorbeeld gedacht worden aan een uitschieter die onterecht als foutieve meting is beoordeeld en daarom uit de meetreeks verwijderd is. Met een export-knop dient de eigen meetdata geëxporteerd te kunnen worden naar de BRO database. In de eigen database kunnen naar eigen inzicht foto's, boorbeschrijvingen, luchtfoto's, detailkaarten en overige metadata worden toegevoegd. Daarnaast kunnen naar eigen wens grafieken worden opgesteld, statistische analyses worden gepresenteerd en de grondwaterstanden gekoppeld worden aan bijvoorbeeld neerslaggebeurtenissen.

Aandachtspunt in deze variant:

- Afstemming met interne automatiseringsafdeling is nodig. Dataopslag op intern netwerk. Opleiding voor het gebruik van het databasepakket is nodig
- Veel keuzemogelijkheden in presentatie meetgegevens en koppeling met een waterloket. Specifieke informatie kan bijgevoegd worden, bijvoorbeeld over het grondwaterbeleid en de gewenste ontwateringsdiepte
- De applicatie dient te beschikken over een mogelijkheid om luchtdrukcorrectie voor gangbare modellen absolute drukopnemers uit te voeren.

d. Externe database

Deze variant is vergelijkbaar met variant c, met dit verschil dat de database extern is gehost en het databeheer (inclusief data-levering aan Dinoloket/BRO) is uitbesteed. Via een internetportal wordt de database ontsloten. Een externe partij beheert de data als opdrachtnemer.

Aandachtspunten bij deze variant:

- Externe database kan door meerdere organisatie worden gedeeld
- Internet toegang volstaat voor het raadplegen van meetinformatie
- Kan volledig open staan naar iedereen, dan wel afgeschermd worden middels een wachtwoord
- Import van meetdata uit het Dinoloket/BRO van andere instanties mogelijk (bijvoorbeeld van peilbuizen van het waterschap of Staatsbosbeheer)

6.3 INFORMATIE DELEN/BRO

Voor 2001 werden de grondwaterstandreeksen opgeslagen in de OLGA (On Line Grondwater Archief) databank van TNO-NITG. Sinds 1 januari 2001 heet deze databank Dinoloket (www.dinoloket.nl). Dit is de centrale toegangspoort tot het Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (DINO) systeem. Het DINO-systeem is de centrale opslagplaats voor geowetenschappelijke gegevens over de diepe en ondiepe ondergrond van Nederland. Het archief omvat diepe en ondiepe boringen, grondwatergegevens (zowel de waterstand als kwaliteitsgegevens), sonderingen, geo-elektrische metingen, resultaten van geologische, geochemische en geomechanische monsteranalyses, boorgatmetingen en seismische gegevens. Van elke peilbuis wordt de volgende informatie opgeslagen: peilbuisnummer; type peilbuis; peilbuishoogte ten opzichte van NAP; peilbuishoogte ten opzichte van MV; de boven- en onderkant filter ten opzichte NAP; en wanneer veranderingen in die informatie hebben plaatsgevonden. Momenteel kunnen via het Dinoloket gegevens worden opgevraagd en dit zal met de invoering van de BRO nog steeds het geval zijn. Daarnaast is uitgifte van gegevens op andere manieren mogelijk, waaronder geautomatiseerd via webservices.

Met het in werking treden van de wet Basisregistratie Ondergrond, die is voorzien op 1-1-2015, hebben overheidsinstanties de verplichting om alle relevante gegevens over de ondergrond aan te leveren bij de BRO en deze ook verplicht te gebruiken. Veel instanties, zowel publieke als private partijen, leveren nu al hun data aan DINO en dit zal na het intreden van de BRO niet veel anders zijn: Het principe dat alle grondwaterbeheerders in Nederland de meetgegevens opslaan in (o.a.) een door TNO beheerde landelijke database, zal nog sterker verankerd worden. Voor de opslag en validatie van de meetdata zijn de afzonderlijke overheidspartijen zelf verantwoordelijk. Het is daarom handig om in de eigen database een exportfunctie te hebben naar de BRO.

7

LITERATUURLIJST:

- Von Asmuth, J. (2010) Over de kwaliteit, frequentie en validatie van druksensorreeksen (t.b.v. een optimale meetfrequentie en verwerkingsprotocol voor verdrogingsmeetnet Overijssel) KWR, november 2010
- Broekman, R. en Kösters A. (2010) Nauwkeurig NAP-hoogten meten: GPS of waterpassen? Rijkswaterstaat, Uitgave van Geo-Info (2010-2)
- Van der Gaast, J. e.a. (2008) Oorzaak en gevolg van numerieke verdroging, Alterra wageningen, Uitgave van H2O (H2O-5, 2008)
- De Gruijter, J. e.a (2006), Sampling for Natural Resource Monitoring, Springer, 2006
- Klutman W.A.J. (2007), Implementatie van het grondwatermeetnet deel A. Richtlijnen voor grondwatermeetlocaties, Rijn en IJssel, oktober 2007
- Knotters, M. (2008), Evaluatie monitoring Deurnese Peel en Mariapeel : kwantificering van effecten en maatregelen en advies over het monitoringplan, Alterra, 2008
- Leunk I. e.a. (2011) Kennisdocument Putten(velden), Ontwerp, aanleg en exploitatie van pomp- en waarnemingsputten, rapport KWR 2012.014, KWR Nieuwegein, december 2011
- MeetH2O (2011), Producthandleiding, MeetH2Ohandl2011.04, september 2011
- Platform meetnetbeheerder bodem- en grondwaterkwaliteit, Handboek voor de provinciale en landelijke meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit, Utrecht, 29 februari 2008
- Provincie Gelderland (2012), Jaarverslag 2011, Commissie van beheer bij het primair grondwaterstandmeetnet Gelderland, Arnhem juni 2012
- Rijkswaterstaat (2010), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Aanvraag Watervergunning, oktober 2010
- Ritzema, H. e.a. (2012) Meten en interpreteren van grondwaterstanden, Analyse van methodieken en nauwkeurigheid, Alterra Wageningen, Alterra-rapport 2345 ISSN 1566-7197, 2012
- Staatsbosbeheer (2000), Waarnemershandleiding, 2000
- Stowa (2009), Validatieplan waterkwantiteitsmetingen, Rapport 2009-20, Stowa, 2009

Unie van Provinciale Landschappen en de Vereniging Natuurmonumenten, Programma van Eisen voor het installeren van Hydrologische Meetnetten.

Willemsen, J. (2006) Waterschap Hollandse Delta, Basism Meetnet grondwater, december 2006

Van der Meulen, K. (2012), Het meten van kwelbuizen en buizen die onder water staan

Vitens (2012), Validatie procedure eindversie, 1 maart 2012

Websites:

Sondeerwagen (<http://www.sondeerwagen.nl>)

Schlumberger Water Services (<http://www.slb.com>)

Keller (<http://www.keller-druck.com>)

Eijkelkamp (<http://www.eijkelkamp.nl>)

Ott Hydromet (<http://www.ott.com>)

Bijlage 1

BEGRIPPENLIJST

(GEDEELTELIJK GEBASEERD OP RITZEMA H., E.A., 2012)

Begrip	Omschrijving
Anisotropie	De waterdoorlatendheid die op de schaal van het bodemprofiel in horizontale richting veel groter is dan in verticale richting
Handmatige controlemeting	Handmatige meting waarbij de werking van de meetapparatuur wordt gecontroleerd
Datalogger	Instrument waarin meetwaarden digitaal worden opgeslagen
Drukopnemer/druksensor	Meetapparatuur die druk (luchtdruk/waterdruk of de som van beiden) meet
Freatisch vlak (grondwaterspiegel)	Het vlak door de punten waar het grondwater, ten opzichte van de atmosferische druk, een drukhoogte gelijk nul heeft (NEN 5766, 2003; Aquo-standaard, 2010)
Freatisch niveau (=grondwaterstand)	De hoogte ten opzichte van het referentieniveau N.A.P. van een punt waar het grondwater een drukhoogte gelijk aan nul heeft ten opzichte van de atmosferische druk
Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)	Gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden (bij een meetfrequentie van twee keer per maand) over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden (Knibbe & Marsman, 1961; van Heesch & Westerveld, 1966; van Heesen, 1971). Het cultuurtechnisch Vademecum vermeldt een periode van acht jaar (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988). De GHG kan tevens bepaald worden op basis van percentielwaarden
Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)	Gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden (bij een meetfrequentie van twee keer per maand) over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden (Knibbe & Marsman, 1961; van Heesch & Westerveld, 1966; van Heesen, 1971). Het cultuurtechnisch Vademecum vermeldt een periode van acht jaar (Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988). De GLG kan tevens bepaald worden op basis van percentielwaarden
Gerichte opname	Het op een karakteristiek tijdstip eenmalig meten van de grondwaterstand in een boorgat
Grondwater	Al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt en dat in direct contact met bodem of ondergrond staat (Aquo-standaard, 2010)
Grondwaterstand	Zie freatisch niveau
Grondwaterstandbuis	Peilbuis waarvan de onderkant zich op korte afstand onder de grondwaterspiegel bevindt zodat de gemeten stijghoogte weinig van de grondwaterstand afwijkt.

Grondwaterspiegel	Zie freatisch niveau
Grondwatertrappen	(Gt's) Een combinatie van de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). De GHG en de GLG zijn gedefinieerd als het gemiddelde van de respectievelijk drie hoogste en drie laagste grondwaterstanden in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart), uitgaande van een halfmaandelijke meetfrequentie, gemiddeld over een aaneengesloten periode van ten minste acht jaar waarin geen waterhuishoudkundige ingrepen grondwatertrappen weergegeven (Van der Gaast & Massop, 2005b.c)
Inhangdiepte	De diepte waarop de druksensor wordt geïnstalleerd in een peilbuis
Luchtdrukcompensatie	Het omrekenen van de totaal gemeten druk in een peilbuis door een absolute drukopnemer (waterdruk+luchtdruk) naar de gemeten waterdruk
Peilbuis	Algemene benaming voor een buis of soortgelijke constructie bestaande uit een geperforeerd waterdoorlatend en niet-geperforeerd waterdicht deel met een kleine middellijn (bijvoorbeeld <50mm) waarin een grondwaterstand of stijghoogte kan worden gemeten en/of waaruit grondwatermonsters kunnen worden genomen. Opmerking: voor de term 'peilbuis' worden ook de termen 'stijghoogtebuis', 'waarnemingsbuis', 'grondwaterbuis', 'piëzometer' of 'monsternemingsfilter' gebruikt (NEN 5766, 2003)
Piëzometer (= potentiaalbuis)	Buis met een zeer kort geperforeerd gedeelte (filter), waarmee de stijghoogte ter plekke van het filter wordt gemeten.
Real time meten	Methode waarbij de huidige waarden van bepaalde parameters op afstand zichtbaar is
Stijgbuis	het deel van de peilbuis dat niet doorlatend is voor water (NEN 5766, 2003)
Stijghoogte	De som van de drukhoogte van het grondwater en de plaatshoogte in dat punt. Toelichting: De stijghoogte in een punt geeft de hoogte ten opzichte van het referentievlak N.A.P. tot waar het grondwater vanaf dit punt zou stijgen in een open buis (NEN 5766, 2003)
Telemetry	Het op afstand meten van bepaalde parameters

Bijlage 2

CHECKLISTS:

UITVOERINGSASPECTEN AANLEG EN EXPLOITATIE

A. ALGEMEEN

- *Keuze opdrachtgever:* Aanleg, beheer en ontsluiten meetgegevens bij één partij of aanleg meetnet apart van beheer en onderhoud onderbrengen.

B. LOCATIEKEUZE IN HET VELD

- *Hoogteligging:* Plaats de peilbuis niet in een laagte in het maaiveld. Kies bij voorkeur een locatie met een gemiddelde hoogteligging.
- *Inventariseer de ligging van kabels en leidingen* voorafgaand aan de plaatsing (d.m.v. KLIC-melding).
- *Watergangen:* Plaats een peilbuis niet te dicht bij een watergang. Een indicatie voor de minimale afstand tussen een peilbuis en een watergang:
 - - rivier of kanaal: tenminste 100 meter
 - - hoofdwatergangen: tenminste 25 meter en waar mogelijk 50 meter
 - - sloot of greppel: tenminste 10 meter en waar mogelijk 25 meter.
- *Grondwateronttrekkingen:* Plaats een peilbuis niet te dicht op een grondwateronttrekking (tenzij expliciet aangegeven). De minimale afstand is niet indicatief aan te geven en is afhankelijk van de bodemopbouw, onttrekkingsdebiet en diepte van de onttrekking.
- *Verdamping:* Plaats een peilbuis op minimaal 15 meter van een grote boom.
- *Drainage en lokale aanvoer:* Denk aan de invloed die drainage heeft op de grondwaterstand. Plaats op landbouwpercelen de peilbuis midden tussen de drains/lokale aanvoer. Plaats in stedelijk gebied een peilbuis bewust wel/niet in een wegcunet.
- *Terugvindbaarheid en bereikbaarheid:* Houd rekening met begroeiing en plaats eventueel een uitstekend herkenningspunt. Denk om bereikbaarheid, vooral in natuurgebieden.
- *Werkruimte:* Bij aanleg minimaal 2x2 meter nodig; bij lange peilbuizen meer (bijvoorbeeld voor plaatsing van een boorstelling).
- *Duurzaamheid:* Denk aan het risico op vandalisme, inbraak, sloop, omver maaien en ploegen.
- *Veiligheid:* vermijd drukke verkeerspunten.

C. AANBRENGEN PEILBUIZEN

- De boorwerkzaamheden dienen door een gespecialiseerd veldwerkbureau uitgevoerd te worden. Peilbuizen voor het monitoren van grondwaterstanden behoeven niet te worden uitgevoerd volgens BRL SIKB 2000 – voor veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek – inclusief de van toepassing zijnde onderliggende protocollen.
- *Keuze opdrachtgever:* locatie meetpunt (zoveel mogelijk op) openbaar terrein, of op particulier terrein.
- *Keuze opdrachtgever:* graafmelding zelf verzorgen of onderdeel laten uitmaken van de uitbesteding?
- Het is aan te raden de veldwerkzaamheden door een deskundige geohydroloog namens de opdrachtgever te laten begeleiden.
- *Keuze opdrachtgever:* Wordt in het geval van peilbuizen met verschillende filterstellingen op een locatie voor iedere peilbuis een nieuw boorgat gemaakt of worden meerdere peilbuizen in één boorgat geplaatst?
- *Keuze opdrachtgever:* Hoe wordt de filterstelling bepaald bij een freatische peilbuis?
- *Keuze opdrachtgever:* Welke lengte voor het filter is gewenst?
- Het filter moet aan de onderzijde worden afgedicht.
- *Keuze opdrachtgever:* De filters worden wel/niet voorzien van filterkous.
- De filters worden omstort worden met filtergrind.
- Eventueel doorbroken waterscheidende lagen moeten worden hersteld met zwelklei.
- *Keuze opdrachtgever:* Wordt bij een peilbuis zwelklei aangebracht in het traject tussen 0,2 tot 0,4 meter minus maaiveld ten behoeve van afdichting bovenzijde boorgat? En/of wordt boven de filterstelling 0,5 meter zwelklei aangebracht.
- *Keuze opdrachtgever:* diameter peilbuizen. De peilbuisdiameter wordt gekozen in overeenstemming met de te gebruiken meetapparatuur.
- De peilbuis dient te worden voorzien van een simpele dop, welke eenvoudig is te verwijderen en niet gezien kan worden als een onderdeel van de peilbuis.
- *Keuze opdrachtgever:* materiaal peilbuizen.
- *Keuze opdrachtgever:* type verbindingen peilbuissegmenten.
- Peilbuizen kunnen in elkaar gezet worden met mof- of schroefdraadverbindingen. Mofverbindingen kunnen al dan niet verlijmd worden. Bij peilbuizen voor milieukundige doeleinden mogen de verbindingen niet verlijmd worden.
- Het veldwerkbureau dient gebruik te maken van gecertificeerd materiaal (o.a. buizen, filters, grind, zwelklei).
- Na plaatsing van de filters moeten de peilbuizen worden afgepompt.
- De peilbuizen moeten met (afsluitbare) straatpotten of schutkokers worden afgewerkt. Dit ter voorkoming van diefstal en/of vandalisme van meetapparatuur.
- *Keuze opdrachtgever:* type afwerking peilbuizen aan maaiveld.
- De kop van de peilbuis dient 6 tot 10 centimeter onder het deksel recht afgezaagd te worden.
- Na plaatsing van de peilbuizen moeten deze worden gelabeld. Het label moet duurzaam geplastificeerd zijn. Het label vermeldt het unieke nummer van de peilbuis, de filterstelling, de datum van plaatsing en het bedrijf dat plaatsing heeft uitgevoerd.
- *Keuze opdrachtgever:* (aanvullende) informatie op label. Zo kan er bijvoorbeeld voor gekozen worden om ook het telefoonnummer van de opdrachtgever op het label te laten zetten zodat bij schade of werkzaamheden contact met de opdrachtgever opgenomen kan worden.
- Het is verstandig om voor de peilbuizen vóór plaatsing reeds TNO nummers (Dinoloket) aan te (laten) vragen. Latere omnummering werkt fouten en verwarring in de hand, met name omdat de labels in de peilbuizen dikwijls niet aangepast worden.
- *Keuze opdrachtgever:* moment aanvragen TNO peilbuiscodes.
- In geval van bestrating: Direct na plaatsing van de peilbuis dient opgebroken bestrating

weer netjes rondom de straatpot te worden aangebracht op zodanige wijze dat geen depressie ter plaatse van de straatpot ontstaat. Het toepassen van een zogenaamde pastegel is ook een optie.

- *Keuze opdrachtgever: al dan niet toepassen pastegel.*
- Van de boringen dienen boorbeschrijvingen opgesteld te worden conform NEN 5104, welke richtlijnen geeft voor de classificatie van onverharde grondmonsters en de verslaglegging daarvan.
- De bovenzijde van de peilbuis, alsmede het maaiveldniveau, moeten worden ingemeten ten opzichte van NAP met voldoende nauwkeurigheid. Een doorgaande, traditionele, waterpassing vanaf een hoogtewand is het meest nauwkeurig, maar het meest arbeidsintensief en daardoor het duurst. De tijdsbesteding hangt in belangrijke mate af van de beschikbaarheid van hoogtewanden in de omgeving. Hoogtemetingen met GPS zijn goedkoper, maar deze methode is foutgevoeliger.
- *Keuze opdrachtgever: methode (en daarmee de nauwkeurigheid) van de hoogtemeting.*
- Alle peilbuizen dienen horizontaal ingemeten te worden (XY-coördinaten). Mogelijkheden zijn GPS of het intekenen in een GBKN om daaruit vervolgens de coördinaten te bepalen.
- *Keuze opdrachtgever: methode bepaling XY-coördinaten.*
- Van alle peilbuizen dienen foto's te worden gemaakt, zodanig dat aan de hand van vaste omgevings-elementen de locatie kan worden teruggevonden. De locatie wordt op foto aangeduid met een jalon. Daarnaast worden enkele overzichtsfoto's van de locatie gemaakt. De fotostandpunten worden aangegeven op een veldwerktekening.
- In een peilbuis kan met verschillende methoden een doorlatendheidswaarde bepaald worden van het watervoerende pakket waarin het filter staat.
- *Keuze opdrachtgever: al dan niet per peilbuis laten bepalen van de horizontale doorlatendheid (m/dag).*

Keuze opdrachtgever: Aanleverformaat veldgegevens

- Boorbeschrijvingen (bijvoorbeeld in Boormanagementformaat of PDF)
- Tekening met peilbuis-karakteristieken, kaartje, boorbeschrijving, foto
- Inmetingen in: Excel, Autocad, in waterpasformulier (voor controle)
- Indien gebruik wordt gemaakt van een database voor het verwerken van deze gegevens: kiezen voor een aanleverformaat dat correspondeert met de importfuncties van de database.

D. AANDACHTSPUNTEN MEETMETHODEN

Handmetingen

De grondwaterstanden kunnen handmatig in de peilbuizen worden gemeten met een waterstandsmeter. Met een frequentie van 24 keer per jaar, op de 14e en 28e van de maand, is een goede aansluiting van de verzamelde meetgegevens op de gegevens van TNO (Dinoloket) en op de landelijke analysesystematiek voor Gemiddelde Hoogste Grondwaterstanden (GHG's) en Gemiddelde Laagste Grondwaterstanden (GLG's) mogelijk.

Deze meetmethode is relatief arbeidsintensief. Een ander nadeel van deze meetmethode is dat meetreeksen worden verkregen met een beperkte meetdichtheid. Deze gegevens verschaffen slechts globaal inzicht in de grondwaterstand ter plaatse. Hoogfrequente metingen geven een veel nauwkeuriger beeld van de dynamiek van het grondwatersysteem.

- Keuze opdrachtgever: frequentie uitvoering handmetingen

Dataloggers: uitlezing in het veld

Het voordeel van het gebruik van dataloggers is een continue datareeks van hoge kwaliteit. De grote opslagcapaciteit van de dataloggers maakt het mogelijk om, afhankelijk van de gewenste doelstellingen, met een hoge frequentie (bijvoorbeeld éénmaal per uur, of éénmaal per drie uur) te meten. Dit is te programmeren met de software die door de leverancier (kosteloos) bij de loggers geleverd wordt.

Door toepassing van hoogfrequente metingen wordt naast inzicht in de meerjarige grondwaterstandvariaties tevens inzicht verkregen in de respons van het grondwatersysteem op bijvoorbeeld neerslag en verdamping. De meetfrequentie moet voldoende hoog zijn om aan de meetdoelstelling te kunnen voldoen. Daarentegen moet voorkomen worden dat een te hoge meetfrequentie resulteert in “datakerkhoven”; data waar niets mee wordt gedaan.

- Keuze opdrachtgever: meetfrequentie dataloggers

De uitleesfrequentie van de dataloggers is bepalend voor de maximale periode van dataverlies bij eventuele uitval van loggers.

- Keuze opdrachtgever: uitleesfrequentie dataloggers

Bij elke uitleesronde dienen handmatige controlemetingen gedaan te worden met een waterstandsmeter om te verifiëren of de dataloggers naar behoren functioneren.

Dataverzameling op afstand

Het is mogelijk om de grondwaterstanden te monitoren met behulp van automatische meetinstrumenten waarvan de meetgegevens op afstand (telemetrisch) verzameld kunnen worden. Een telemetriesysteem is in aanschaf duurder dan een ‘normale’ datalogger. Daarnaast is in principe per meetinrichting een data-abonnement nodig en zijn er kosten voor de gegevensuitwisseling. Ook bij het gebruik van telemetriesystemen is het verstandig meer dan eens per jaar, meest optimaal vier keer per jaar de fysieke meetpunten te bezoeken voor een visuele inspectie van de meetinrichting en een handmatige controlemeting van de grondwaterstand. Uitval van apparatuur kan bij deze methode direct, online, vastgesteld worden. Dataverlies kan hiermee beperkt worden.

- Keuze opdrachtgever: meetmethode grondwaterstanden
- Keuze opdrachtgever: meetfrequentie meetapparatuur
- Keuze opdrachtgever: frequentie actualisatie online grafiek
- Keuze opdrachtgever: frequentie visuele inspectie en handmatige controlemeting meetinrichtingen

E. AANDACHTSPUNTEN MEETAPPARATUURMeetinstrumenten

- Keuze opdrachtgever: leverancier meetinstrumenten
- Keuze opdrachtgever: type ophangmateriaal meetinstrumenten

Algemeen

Instrumenten dienen binnen het verwachte fluctuatietraject van de grondwaterstanden te worden gehangen, maximaal zo'n 10 centimeter boven de onderzijde van de peilbuis. Dit om enerzijds verstoring door eventuele slib te voorkomen en anderzijds droogvallen van de apparatuur te vermijden.

F. AANDACHTSPUNTEN BEHEER EN ONDERHOUD

Uitlees-/inspectieronden

Ter controle van de meetapparatuur dient periodiek ter vergelijking een handmatige controlemeting van de grondwaterstand uitgevoerd te worden. Bij telemetrische meetapparatuur kan falen online vastgesteld worden (afwijkingen van de sensor overigens vaak niet). Bij het gebruik van dataloggers wordt de maximale periode waarin meetgegevens kunnen ontbreken door een niet naar behoren functionerende datalogger bepaald door de uitleesfrequentie in het veld.

- Keuze opdrachtgever: frequentie uitlees-/inspectieronden
- Bij dataloggers moeten periodiek de batterij- en geheugenstatus gecontroleerd worden.
- Keuze opdrachtgever: frequentie controle batterij- en geheugenstatus (en herstarten dataloggers)
- Keuze opdrachtgever: frequente controle afwijking interne klokken in meetinstrumenten
- Keuze opdrachtgever: frequente controle op drift/verloop/afwijkingen meetinstrumenten

Onderhoud meetinrichting

- Voor klein onderhoud is het verstandig een jaarlijks onderhoudsbudget te reserveren. Hiermee kan voorzien worden in kleine herstelwerkzaamheden. Denk bijvoorbeeld aan het vervangen van een straatpot, het omwisselen van een datalogger, het vrijhouden van begroeiing of het reinigen van een enkele peilbuis.
- Peilbuizen dienen vanwege zetting periodiek opnieuw ten opzichte van NAP ingemeten te worden. De frequentie is gebiedsafhankelijk en afhankelijk van de nauwkeurigheid die de opdrachtgever wenst.
 - Keuze opdrachtgever: herhalingsfrequentie hoogtemeting peilbuizen
- Peilbuizen dienen periodiek gespoeld/afgepompt te worden. Dit om dichtslibben van het filter te voorkomen. De noodzakelijkheid kan bepaald worden door periodiek de diepte van de peilbuizen na te meten (bij de veldwerkbezoeken).
 - Keuze opdrachtgever: herhalingsfrequentie spoelen/afpompen peilbuizen
 - Keuze opdrachtgever: methodiek spoelen/pompen (te gebruiken apparatuur, werkwijze)

G. AANDACHTSPUNTEN DATA-ONTSLUITING

- Verstandig is om het grondwatermeetnet goed te laten documenteren. De nadruk hierbij ligt op de metadata: peilbuiskarakteristieken, dataloggergegevens, boorbeschrijvingen en foto's. De metadata zijn bijvoorbeeld essentieel om peilbuizen terug te vinden, grondwaterstanden ten opzichte van NAP te berekenen en de meetreeksen te kunnen interpreteren.
- De meetnetgegevens kunnen aan TNO (Dinoloket) beschikbaar worden gesteld zodat de gegevens ook door anderen geraadpleegd kunnen worden. In de toekomstige Basisregistratie Ondergrond (BRO) wordt dit een verplichting.
- Voor de dataontsluiting is het verstandig:
 - Een centrale opslag in een database te organiseren
 - Een flexibele output met een gebruikersvriendelijke interface mogelijk te maken
 - Voor een goede toegankelijkheid (online) te waken
 - Samen te werken door data te delen (over organisaties heen)
 - Gebruik te maken van (eenvoudige) visualisatiehulpmiddelen zoals Google Maps
- Het eenvoudig kunnen combineren van neerslagdata en grondwaterstandsgrafieken is een voordeel bij de interpretatie van grondwaterstanden.

H. AANDACHTSPUNTEN KOSTEN

Voor de peilbuizen en dataloggers dient rekening gehouden te worden met vervangingskosten. Een peilbuis zou minimaal tien jaar naar behoren moeten kunnen functioneren. Met gedegen onderhoud wellicht nog langer. Op een datalogger zit vaak drie jaar garantie, in beginsel is de levensduur dan nog niet voorbij. De levensduur van een logger zal meestal maximaal circa tien jaar zijn.

Bijlage 3**KOSTEN MEETNET/EENHEIDSPRIJZEN**

Indicatie van de kosten voor aanleg, exploitatie en onderhoud van een grondwatermeetnet (prijspeil 2012, bij uitbesteding en exclusief BTW)

Aanleg peilbuizen

Installeren freatische peilbuis (tot 5 meter)	300	€ per stuk
Installeren peilbuis eerste watervoerend pakket (diepte 25 meter)	1.750	€ per stuk
Aanschaf en installatie datalogger, inclusief vaste uitleeskabel	700	€ per stuk
Aanschaf en installatie barometrische logger	450	€ per stuk
Aanschaf en installatie telemetrie (bovenop kosten sensor)	1.250	€ per stuk

Exploitatie

Handmatig uitlezen (24x/jaar) + uitwerken en externe opslag gegevens met ontsluiting via internet	+/- 600*	€ per peilbuis per jaar
Dataloggers: Dataverzameling en validatie (2x/jaar) + uitwerken en externe opslag gegevens met ontsluiting via internet	210	€ per peilbuis per jaar
Telemetrie: Dataverzending en validatie + uitwerken en externe opslag gegevens met ontsluiting via internet, inclusief batterijwissel elke twee jaar en een jaarlijkse controleronde (twee keer per jaar voor de helft van de peilbuizen voor bijvoorbeeld het verhelpen van storing)	300	€ per peilbuis per jaar


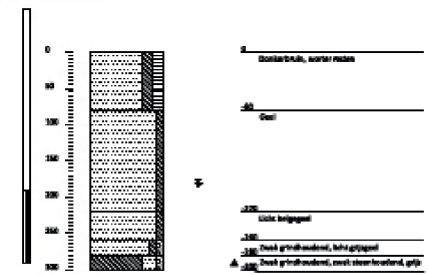
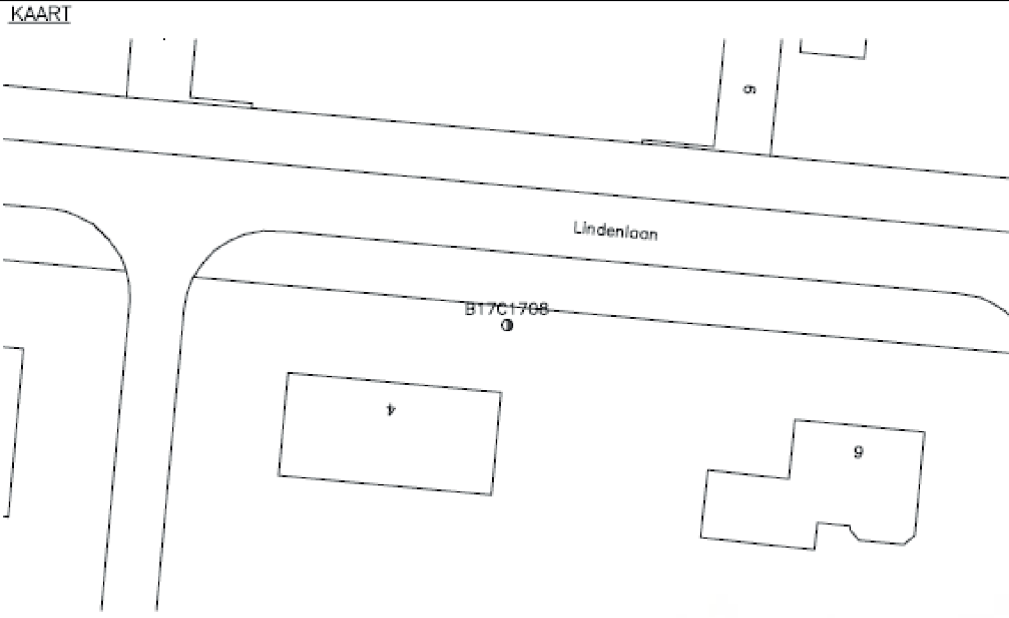


*kosten zijn erg afhankelijk van de dichtheid van het meetnet (reistijd tussen de meetpunten) en kunnen bij inzet eigen (veld)medewerkers fors goedkoper.

Onderhoud

Schoonmaken filter (spoelen/afpompen peilbuis)	kosten sterk afhankelijk van noodzakelijke frequentie en aantallen per keer (schaalvoordelen). Indicatie: voor 160 peilbuizen binnen een stad 10.000 per schoonmaakronde.
Hoogtemeting peilbuis (NAP)	kosten sterk afhankelijk van noodzakelijke frequentie, meetmethode en aantallen per keer (schaalvoordelen). Indicatie: Waterpassing voor 160 peilbuizen in stedelijk gebied circa 15.000

Bijlage 4

VOORBEELDEN PEILBUISBLAD MET PEILBUISKENMERKEN

PEILBUISKENMERKEN																									
Peilbuisnr: B17C1708			Locatie: Lindenlaan 4, Hoogeveen																						
X-coördinaat	Y-coördinaat	Bovenkant peilbuis bij aanleg (m t.o.v. NAP)	Maaielveldhoogte aanleg (m t.o.v. NAP)	Lengte filter (m)	Diameter filter (mm)	Watervoerend pakket	Materiaal	Diepte onderzijde peilbuis bij aanleg (m t.o.v. NAP)	Datum van plaatsing peilbuis	Datum waterpassing															
2282488	5256531	12,14	11,62	1	40	freatisch	pvc	8,84	19-10-2009	25-11-2009															
Loggergegevens				Overige bijzonderheden																					
Serienummer logger	Datum van plaatsing logger	Lengte ophangdraad en datalogger (m)	Diepte peilbuis (m)	schutkoker met slot																					
G2972	17-11-2009	3,76	3,30																						
FOTO				BOORBESCHRIJVING																					
																									
KAART																									
																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Grondwatermeetnet Hoogeveen en omgeving</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A4</td> <td>210 x 297</td> <td>schaal: 1 : 500</td> <td>datum: 15-12-2009</td> <td>get. door: MPA gedent: <i>van</i></td> </tr> <tr> <td>project: Kf42a</td> <td colspan="2">tekeningnummer: Kf42a_03</td> <td colspan="2">016</td> </tr> </tbody> </table>											Grondwatermeetnet Hoogeveen en omgeving					A4	210 x 297	schaal: 1 : 500	datum: 15-12-2009	get. door: MPA gedent: <i>van</i>	project: Kf42a	tekeningnummer: Kf42a_03		016	
Grondwatermeetnet Hoogeveen en omgeving																									
A4	210 x 297	schaal: 1 : 500	datum: 15-12-2009	get. door: MPA gedent: <i>van</i>																					
project: Kf42a	tekeningnummer: Kf42a_03		016																						
																									

project: primaire grondwatermeetnet

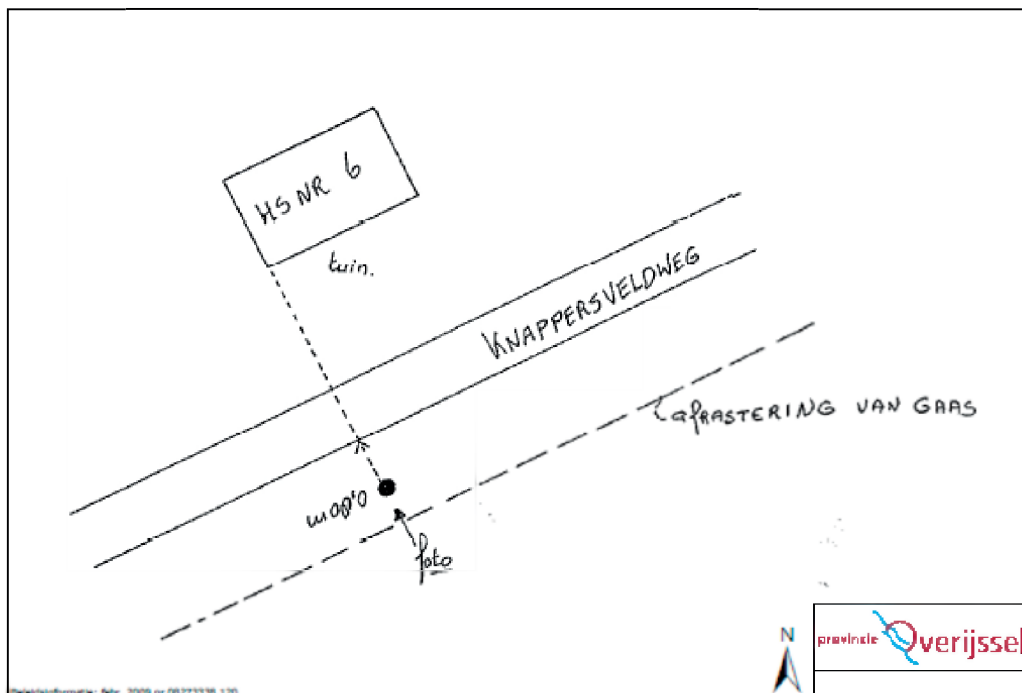
X 235531 Y 515940

NITG nummer: B22B0223
OLGA nummer: 22BL0036

1e peildatum: 28 juni 1977

diepte -mv filter 1 : 450 cm

diameter buis: 36 mm;
5 mm veiligheidsleutel.



Geplandformaat: Nbr. 2009 nr.00272338_120



provincie Overijssel

Bijlage 5

BOORMETHODEN

MACHINALE BOORMETHODEN

Er zijn uiteenlopende machinale boormethoden beschikbaar. De volgende boormethoden worden gebruikt voor de aanleg van peilbuizen:

- Pulsen
- Zuigboren/luchtliften
- Sonische boortechniek
- Sondering

Pulsen

Pulsen kan in veel grondsoorten, samenhangende grond, onsamenhangende grond en niet-massieve harde lagen. Er kan niet worden gepulsd in extreem stijve klei en in lagen met grote stenen. Bij pulsen wordt gebruik gemaakt van een puls, boorbuis en een pulsboorinstallatie. De puls is een zware, holle stalen cilinder met onderin een leren of stalen klep, die aan een scharnier naar binnen opengaat, en bovenaan een bevestigingsbeugel voor de kabel. De onderkant van de puls is voorzien van een korte snijshoel met snijrand. Er zijn zand-, klei- en grindpulsen. Tegenwoordig worden de gangbare pulsboringen (diameter tot ongeveer 400 millimeter en diepte tot ongeveer 100 meter) uitgevoerd met een hydraulische pulsboorinstallatie op basis van een vrachtwagen. Voor grotere boorgatdiameters dan 400 millimeter en taaiere grond moet extra zwaar materieel ingezet worden, bijvoorbeeld een dragline. Voor grotere boringen dan 800 millimeter wordt pulsen zo moeilijk dat de grond met een poliepgrijper uit de boorbuis wordt verwijderd.

Zuigboren/luchtliften

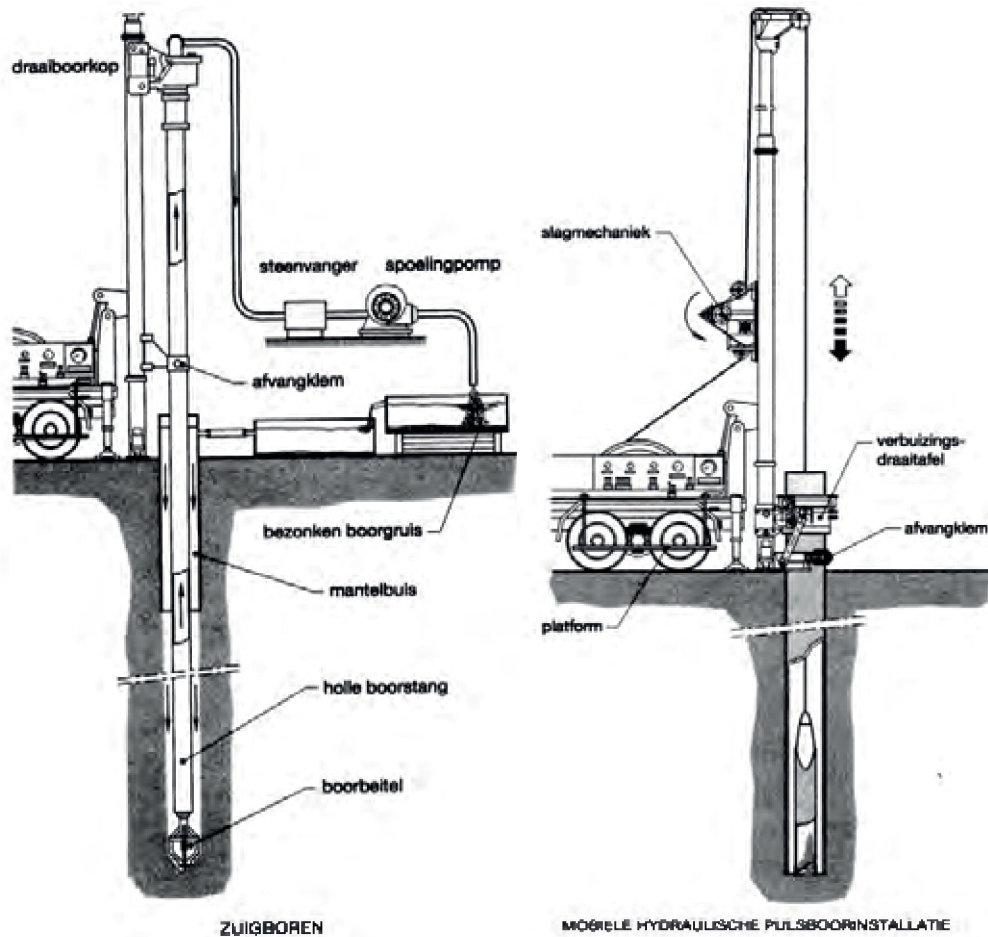
Bij roterend zuigboren (indirect spoelboren, 'reversed flush'), kortweg zuigboren genoemd, stroomt de boorspoeling door de annulaire ruimte naar beneden. Samen met het boorgruis wordt de boorspoeling door de holle boorstang omhoog gezogen.

Sonische boortechniek

De techniek wordt gebruikt voor peilbuizen tot een diepte van circa 80 meter. Bij deze boortechniek wordt de boorbuis in hoogfrequente trilling gebracht. Door middel van deze hoogfrequente vibraties wordt de formatie rondom de boorbuis los getrild. Hierdoor is slechts een geringe statische kracht nodig voor het wegdrukken van de formatie. Bij sonisch boren wordt gewerkt met een casing, met een diameter van 100 millimeter. Als het boorgat op diepte is, kan een peilbuis in het gat worden gelaten. Boven en onder het filter, en ter plaatse van doorboorde kleilagen moet worden afgesloten met klei. Dit wordt gedaan door vooraf op de juiste diepte klei om de peilbuis te doen. Als de peilbuis op de gewenste diepte is, wordt de casing getrokken en stort het boorgat in. Dit wordt een natuurlijke omstorting genoemd. Omdat het boorgat klein is, past er maar één peilbuis in.

Een nadeel van de techniek is dat de boor vast kan komen te zitten in droge grond en in fijn materiaal. De techniek wordt (nog) weinig toegepast. Dit komt waarschijnlijk doordat de techniek relatief onbekend is.

FIGUUR 1 PULSBOORINSTALLATIE (RECHTS) EN ROTEREND ZUIGBOREN INSTALLATIE (LINKS) (BRON: VON ASMUTH, J. 2010).



Sondering

Peilbuizen kunnen ook worden geplaatst in combinatie met een sondering. Eerst wordt dan de sondering uitgevoerd tot de gewenste diepte. Daarna wordt een casing (dit is een holle buis) in de grond gedrukt en hierin wordt de peilbuis geplaatst. Vervolgens wordt de casing weer uit de grond getrokken. De sondering is in principe niet nodig om de peilbuis te plaatsen, maar wel om bodemopbouw te kunnen bepalen, die nodig is voor de filterstelling. Met een sondering kan de bodemopbouw, wrijvingsweerstand en elektrisch geleidingsvermogen zeer nauwkeurig worden bepaald. De standaard diameter is 1,6 centimeter. Het dieptebereik ligt globaal tussen 15 en 40 meter en hangt af van de diameter van de casing en de bodemopbouw. In een grof zandpakket is het dieptebereik kleiner en in slappe veen- of kleigrond groter. Informatie verkregen van Hoogveld (bron: <http://www.sondeerwagen.nl>).

Handboormethoden

Er zijn verschillende typen handboormethoden. De toepasbaarheid van de verschillende methoden is afhankelijk van de geohydrologische situatie, de gewenste boorgatdiameter en filterdiepte. De meest gebruikte type handboren zijn de:

- Edelman boor
- Pulsboor
- Gutsboor
- Zuigerboor

Edelmanboor

Een Edelmanboor is een boor met een schroefachtige punt en twee verticale schoepen. Tijdens het boren wordt het boorlichaam van de Edelmanboor door gelijktijdig duwen en draaien de grond ingebracht. De schroefachtige punt dringt in de bodem waarna het bodemonmonster tussen de twee verticale schoepen wordt verzameld en vastgehouden.

FIGUUR 2. EDELMANBOOR (BRON: EIJKELKAMP)



Pulsboor

Een pulsboor bestaat uit een buis met aan de onderkant een snijrand en vlak daarboven een horizontaal liggende klep. Door een op- en neergaande beweging te maken met de boor verzameld het losse formatiemateriaal zich in de holle buis. Het klepmechanisme zorgt ervoor dat het opgeboorde materiaal bij omhooghalen van de puls niet in het boorgat terugvalt.

Gutsboor

De gutsboor is een cilindervormig boorijzer met een (in dwarsdoorsnede) halfronde, holle vorm en aan de onderkant een scherpe snijrand, aan de bovenzijde voorzien van een massieve staaf. De holle buis wordt over de gehele lengte van het boorijzer met grond gevuld. Wanneer de boor geheel in de grond zit, wordt de boor een slag om zijn lengteas gedraaid, zodat het grondmonster wordt losgesneden. Daarna wordt de boor weer naar boven getrokken. In de holle vorm van de boor is het profiel zichtbaar van de bodem ter plaatse van het boorgat. Ook hier wordt de staaf verlengd met losse buizen van een meter om de gewenste diepte te bereiken. Deze methode is alleen geschikt bij cohesief materiaal.

FIGUUR 3. GUTSBOOR (BRON: EIJKELKAMP)



Zuigerboor

Met een zuigerboor wordt grond in een holle buis gezogen. De boor wordt in de grond geduwd en tegelijkertijd wordt de klep omhoog getrokken, waardoor vacuüm ontstaat. Dit kan alleen in natte en slappe grond. Het boorgat kan vervolgens worden afgewerkt tot een peilbuis. In de praktijk wordt zuigboren vooral toegepast voor monsterneming en niet voor afwerking tot peilbuis.

FIGUUR 4. ZUIGERBOOR (BRON: EIJKELKAMP)



Bijlage 6

INFORMATIE BETREFFENDE DATALOGGERS

REGIONALE/LOKALE LUCHTDRUKMETING

Bij een absolute drukopnemer wordt, afhankelijk van het toegepaste model meetinstrument, gebruik gemaakt van *regionale* of *lokale* luchtdrukmetingen. Bij *regionale* luchtdrukmetingen vindt luchtdrukcompensatie van meerdere sensoren plaats met behulp van één en dezelfde luchtdrukreeks. Daarbij kan gebruikt gemaakt worden van eigen barometers maar ook van luchtdrukgegevens die door een derde partij, bijvoorbeeld het KNMI, worden geregistreerd. De luchtdrukgegevens van het KNMI zijn zeer betrouwbaar. Goedkopere barometers hebben soms een systematische afwijking of 'drift'.

Wanneer gebruik gemaakt wordt van *lokale* luchtdrukmetingen, beschikt ieder meetinstrument over zowel een luchtdruksensor als een sensor die zich beneden de grondwaterstand/stijghoogte bevindt en dus zowel luchtdruk als waterdruk registreert. Het gebruik van lokale luchtdrukmetingen heeft een aantal voordelen ten opzichte van een regionale luchtdrukmeting:

De luchtdrukmeting vindt plaats op dezelfde plek als de waterdrukmeting. Wanneer een regionale barometer wordt gebruikt (die tientallen kilometers verderop kan staan) kunnen met name bij stormachtig weer luchtdrukverschillen ontstaan (zie tabel 1).

- Een uitval of afwijkende registraties van de luchtdruksensor heeft uitsluitend effect op de meetwaarde van de desbetreffende peilbuis. Er wordt dus geen systematische fout over alle aanwezige peilbuizen geïntroduceerd
- Doordat luchtdrukmeting en 'luchtdruk+waterdrukmeting' in hetzelfde instrument zijn geïntegreerd is, net als bij de ventileerde drukopnemer, direct een luchtdrukgecompenseerde meting van de grondwaterstand beschikbaar. Een veldmedewerker kan dus ter plekke controleren of het instrument goed werkt

Nadelen van de lokale luchtdrukmeting ten opzichte van regionale luchtdrukmeting zijn:

- Elke meetlocatie heeft zijn eigen luchtdrukmeter die gecontroleerd moet worden op 'drift' en systematische fouten. Met de huidige beschikbare software is geautomatiseerde controle overigens wel gemakkelijker geworden
- De meetopstelling is passend gemaakt 'op lengte' per peilbuis en is dus niet makkelijk te verplaatsen

De gebruiker van drukopnemers met lokale luchtdrukmeting kan meestal zelf bepalen welke 'kanalen' in het geheugen van de logger worden opgeslagen. Aanbevolen wordt om naast de berekende luchtdrukgecompenseerde meetwaarde ook de waterdruk en luchtdruk apart op te slaan zodat eventuele fouten achteraf opgespoord en gecorrigeerd kunnen worden.

Bij het gebruik van absolute drukopnemers kan voor de luchtdrukcompensatie gebruik worden gemaakt van KNMI gegevens of van eigen luchtdrukmetingen. KNMI-luchtdrukgegevens zijn per heel uur beschikbaar op internet, met maximaal 24 uur leveringsvertraging. Indien gebruik wordt gemaakt van deze gegevens, dient rekening gehouden te worden met de

afwijkingen die kunnen optreden door de afstand tussen de peilbuis en het KNMI-station en de hoogteligging (KNMI-stations meten luchtdruk die geldt voor zeeniveau). De luchtdruk kan indien nodig voor hoogte worden gecompenseerd (De luchtdruk neemt gemiddeld 1 mbar (1 cm waterkolom) af per 8 meter in de hoogte). Bij lokale heftige onweersbuien kunnen grote afwijkingen in luchtdruk optreden. In figuur 1 is de ligging weergegeven van de 36 meteorologische KNMI-stations waar op uurbasis de luchtdruk wordt geregistreerd. In tabel 1 staan de luchtdrukverschillen die kunnen optreden tussen stations onderling. Wanneer een luchtdrukstation wordt gebruikt tot +/-35 km afstand blijven de luchtdrukafwijkingen doorgaans kleiner dan 1 cm.

TABEL 1. LUCHTDRIJKVERSCHILLEN IN CM WATERDRUK TUSSEN KNMI-STATION HOORN (Terschelling) EN VIJF ZUIDELIJKE GELEGGEN STATIONS. DE CIJFERS ZIJN GEBASEERD OP EEN VERGELIJKING VAN UURWAARDEN OVER EEN PERIODE VAN TIEN JAAR (BRON: VON ASMUTH, J. 2010 EN WWW.KNMI.NL).

	Leeuwarden	Lelystad	Deelen	Volkel	Eindhoven	Maastricht
Afstand (km)	35	112	153	196	218	278
Gemiddelde (cm)	0.2	0.6	0.8	1	1.1	1.4
95% interval (cm)	+/- 0.9	+/- 2.8	+/- 4	+/- 5	+/- 5.5	+/- 6.9
Min en Max (cm)	-2.2 tot 3.1	-4.2 tot 8.2	-5.8 tot 10.2	-12 tot 12.6	-7.5 tot 13.9	-9.4 tot 17.1

Bij gebruik van eigen (lokale of regionale) barometermetingen, is het aan te bevelen deze te controleren op lineaire trends en andere afwijkingen door de luchtdrukreeksen onderling te vergelijken en te controleren op afwijkingen ten opzichte van KNMI-gegevens. De locatie voor de barometermetingen moet:

- Droog zijn
- In contact staan met de buitenlucht (niet in een klimaatgestuurde ruimte)
- Een zo stabiel mogelijke omgeving zijn, met minimale temperatuurfluctuaties

Dit laatste punt is van belang omdat luchtdrukdata-loggers afwijkingen kunnen vertonen gedurende vorstperiodes of bij sterke temperatuurstijgingen. Een luchtdrukdata-logger die bovenin een (donkere) mantelbuis is geïnstalleerd, kan grote afwijkingen vertonen indien het meetbereik van de temperatuursensor wordt overschreden door opwarming (zie ook paragraaf. 4.3).

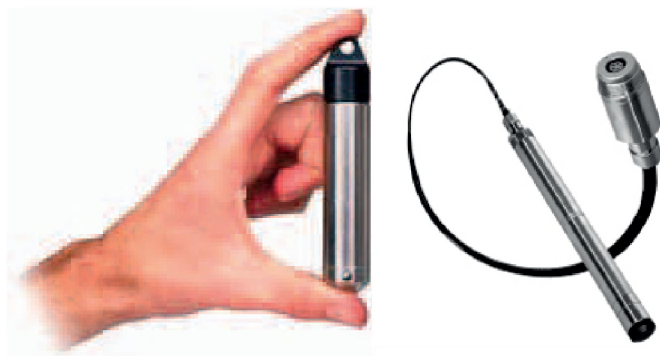
FIGUUR 1 KNMI METEOROLOGISCHE STATIONS (BRON: KNMI)



VASTE UITLEESKABEL

Om de kwaliteit van de metingen te waarborgen is het wenselijk de drukopnemer zo min mogelijk uit de peilbuis te nemen om de gegevens uit te lezen (Vitens (2012)). Dit is namelijk het meest kwetsbare moment van de drukopnemer, waardoor de levensduur kan afnemen. Een druksensor met uitleeskabel hoeft niet uit de peilbuis gehaald te worden om deze uit te lezen (figuur 2). Daarnaast kan er veel tijd worden bespaard als de drukopnemer bovengronds wordt uitgelezen met behulp van een handheld computer. De instrumenten en kabels moeten op lengte besteld worden waardoor er minder flexibiliteit is om de sensor in een peilbuis met een andere diepte te hangen.

FIGUUR 2 DRUKSENSOR MET UITLEESKABEL (RECHTS, BRON: KELLER) EN ZONDER VASTE UITLEESKABEL (LINKS, BRON: SCHLUMBERGER WATER SERVICES)



OPHANGMATERIAAL

Indien geen gebruik wordt gemaakt van een vaste uitleeskabel, kan een staalkabel gebruikt worden. Denk hierbij ook aan RVS schroefjes of klemmetjes. Gebruik van ander materiaal dan RVS, vergroot de kans op verlies van de datalogger aanzienlijk. Bovenaan de peilbuis kan de uitleeskabel op verschillende manieren worden vastgemaakt, bijvoorbeeld aan een peilbuisslot, een klem of een dop.

De afhangdiepte is:

- Afhankelijk van het meetbereik van de drukopnemer
- Binnen het verwachte fluctuatietraject van de grondwaterstand
 - Niet te hoog (droogval)
 - Niet te diep (overschrijding maximaal meetbereik + vervuiling sensor)

DRUKOPNEMERS VOOR CORROSIEF MILIEU

Er zijn drukopnemers op de markt die behalve waterdruk en temperatuur ook andere parameters, zoals geleidbaarheid, kunnen registreren. Bovendien zijn speciale uitvoeringen op de markt die geschikt zijn voor toepassing in corrosief milieu. Bij twijfel over het zoutgehalte van het grondwater ter plaatse van de peilbuis dient het zoutgehalte van het grondwater bemeaten te worden en aan de hand daarvan een keuze gemaakt te worden voor het type drukopnemer.

EIGENSCHAPPEN DATALOGGER

Door de drukopnemer of het akoestische meetinstrument te verbinden met een datalogger, kunnen de meetwaarden digitaal worden opgeslagen. Doorgaans zijn drukopnemer en datalogger geïntegreerd in één instrument. Gebruik van dataloggers vereist de nodige kennis en ervaring, waardoor in de praktijk niet altijd betrouwbare meetreeksen worden verkregen.

Met het oog op de onderlinge vergelijkbaarheid van data is het van groot belang dat bij alle peilbuizen binnen één grondwatermeetnet dezelfde samplemethode wordt toegepast. Het registreren van meetwaarden kan op vier manieren:

- Periodiek een meetwaarde opslaan gebaseerd op het gemiddelde van een groot aantal tussenliggende metingen
- Periodiek een meting uitvoeren en deze opslaan
- Een meetwaarde opslaan zodra deze verschilt van de voorgaande meting, waarbij met hoog interval gemeten wordt (non-equidistante registratie)
- Meetwaarden pas gaan opslaan wanneer een bepaalde drukwaarde wordt over- of onderschreden

Niet elke leverancier biedt de gebruiker de mogelijkheid zelf een keuze te maken uit één van deze opties. Mede met het oog op de levensduur van de batterij is de meest gebruikte methode het periodiek uitvoeren van een meting en deze vervolgens opslaan. Bij non-equidistant meten geldt als belemmering dat de meetnetbeheerder op voorhand niet kan inschatten hoe snel het geheugen van de logger vol is. Bovendien zijn non-equidistante data relatief lastig geautomatiseerd te verwerken. Deze opslagmethode wordt dan ook niet aanbevolen. De laatste methode, meetwaarden opslaan wanneer een bepaalde drukwaarde wordt over- of onderschreden, wordt in de praktijk uitsluitend toegepast wanneer men geïnteresseerd is in een bepaald kritisch meetbereik, bijvoorbeeld met het oog op het voorkomen van schade. In reguliere grondwatermeetnetten wordt hier nauwelijks gebruik van gemaakt.

Geheugen

Wanneer gebruik gemaakt wordt van een datalogger is de grootte en het soort geheugen van belang. Er wordt onderscheid gemaakt tussen *volatile* en *non-volatile* geheugen. Bij loggers met *volatile* geheugen gaan de opgeslagen meetwaarden verloren bij het wegvallen van de accuspanning, terwijl de data bij *non-volatile* geheugen beschikbaar blijven. Ook de grootte van het geheugen is van belang met het oog op het maximaal aantal registraties. De geheugengrootte moet afgestemd zijn op de gewenste meetfrequentie in relatie tot de gewenste tijd tussen twee uitleesrondes.

Verder kan geheugen gebruikt worden als zogenaamd *ringgeheugen*. Sommige leveranciers bieden hun klanten de mogelijkheid deze optie wel of niet in te stellen. Bij een logger met ringgeheugen zal, nadat het maximaal aantal metingen is opgeslagen, iedere nieuwe meting in de plaats komen van de op dat moment oudste meetwaarden (FIFO: First in, First out principe). Bij loggers zonder ringgeheugen zal het instrument automatisch stoppen met meten op het moment dat het geheugen vol is. Aanbevolen wordt om binnen een meetnet dezelfde geheugenregistratie toe te passen zodat de planning van uitleesrondes hierop kan worden afgestemd.

Stroomvoorziening

De meeste dataloggers beschikken over een interne voeding in de vorm van een accu of batterij. Doorgaans wordt gebruik gemaakt van lithiumcellen. Deze worden gekenmerkt door een lange levensduur waarbij de spanningswaarde in de loop van de tijd nauwelijks daalt. Niet alle leveranciers bieden hun klanten de mogelijkheid zelf batterijen te vervangen. Ook het stroomverbruik verschilt per type datalogger en per leverancier. Uitgaande van één meting per uur, loopt de opgegeven levensduur uiteen van zo'n vijf tot tien jaar.

Afmetingen

Drukopnemers zijn in verschillende afmetingen verkrijgbaar. Wanneer de instrumenten met een vaste lengte geleverd worden is het zaak dat de instrumenten niet langer zijn dan de diepte van de peilbuis. Dit om te voorkomen dat de luchtslang of uitleeskabel opgelust moet worden, hetgeen een groot risico op meetfouten met zich meebrengt. Wanneer de luchtdrukcompensatie middels een tweede geïntegreerde sensor tot stand komt, is het nadeel van de kabel oplussen niet van toepassing.

De diameter van het meetinstrument dient afgestemd te zijn op de diameter van de peilbuis. Bij voorkeur is het meetinstrument niet groter dan de driekwart van de diameter van de peilbuis. Een meetinstrument dat wordt toegepast in de veelgebruikte buisdiameter van 36 millimeter, heeft bij voorkeur een diameter van minder dan 27 millimeter. De kleinst mogelijke diameter van op dit moment verkrijgbare loggers is 16 millimeter.

Interne klok

Aan de hand van de interne klok wordt bepaald op welke datum en tijdstip een meting uitgevoerd dient te worden. Zeker bij meetfrequenties hoger dan eens per dag is een juiste tijdweergave van belang met het oog op onderlinge vergelijkbaarheid van meetwaarden. In de praktijk blijkt de kwaliteit van de interne klokken nogal te verschillen per type instrument en per leverancier. Niet elke leverancier vermeldt de nauwkeurigheid van de klok bij de productinformatie. Bovendien is de nauwkeurigheid van de klok sterk afhankelijk van de omgevingstemperatuur, terwijl de klokken niet altijd temperatuurgecompenseerd worden. De interne klok kent een 'verloop' dat kan oplopen tot enkele uren per jaar, afhankelijk van het type datalogger. Bij het uitlezen kan deze gesynchroniseerd worden met een handheld/laptop. Denk hierbij aan de UTC +1 instelling.

REGISTRATIE WIJZIGINGEN

Registreer bij wijzigingen (installatie/vervanging of wijziging van inhangdiepte) de exacte datum en tijd van de wijziging. Een nauwkeurig beheer over welke serienummers in gebruik zijn en in welke meetpunten deze hangen/hebben gehangen is van groot belang, vanwege het herleiden van meetfouten die het gevolg zijn van het gebruikte instrument.

Bij programmeren van de datalogger is het zaak om altijd de naam van de peilbuis (DINO code) in te geven. Zo kunnen losse outputbestanden uit de datalogger altijd herleid worden naar een bepaalde peilbuis. Bovendien wordt bij geautomatiseerde verwerking van loggerbestanden vaak gebruik gemaakt van de naamgeving in de 'header' van het loggerbestand.

AFWIJKINGEN IN DRUKSENSOREN

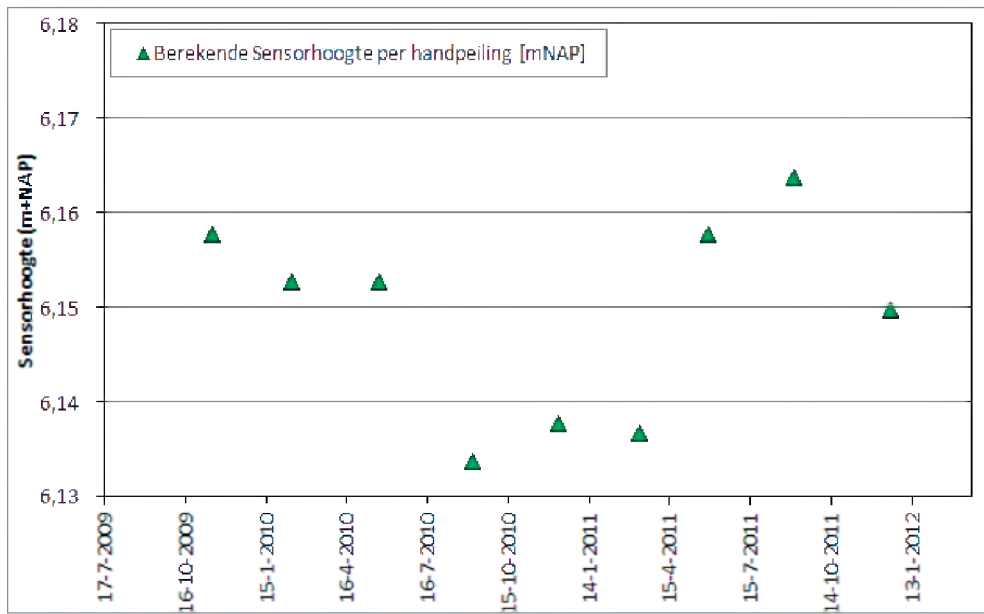
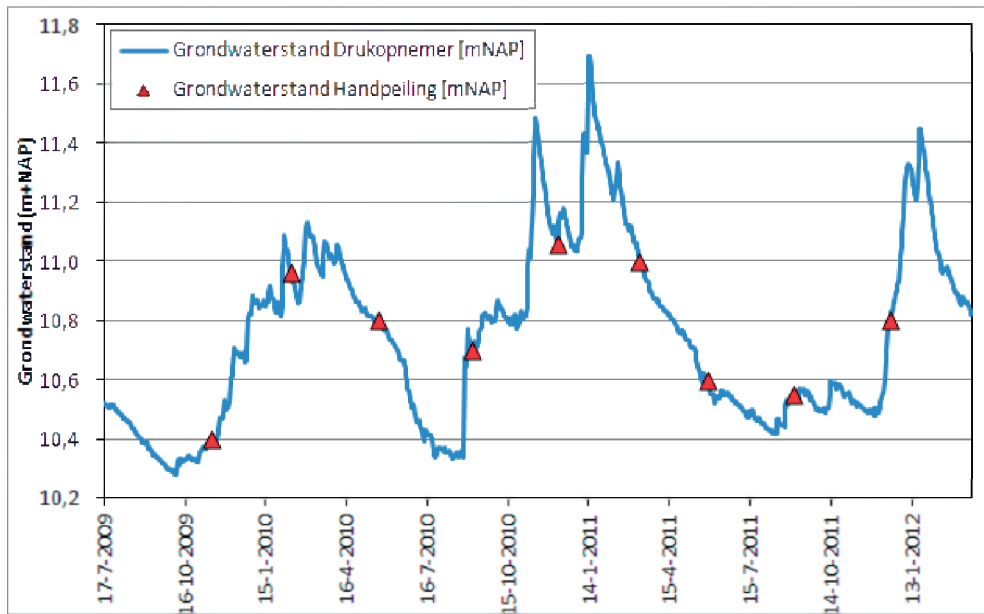
Bij het gebruik van druksensoren kunnen allerlei fouten optreden, waardoor de sensoren significante afwijkingen kunnen vertonen. De afwijkingen liggen in de regel in de orde van grootte van centimeters, maar kunnen ook decimeters beslaan. De afwijkingen, die dus veel groter kunnen zijn dan de voorschreven NEN-normen, kunnen worden veroorzaakt door:

- Drift: een in de tijd oplopende verschuiving van het nulpunt van de sensor. Deze loopt over het algemeen op met een of meerdere centimeters per jaar, en kan dus na enige tijd decimeters beslaan
- Temperatuurgerelateerde afwijking: de temperatuur beïnvloedt vermoedelijk de stugheid van het diafragma van de sensor, en daarmee de meting. De afwijking kan centimeters beslaan, en is zeker in het licht van de dag-nachtpatronen een storende factor van betekenis
- Haperingen of falen van de sensor: om uiteenlopende redenen kunnen sensoren opeens grote afwijkingen gaan vertonen. Dit is meestal reden om de drukopnemer te vervangen. De afwijking die reden is om een drukopnemer te vervangen zal echter in meer of mindere mate ook in de meetreeks voorafgaand aan vervanging aanwezig kunnen zijn (Bron: Von Asmuth, J. 2010).

BEREKENING NAP-HOOGTEN GRONDWATERSTANDEN

Zowel de handmatige peilingen als de automatische metingen moeten omgerekend worden naar grondwaterstanden in m+NAP. Voor handmatige peilingen wordt de NAP-waarde berekend uit de hoogte bovenkant peilbuis (m+NAP) minus de peiling. Voor de automatische drukmetingen wordt de NAP-waarde berekend uit de hoogte van de sensor (m+NAP) + waterkolom (indien nodig met luchtdrukcompensatie). De sensorhoogte kan worden bepaald door de kabellengte te meten voorafgaand aan de installatie of door deze te berekenen uit de handmatige peilingen (zie figuur 3).

FIGUUR 3 VOORBEELD VAN CONTROLE VAN AUTOMATISCHE METINGEN MET HANDMATIGE PEILINGEN



Bijlage 7**BETROKKENEN BIJ OPSTELLEN HANDBOEK****Deelname workshop en/of informatie aangeleverd:**

Alcedo	Freddy Rutterkamp
Brabant Water	Jeroen Castelijns
Evides	Jos van Wesel
Gemeente Eindhoven	Luuk Postmes
Gemeente Leeuwarden	Adriana Groen
Gemeente Roosendaal	Ad Fens
Gemeente Tiel	Marco Barendse
Gemeente Hoogeveen	Thomas Klomp
Hoogheemraadschap Delfland	Jochem Fritz
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Bert Blaauw
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Joost Heijkers
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Edwin Jongman
Keller Holland	Martijn Smit
Natuurmonumenten	Nicko Straathof
Oasen	Falco van Driel
Provincie Drenthe	Janet Hof
Provincie Fryslân	Anne Venema
Provincie Gelderland	Henny Kempen
Provincie Overijssel	Thomas de Meij
Provincie Overijssel	Joost Gooijer
Provincie Utrecht	Janco van Gelderen
Provincie Zuid-Holland	Jan Meyles
PWN Waterleidingbedrijf	Igor Mendizabal
Schlumberger	Renger Schmidt
Schlumberger	Wendy Nieuwpoort
Staatsbosbeheer	Cor Beets
Staatsbosbeheer	Sjoerd Edema
Verbelco	Klaas van der Meulen
Vitens	Ton Ebbing
Waternet	Philip Nienhuis
Waterschap Aa en Maas	Frank van de Langenberg
Waterschap Aa en Maas	Pim van de Sanden
Waterschap Aa en Maas	Jos Moorman
Waterschap de Brabantse Delta	Rutger van Ouwerkerk
Waterschap De Dommel	Fons van Hout
Waterschap Groot Salland	Sjaak Brugman

Waterschap Hollandse Delta	Harold de Ruitter
Waterschap Hunzen en Aa's	Anton Bartelds
Waterschap Noorderzijlvest	Floris Knot
Waterschap Reest en Wieden	Johan Schadenberg
Waterschap Rivierenland	Heino Niewold
Waterschap Vallei en Eem	Marinus van Dijk
Wetterskip Fryslân	Dick van Dijk
GDN-TNO	De bijdrage van TNO aan dit handboek beperkt zich tot tekstuele suggesties van de onderdelen: 3.3, 3.13, 6.2 en 6.3 De overige gedeelten van het document zijn door TNO niet beoordeeld.

Bijlage 8

AANBEVELINGEN

- Er is geen duidelijke richtlijn (in het Nederlands) voor het opstellen van een hydrologisch monitoringplan en uitgewerkte voorbeelden ontbreken. Aanbevolen wordt hiervoor een richtlijn op te stellen
- Er is geen duidelijk richtlijn voor het wel of niet toepassen van een filterkous. Aanbevolen wordt nader onderzoek te doen en op basis hiervan een richtlijn op te stellen
- Op een aantal punten wijkt dit handboek af van de NEN-normen, zoals bij de filterstelling van een peilbuis, die niet bepaald hoeft te worden aan de hand van een berekende Gemiddeld Laagste Grondwaterstand. Aanbevolen wordt de relevante NEN-normen te actualiseren
- Er zijn geen specifieke eisen over het schoonpompen van peilbuizen om verzanding of dichtslibben te voorkomen. Aanbevolen wordt nader onderzoek te doen en op basis hiervan een richtlijn op te stellen

Stichting
stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 50
Stationsplein 89
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

