



# Onderbouwing peilbesluit Pernis

Definitief

BODEM WATER FUNDERINGEN





Vestiging Amstelveen  
Postbus 6  
1180 AA Amstelveen  
t 020 750 46 00  
f 020 750 46 99

Vestiging Deventer  
Zutphenseweg 51  
7418 AH Deventer  
t 0570 66 09 10  
f 0570 66 09 19

info@wareco.nl  
www.wareco.nl



## Onderbouwing peilbesluit Pernis

Definitief

Uitgebracht aan:

Waterschap Hollandse Delta  
Postbus 4103  
2980 GC RIDDERKERK

---

Auteur	W. Beets, MSc	Kenmerk	BN62 RAP20150420
Vrijgave	ir. S.M. Geurts van Kessel	Datum	21-04-2015
		Status	Definitief

Wareco is het Nederlandse ingenieursbureau op het gebied van water, bodem en funderingen. Onze kracht is de integratie en combinatie van de specialisaties. We doen onderzoek en geven advies. We maken plannen en begeleiden de uitvoering. Enthousiast, persoonlijk en innovatief. Al 35 jaar leveren we maatwerk, met als resultaat hoge kwaliteit en duurzame, kostenbesparende oplossingen.

Vanuit haar vestigingen in Deventer en Amstelveen bedient Wareco met circa 60 professionals overheden, bedrijfsleven en particulieren.

Wareco beschikt over een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitssysteem en een ISO 14001 gecertificeerd milieumanagementsysteem. Daarin worden de kwaliteit van onze adviseurs, de producten die we leveren en het adviesproces duurzaam geborgd.

## Inhoudsopgave

Tekst	pagina
1. Inleiding.....	1
1.1. Algemeen .....	1
1.2. Aanleiding .....	2
1.3. Doel .....	2
1.4. Gebruikte gegevens en uitgevoerde werkzaamheden.....	2
1.5. Leeswijzer .....	3
2. Beschrijving van het onderzoeksgebied.....	4
2.1. Algemeen .....	4
2.2. Bebouwing en funderingen .....	4
2.3. Maaiveldhoogten, watergangen en drooglegging.....	4
2.4. Bodemopbouw.....	6
2.5. Riool en drainage .....	7
2.6. De grondwaterbalans.....	8
3. Invloed oppervlaktewater .....	10
3.1. Vraag 1: Is er een (aantoonbaar) verband tussen de grondwaterstand en het singelpeil? .....	10
3.2. Vraag 2: Wat is het verwachte effect van 10 cm peilverlaging op de grondwateroverlast, zettingsgevoelige objecten en bodemdaling van het stedelijk gebied. ....	13
3.3. Vraag 3: Welke andere mogelijkheid dan 10 cm peilverlaging lost de grondwateroverlast op, maar zorgt niet voor extra (snelle) bodemdaling?.....	15
3.4. Effecten maatregelen op lange termijn.....	17
4. Conclusie.....	18

## Bijlagen

1. Drooglegging
2. Meetpunten en meetgegevens
3. Uitgangspunten numeriek model Pernis peilgebied 47-3

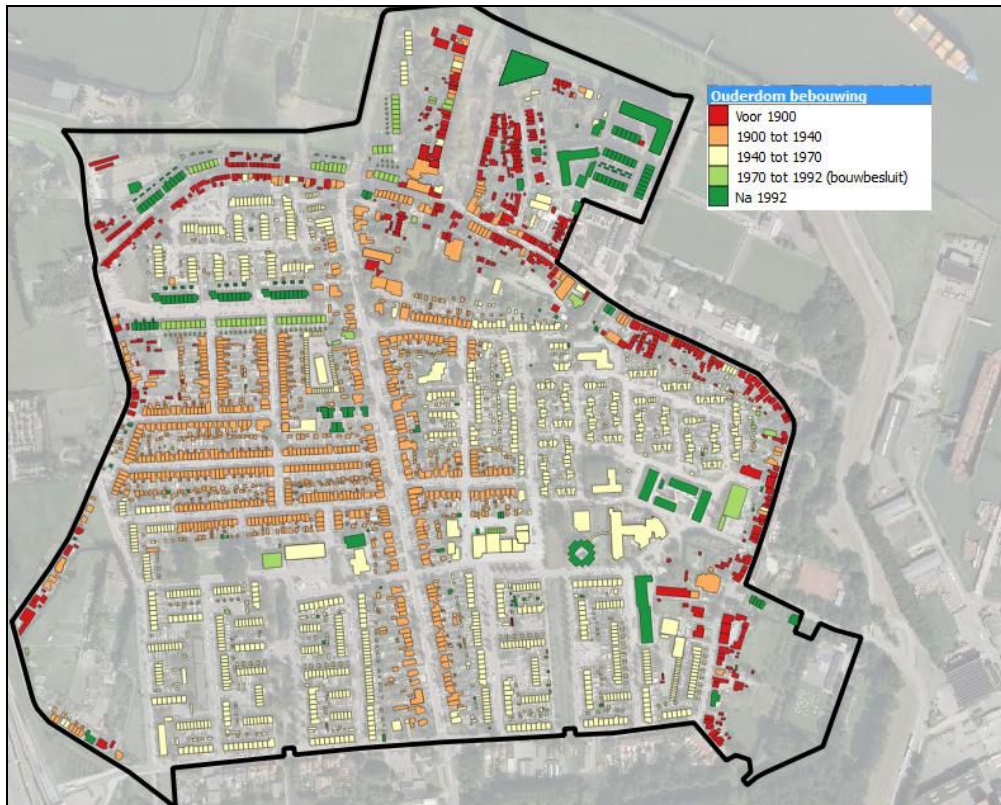


# 1. Inleiding

## 1.1. Algemeen

Op 20 februari 2015 is door het waterschap Hollandse Delta in samenwerking met de gemeente Rotterdam aan Wareco opdracht verstrekt voor het uitvoeren van een geohydrologisch onderzoek ter onderbouwing van het peilbesluit in peilgebied 47-3 te Pernis.

De topografische ligging van het onderzoeksgebied is aangegeven in figuur 1. Het onderzoeksgebied heeft een totale oppervlakte van circa 68 hectare.



Figuur 1: Overzicht onderzoeksgebied met indicatie ouderdom bebouwing

## 1.2. Aanleiding

De aanleiding voor dit onderzoek is een nieuw op te stellen peilbesluit. In Pernis wordt op dit moment grondwateroverlast ervaren. Mogelijk biedt het peilbesluit mogelijkheid om via een peilverandering de grondwateroverlast te bestrijden. Het waterschap is hiertoe verzocht om te onderzoeken of een peilverlaging van 10 cm in peilvak 47-3 een gepaste maatregel kan zijn. Pernis ligt in een gebied met een slappe bodem (veen en klei). Peilwijzigingen brengen daarom ook risico's ten aanzien van te lage grondwaterstanden met zich mee (bodemdaling en gebouwschade). Derhalve is specialistisch onderzoek uitgevoerd naar de geohydrologische situatie in relatie tot de bebouwde omgeving.

## 1.3. Doel

Het doel van deze rapportage is het geven van een geohydrologische onderbouwing van de kansen en de risico's die de peilverlaging met zich mee brengt. Hiertoe worden de volgende vragen behandeld:

- Vraag 1: Is er een (aantoonbaar) verband tussen de grondwaterstand en het singelpeil?
- Vraag 2: Zo ja, wat is het verwachte effect van 10 cm peilverlaging op de grondwateroverlast, zettingsgevoelige objecten en bodemdaling van het stedelijk gebied.
- Vraag 3: Welke andere mogelijkheid dan 10 cm peilverlaging lost de grondwateroverlast op, maar zorgt niet voor extra (snelle) bodemdaling?

Het onderzoek is uitgevoerd op wijkniveau. Er kunnen geen conclusies ten aanzien van individuele panden aan worden ontleend.

## 1.4. Gebruikte gegevens en uitgevoerde werkzaamheden

Bij het waterschap Hollandse Delta en de gemeente Rotterdam zijn archiefgegevens verzameld en bestudeerd met betrekking tot de invloeden op het grondwatersysteem en het maaiveld en de bebouwing. In het archief van Wareco zijn gegevens verzameld met betrekking tot de bodemopbouw, de grondwaterstanden en de meteorologie.

Er is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

1. Gebiedsplan riolering Pernis, Algemene adviezen, 18 mei 2011.
2. Peilbesluit bemalingsgebied Pernis 2003, V8104-01-001, augustus 2003.  
*Aanvullend:* werkdocument praktijksituatie grenzen bemalingsgebied 2015
3. Export rioolsysteem Pernis, gemeente Rotterdam d.d. 2 maart 2015.
4. Export grondwatermeetnet deelgebied Pernis, gemeente Rotterdam d.d. 2 maart 2015.



5. Ondergrondgegevens en stijghoogtegegevens uit het Dinoloket van TNO en de REGIS en GeoTOP modellen.
6. KNMI neerslag en verdampingdata uit WarecoWaterData, via [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl).
7. Notities van startoverleg Wareco, gemeente en hoogheemraadschap d.d. 24 februari 2015.
8. Maaiveldhoogte: AHN2 (resolutie 0,5 m) en hoogtebestand Rotterdam (aan-geleverde resolutie 5 m)

De in de tekst vermelde cijfers tussen [ ] verwijzen naar bovenstaande gegevens.

## 1.5. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de huidige geohydrologische situatie omschreven.

In hoofdstuk 3 worden de verschillende invloeden op het grondwatersysteem gekwantificeerd en worden de effecten van de peilverandering doorgerekend.

In hoofdstuk 4 is een conclusie en een advies opgenomen.

## 2. Beschrijving van het onderzoeksgebied

### 2.1. Algemeen

In dit hoofdstuk worden de eigenschappen van het onderzoeksgebied beschreven die van belang zijn voor de geohydrologische onderbouwing van het peilbesluit:

- gegevens over bebouwing en funderingen;
- de huidige maaiveldhoogte en drooglegging;
- de bodemopbouw;
- het riool- en drainagesysteem;
- de grondwaterbalans: waar komt het water vandaan en waar gaat het heen.

### 2.2. Bebouwing en funderingen

Het onderzoeksgebied heeft de gebruiksfunctie wonen. De ouderdom van de woningen verschilt binnen het gebied, van circa 1900 tot na 2000, zie figuur 1.

Bebouwing van voor circa 1970 wordt in algemene zin als kwetsbaar beoordeeld ten aanzien van schade door hoge grondwaterstand (overlast) en lage grondwaterstanden (droogstand, zakking, negatieve kleeft). Het grootste deel van de bebouwing in het onderzoeksgebied is van voor 1970.

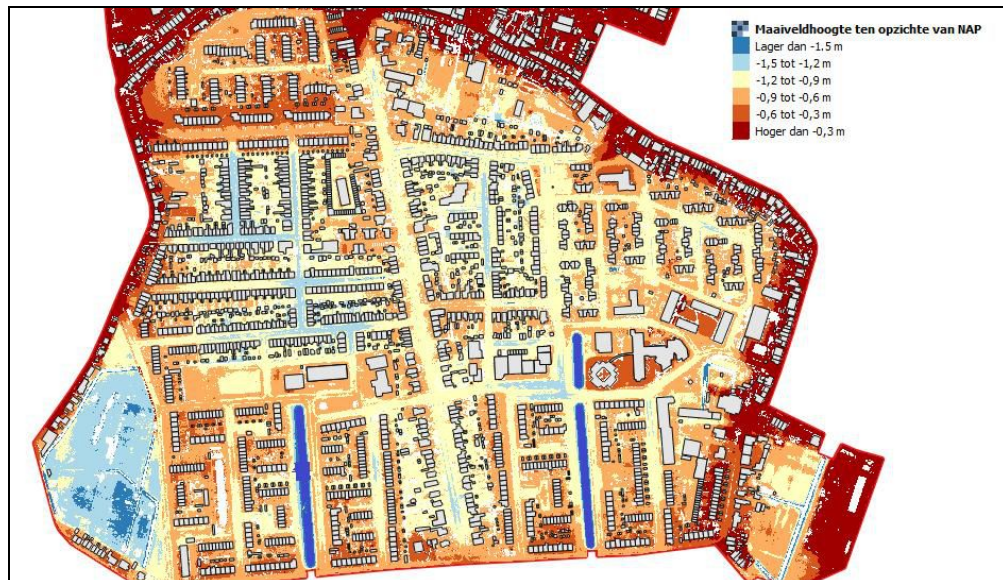
Er is geen betrouwbare database met funderingsgegevens beschikbaar van Pernis. Het is bekend dat er zowel woningen op staal als op palen (hout en beton) zijn gefundeerd, soms op korte afstand van elkaar. Door de gemeente is aangegeven dat veel panden zijn gezakt ten opzichte van het uitgiftepeil.

### 2.3. Maaiveldhoogten, watergangen en drooglegging

De maaiveldhoogte is beschouwd in het lagere gedeelte van het peilgebied, binnen de dijk (Pastoriedijk en Ring). Binnen de dijk varieert de maaiveldhoogte van minimaal circa NAP -1,4 meter (m) tot circa NAP -0,5 m. De openbare weg ligt in het algemeen lager dan de percelen. In figuur 2 is een overzicht van de maaiveldhoogte in het onderzoeksgebied weergegeven.

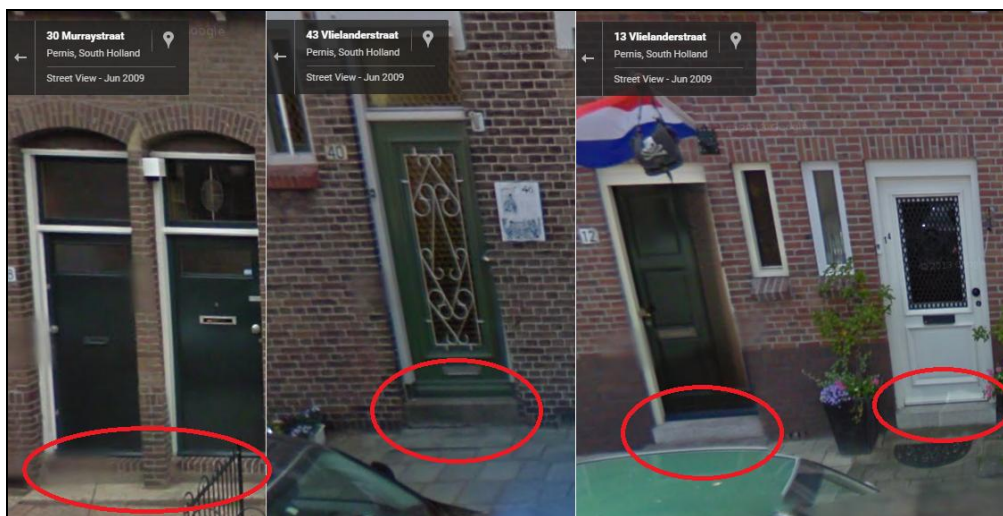
Het maaiveldniveau ter plaatse van enkele straten (lichtblauw in figuur 2) is opvallend laag. Hier heeft maaivelddaling opgetreden.

In enkele straten is sinds de hoogtemeting van het AHN2 een herinrichting uitgevoerd, de actuele maaiveldhoogten wijken hier dus af van de weergave in figuur 2.



Figuur 2: Indicatie maaiveldverloop, bron AHN2.

Er zijn geen gegevens van het niveau van de panden (vloerpeilen), maar op basis van een visuele inspectie van het onderzoeksgebied via Google Streetview (figuur 3) kan worden gesteld dat de dorpels zich op veel locaties circa 20 cm boven maaiveldniveau bevinden. Een relatief hoog dorpelniveau kan wijzen op een sterkere daling van het maaiveld dan van de woningen. Dit is gebruikelijk bij op palen gefundeerde woningen. Ook bestaat de mogelijkheid dat de dorpels zijn verhoogd om bijvoorbeeld instroom van water op straat te voorkomen.



Figuur 3: Dorpelniveaus vaak duidelijk boven maaiveldniveau.

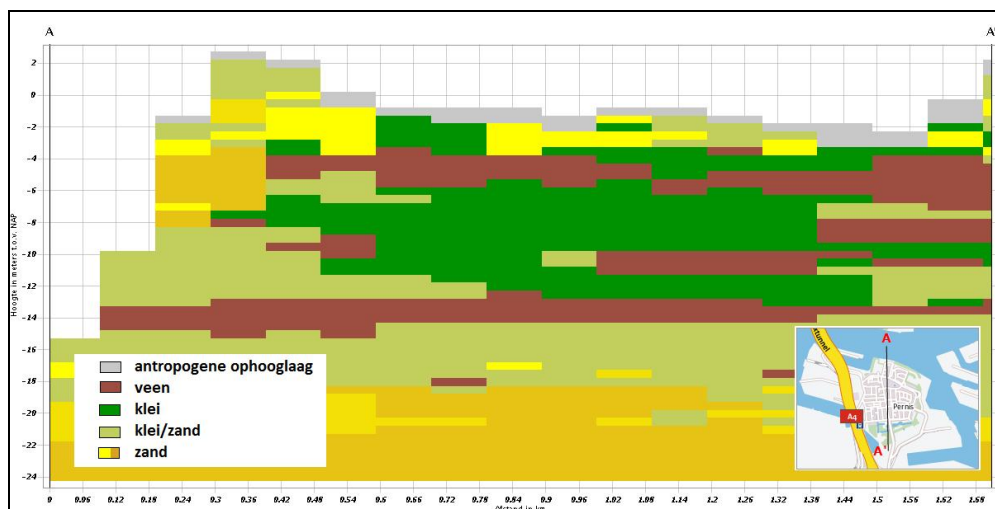
De gemeente heeft verder aangegeven dat het vloerpeil zich bij verschillende woningen onder het straatpeil bevindt, zoals in de Overhandstraat. Deze relatief lage vloerpeilen worden veroorzaakt door gedaalde (op staal gefundeerde) woningen, terwijl de straten ondertussen weer zijn opgehoogd.

De watergangen in het peilgebied zijn in figuur 2 donkerblauw weergegeven. In het peilgebied is relatief weinig oppervlaktewater aanwezig, alleen in het zuiden bevinden zich twee watergangen. Het oppervlaktewaterpeil wordt op dit moment gehandhaafd op NAP -1,9 m. Hiermee bedraagt de drooglegging in het peilgebied (binnen de dijk) circa 0,5 m tot 1,4. Een overzichtskaart van de drooglegging is opgenomen in [bijlage 1](#).

De kleinste drooglegging doet zich voor in de laaggelegen straten. Op particulier terrein is de drooglegging in het algemeen groter dan 0,7 m.

## 2.4. Bodemopbouw

De bodem is beschreven op basis van de gegevens uit [5] en [7]. Aangenomen wordt dat onder de openbare wegen zandcunetten zijn toegepast. De ondiepe ondergrond (eerste 2 tot 4 m) in het onderzoeksgebied bestaat verder voornamelijk uit slecht doorlatende klei en kleiig zand. Onder deze laag bevindt zich een dik pakket van veen- en kleilagen van ruim 12 m met een kleine doorlatendheid. Onder dit pakket bevindt zich het eerste watervoerend pakket, een dik zandpakket, met een goede doorlatendheid. Een weergave uit het GeoTOP model is opgenomen in figuur 4.

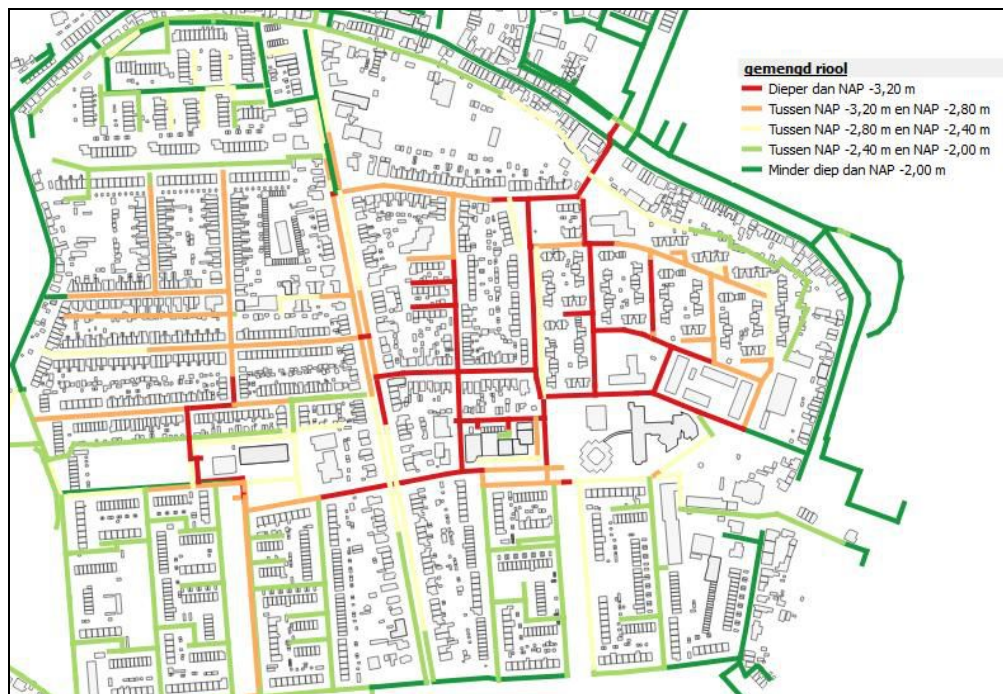


Figuur 4: Schematisatie bodemopbouw, bron GeoTOP model v1.2

## 2.5. Riool en drainage

In het onderzoeksgebied is op de meeste plaatsen een gemengd riolsysteem aanwezig, met een ouderdom van circa 30 tot 50 jaar. Een oud betonnen riool in een zettingsgevoelige omgeving vertoont veelal lekkage door zettingschade. Deze lekkage geeft het riool een (onbedoelde) drainerende functie. De mate van drainage is afhankelijk van de aanlegdiepte van de riolering, de mate van lekkage, de drukhoogte in het riool en de diameter van de buizen.

De gegevens van het huidige riool zijn aangeleverd. Er is een quickscan uitgevoerd van de aanlegdiepte van de rioolstrengen, zie figuur 5. Opvallend is dat de gebieden waar de riolering diep ligt (dieper dan NAP -2,80 m, oranje/rood in figuur 5) ook gebieden lijken te zijn waar het maaiveld het laagst is (zie figuur 2).



Figuur 5: Indicatie diepte riolering

De gemeente heeft aangegeven dat binnen het onderzoeksgebied op verschillende locaties oudere drainage aanwezig is (> 10 jaar oud). De werking en de ligging hiervan is niet bekend. Gezien de ouderdom kan worden verondersteld dat deze drains zijn verstopt en niet meer goed functioneren.

De afgelopen jaren is de gemeente Rotterdam bezig geweest met het vervangen van het oude gemengde riool. Op locaties waar het riool vervangen wordt, wordt drainage aangelegd om de drainerende werking van het riool zoveel mogelijk op te vangen. In de praktijk wordt een stijging van de grondwaterstand waargenomen na rioolvervangning.

De drainage wordt aangelegd met een open verbinding naar het oppervlaktewater. Het instelniveau van de drainage is hiermee gelijk aan het oppervlaktewaterpeil, circa NAP -1,9 m. De open verbinding maakt ook infiltratie mogelijk in droge (zomer) periodes. Als ter plaatse van de drainage grondwaterstanden optreden lager dan NAP -1,9 m, kan het grondwater aangevuld worden met oppervlaktewater. Hiermee worden te lage grondwaterstanden in de nieuwe situatie zoveel mogelijk voorkomen.

## 2.6. De grondwaterbalans

De gemeente heeft de meetgegevens van 12 freatische peilbuizen aangeleverd [4]. Deze zijn uitgewerkt tot grafieken en opgenomen in [bijlage 2](#). Binnen het onderzoeksgebied zijn verschillende factoren die het freatisch grondwater aanvullen en afvoeren. Op basis van de grondwatergrafieken en de interpretatie van de beschikbare archiefgegevens kan de grondwaterbalans op wijkniveau worden beschreven.

De volgende factoren spelen een rol bij de aanvulling van freatisch grondwater:

- De neerslag infiltreert naar het freatisch grondwater. Dit is te zien in de grondwatergrafieken ([bijlage 2](#)) waarin ook de neerslaggegevens zijn opgenomen; in perioden met veel neerslag worden vaak hogere grondwaterstanden waargenomen.
- Op basis van het Dinoloket blijkt de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket 1 à 2 m hoger is dan de freatische grondwaterstand. Dit betekent dat een opwaartse stroming van het eerste watervoerend pakket naar het freatisch grondwater plaatsvindt. Er is dus sprake van een kwelsituatie. Gezien de slechte doorlatendheid van de bodem zal de intensiteit van de kwel gering zijn (minder dan 1 mm per dag).
- De waterstanden in de grote watergangen in de omgeving (Nieuwe Maas en Eemhaven) zijn hoger dan het freatisch grondwater. Dit betekent dus dat horizontale grondwaterstroming richting het onderzoeksgebied vanuit deze watergangen mogelijk is. Er is dus tevens sprake van een kwelsituatie vanuit de grote watergangen. Gezien de slechte doorlatendheid van de bodem zal de intensiteit van de kwel klein zijn.

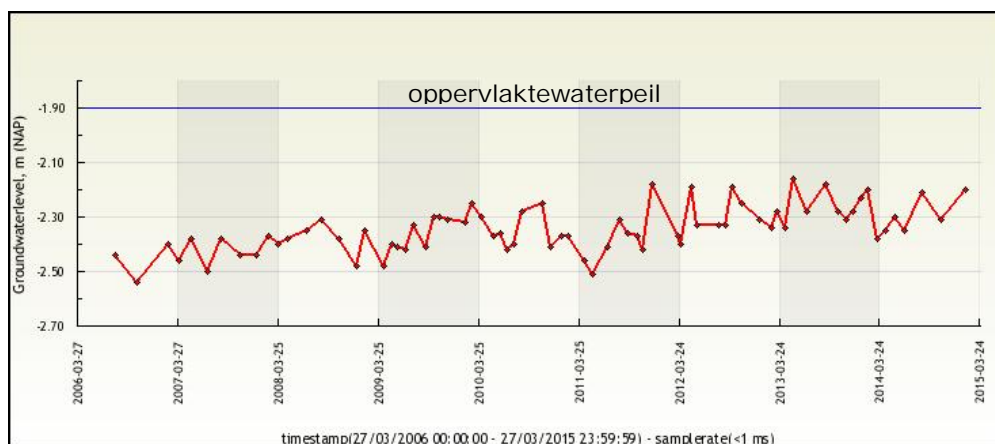
De afvoer van freatisch grondwater kan gezien de kwelsituatie en de omliggende grote watergangen alleen binnen het onderzoeksgebied plaatsvinden. Hierbij spelen de volgende factoren een rol:

- Afvoer grondwater richting de oppervlaktewatergangen binnen het peilgebied. Gezien de geringe aanwezigheid van oppervlaktewatergangen en de slechte doorlatendheid van de bodem is het waarschijnlijk dat de invloed van deze afvoer klein is. De grondwatermeetreeksen bevestigen dit: de freatische grondwaterstand nabij oppervlaktewatergangen is niet lager dan ver van oppervlaktewatergangen (dit wordt nader toegelicht in paragraaf 3.1).
- Oude drainageleidingen. In het onderzoeksgebied zijn oude drainageleidingen aangelegd (ouder dan 10 jaar) volgens oudere minder duurzame methoden.

Aangenomen wordt dat deze drains nauwelijks of geen effect meer hebben, maar dit is niet met zekerheid te zeggen.

- Nieuwe drainageleidingen. Op locaties waar het riool wordt vervangen, wordt drainage aangelegd. In [bijlage 2](#) is de locatie van de nieuwe drains weergegeven. De drains voeren onder vrij verval freatisch grondwater af naar de oppervlaktewatergangen. De invloed van deze drains op de grondwaterstand wordt niet direct duidelijk uit de grondwatermeetreeksen. Nabij de drainageleidingen worden grondwaterstanden tot circa 0,5 m boven het drainageinstelniveau van NAP -1,9 m gemeten (dit wordt nader toegelicht in paragraaf 3.1).
- Afvoer via oude, lekke riolering. Op verschillende locaties worden grondwaterstanden tot ver onder het oppervlaktewaterpeil gemeten. Dit kan veroorzaakt worden door de aanwezigheid van lekke, bemalen rioolstrengen. Op verschillende locaties worden grondwaterstanden tot meer dan 0,5 m onder het oppervlaktewaterpeil gemeten, zie figuur 6.

De meest bepalende factoren in de grondwaterbalans zijn op dit moment de neerslag (aanvoer) en de aanwezigheid van de lekke riolering en mogelijk oude drainage (afvoer).



Figuur 6: Ter illustratie, meetreeks peilbuis 123563-4 (rood) nabij oud riool en in blauw het oppervlaktewaterpeil.

In figuur 6 lijkt een geleidelijke stijging van de grondwaterstand zichtbaar. Mogelijk is hier in werkelijkheid geen sprake van een stijging van de grondwaterstand maar een daling van het maaiveld, aangezien de metingen ten opzichte van maaiveld worden uitgevoerd. Aanbevolen wordt om de hoogte van de peilbuizen periodiek in te meten om deze meetfout uit te kunnen sluiten of te kunnen corrigeren.

## 3. Invloed oppervlaktewater

Er is een grondwatermodel opgezet waarin de verschillende componenten uit de grondwaterbalans modelmatig zijn gekwantificeerd. Hiertoe is eerst de huidige situatie gesimuleerd op basis van de opgestelde grondwaterbalans. Vervolgens is de invloed van een peilverandering doorgerekend.

Het model is gekalibreerd met behulp van de beschikbare metingen van het grondwatermeetnet, uitgaande van een stationaire situatie (in evenwicht), representatief voor een natte winterperiode met hoge grondwaterstanden. De uitgangspunten van het model zijn in tabelvorm opgenomen in [bijlage 3](#).

De modelresultaten en de meetreeksen van het grondwatermeetnet zijn gebruikt om de effecten te illustreren.

### 3.1. Vraag 1: Is er een (aantoonbaar) verband tussen de grondwaterstand en het singelpeil?

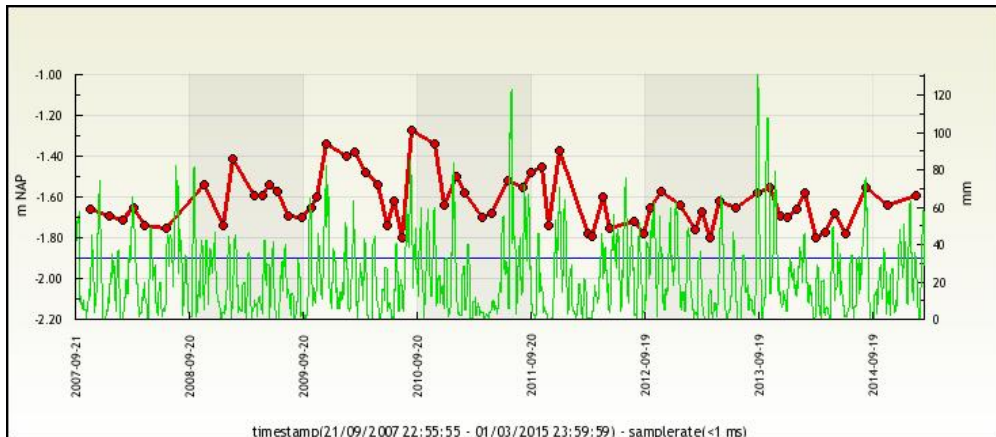
#### Directe invloed singelpeil

In de grondwaterbalans is gesteld dat de directe invloed van de oppervlaktewatertgangen op het grondwatersysteem gering is door de slechte doorlatendheid van de bodem en de geringe aanwezigheid van oppervlaktewater.

In de meetreeks van peilbuis 123562-1 (meetreeks in figuur 7, locatie in figuur 8) is duidelijk zichtbaar dat de grondwaterstand dicht bij een watergang in natte perioden tot circa 0,6 m hoger is dan het oppervlaktewaterpeil. Er is in nattere periode (zoals op 20 september 2010 in figuur 7) dus sprake van een sterke opbolling op een korte afstand van de watergang. De drainerende capaciteit van de watergang op de omgeving is hier gering.

Er is nog een locatie met een peilbuis direct naast een watergang, peilbuis 123562-2. Hier lijkt minder sprake van opbolling, hier komen zelfs grondwaterstanden onder het niveau van het oppervlaktewater voor. Gezien de grondwaterstanden onder het oppervlaktewaterniveau wordt verwacht dat drainage door riolering hier ook een rol speelt.





Figuur 7: Relatie oppervlaktewaterpeil (blauwe lijn), grondwaterstand (rood) en neerslag (groen) bij peilbuis 123562-1. Opbolling van circa 0,6 m.



Figuur 8: Locatie peilbuis 123562-1 vlakbij watergang

De resultaten van het grondwatermodel bevestigen dat de grondwaterstand in de huidige situatie nauwelijks wordt beïnvloed door het aanwezige oppervlaktewater. Op basis van het grondwatermodel wordt de invloedsfeer van de oppervlaktewatergangen berekend op circa 5 tot 10 m. Buiten deze invloedsfeer speelt de invloed van lekke riolering een duidelijk grotere rol.

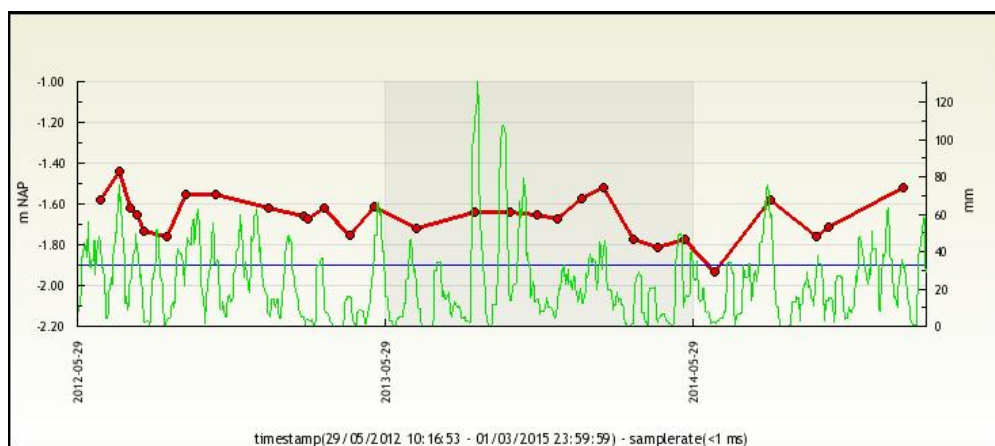
#### Invloed singelpeil via drainage

Door het drainagesysteem aan te sluiten op het oppervlaktewater kan een directe uitwisseling plaatsvinden tussen de freatische grondwaterstand en het oppervlaktewater. Hierdoor biedt het waterschap de gemeente een drainagebasis om de invloed van het oppervlaktewaterpeil te vergroten.

Op drie locaties in het onderzoeksgebied is op dit moment al drainage aangelegd, zie [bijlage 2](#). Er zijn enkele niveaumetingen uitgevoerd [4] in de inspectieputten van de drainagestrengen. In de putten worden waterstanden gemeten tussen NAP -1,79 en NAP -1,95 m. Dit is een afwijking van maximaal 0,11 m van het oppervlaktewaterpeil. Het is niet bekend of deze geringe afwijking wordt veroorzaakt door fluctuaties in het oppervlaktewaterpeil, opstuwning in het drainagesysteem, of de nauwkeurigheid van de niveaumetingen. In het model is aangenomen dat

het drainagesysteem een directe uitwisseling met het oppervlaktewater heeft op NAP -1,9 m.

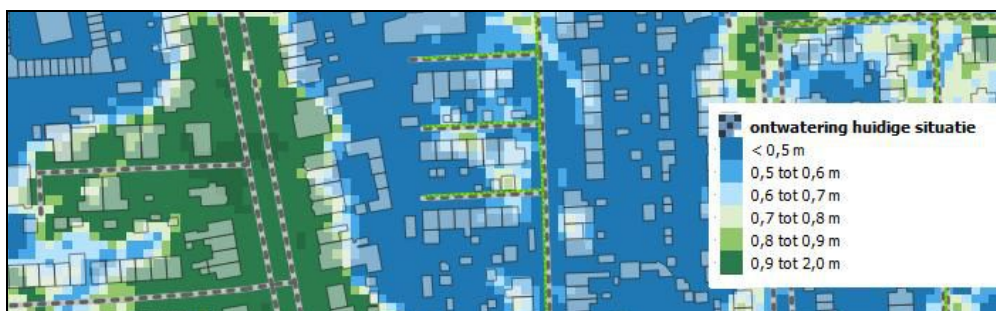
In de meetreeksen van de peilbuizen nabij de drainageleidingen worden vergelijkbare grondwaterstanden gemeten als in de peilbuizen nabij de oppervlaktewatertgangen. Een voorbeeld hiervan is peilbuis 123563-10, waar grondwaterstanden tot circa 0,5 m boven het drainageniveau/oppervlaktewaterpeil worden gemeten, zie figuur 9. Op basis van de meetgegevens kan worden gesteld dat de drainage wel invloed heeft, maar deze invloed is gering vergeleken met de invloed van de dieper gelegen drainerende riolering.



Figuur 9: Relatie drainageniveau (blauw), grondwaterstand (rood) en neerslag (groen) bij peilbuis 123563-10.

Deze beperkte invloed is ook goed zichtbaar in de output van het grondwatermodel, zie figuur 10. In deze afbeelding is de huidige gemodelleerde ontwateringsdiepte weergegeven. Bij de drainageleidingen (groene lijnen) is deze tussen circa 0,5 m en 0,7 m. Bij de lekke rioolstrengen (grijze lijnen) is deze tussen circa 0,9 en 2,0 m.

De invloedssfeer van de drainageleidingen is in het model bepaald op circa 5 tot 10 m, gelijk aan de invloed van de oppervlaktewatertgangen. De invloed van lekke riolen is groter dan de invloed van drainage omdat het drainageniveau van de riolering veel lager ligt, vaak onder NAP -3,0 m.



Figuur 10: representatief fragment model: invloed drainage (groene leidingen) en lek riool (grijze leidingen) op de ontwateringsdiepte.

### 3.2. Vraag 2: Wat is het verwachte effect van 10 cm peilverlaging op de grondwateroverlast, zettingsgevoelige objecten en bodemdaling van het stedelijk gebied.

#### Effect naast watergang

In het grondwatermodel is het effect van een peilverlaging van 10 cm doorgerekend. Het directe effect (door stroming via de bodem naar de watergang) van de peilverlaging van de watergangen op de ontwateringsdiepte in de omgeving is weergegeven in figuur 11. De directe uitstraling naar de omgeving is gering. De directe effecten van de peilverandering zijn ter plaatse van de bebouwing minder dan 3 cm en dus nauwelijks merkbaar.



Figuur 11: Invloed van peilverlaging op grondwaterstand bij watergang (blauw 10 cm, oranje 3 cm)

#### Effect via drainagesysteem

Doordat het nieuwe drainagesysteem in open verbinding wordt aangesloten op het oppervlaktewater, heeft de peilverandering ook effect op het instelniveau van de drainage. Met de peilverandering wordt de drainagebasis die de gemeente wordt geboden met 10 cm vergroot. De berekende invloed van de peilverandering ter plaatse van de drainage is weergegeven in figuur 12. Er is duidelijk een effect

zichtbaar in de cunetten. Richting de bebouwing neemt het effect sterk af, over het algemeen tot minder dan 3 cm ter plaatse van de bebouwing.



Figuur 12: Invloed van peilverlaging op grondwaterstand bij drainage (blauw 10 cm, oranje 3 cm)

#### Risico onderlast door lage grondwaterstanden door maatregel

Een peilwijziging van 10 cm heeft een verlagend effect op de grondwaterstand. Ook al is het effect gering (zie afbeelding 12), de verlaging brengt risico's met zich mee:

- Risico woningen op staal: de lagere grondwaterstand kan verdere daling van het maaiveld veroorzaken met als gevolg daling/zetting van de op staal gefundeerde woningen.
- Risico woningen op houten palen: een lagere grondwaterstand brengt risico's met zich mee met betrekking tot droogstand van houten paalfunderingen.
- Risico openbaar terrein en tuinen: op enkele locaties is de grondwaterstand nooit lager geweest dan NAP -1,9 m (zie [bijlage 2](#)). Als hier na de peilverlaging drainage wordt aangelegd met een instelniveau van NAP -2,0 m kan hierdoor nieuwe droogstand van klei- en veenlagen tot verdere maaiveld-daling leiden.

Een aanvullend risico in Pernis is het verschil in funderingstype. Als woningen op staal zakken wordt het hoogteverschil van deze woningen met woningen op palen groter. Hoe groter dit verschil wordt, hoe moeilijker het wordt om een grondwaterbeleid te voeren wat voor beide woningtypen gunstig is. Over het algemeen is een hoge grondwaterstand vereist om onderlast te voorkomen, terwijl bij woningen op staal ook een lage grondwaterstand gewenst is om overlast tegen te gaan. Het is dus van belang om verdere daling van op staal gefundeerde woningen tegen te gaan.

#### Bestrijden grondwateroverlast

Op basis van de modelresultaten kan worden gesteld dat de resultaten van de peilverandering via de huidige drainageleidingen niet voldoende zullen zijn om de overlastproblematiek ter plaatse van de woningen te verhelpen: de uitstraling van de maatregel is hiertoe niet groot genoeg. Dit geldt ook voor de situatie waarbij in alle wegen drainage wordt aangelegd.

Om de drainerende werking van het oude riool (drainageniveau op circa NAP -3,0 m) op te vangen met een drainagesysteem in de cunetten zou een onverantwoorde peilverlaging van meer dan een meter moeten worden bewerkstelligd.

Gezien het geringe positieve effect en de grote risico's van de peilverlaging wordt aanbevolen om deze niet door te voeren.

### 3.3. Vraag 3: Welke andere mogelijkheid dan 10 cm peilverlaging lost de grondwateroverlast op, maar zorgt niet voor extra (snelle) bodemdaling?

Op basis van de modelresultaten en de beschouwing van de risico's op onderlast is gesteld dat een peilverlaging van 10 cm geen uitkomst biedt voor grondwateroverlast op particulier terrein. Om tot een duurzame oplossing te komen voor de grondwateroverlast kunnen verschillende alternatieve maatregelen worden aangedragen.

#### 1. Bouwkundige maatregelen

Bij voorkeur worden bouwkundige maatregelen genomen om de overlast te beperken. Door bebouwing zodanig aan te passen dat deze bestand is tegen zowel hoge als lage grondwaterstanden, hoeft geen grondwater afgevoerd te worden en worden zettingen en maaiveld daling zoveel mogelijk beperkt. Hierbij kan worden gedacht aan waterdichte vloeren, opvulling en isolatie en betere ventilatie van de kruipruimten.

#### 2. Dichter drainagenetwerk

Indien noodzakelijk kan de invloedssfeer van de drainage (na de rioolvervanging) worden vergroot door de drainagedichtheid te verhogen in het gebied waar de ontwateringsdiepte na rioolvervanging niet volstaat. Met een verhoogde drainagedichtheid kan de ontwaterings situatie worden verbeterd zonder diepere drainage toe te passen. Op deze wijze wordt de grondwaterstand op een homogene en duurzamere wijze gecontroleerd en worden zettingsrisico's geminimaliseerd. Toch blijft het risico op zettingen altijd aanwezig wanneer grondwater wordt afgevoerd.

Een mogelijkheid is om de drainage op openbaar terrein zo dicht mogelijk bij de woningen aan te leggen, bijvoorbeeld aan weerszijden van de weg en in achterpaden. Naar verwachting heeft deze maatregel nog altijd onvoldoende uitstraling naar de grondwaterstand onder de panden.

De meest doelmatige methode om de drainagedichtheid te verhogen en daarmee overlast op particulier terrein te voorkomen is om een drainagebasis op particulier terrein aan te bieden aan bewoners. Bewoners dienen dan zelf particuliere drainage aan te leggen en deze aan te sluiten op de gemeentelijke drainage.

Met drainage op particulier terrein wordt verwacht dat de ontwateringsdiepte daar voldoende kan toenemen (ten opzichte van de situatie na de rioolvervangings met alleen drainage in de cunetten) om overlast te voorkomen.

Het verlagen van de grondwaterstand op particulier terrein brengt ook risico's mee. Het is van belang dat de grondwaterstand niet wordt verlaagd tot onder de huidige laagst voorkomende grondwaterstand om zettingen te voorkomen. Door de grote opbolling in het onderzoeksgebied kan worden aangenomen dat de laagst voorkomende grondwaterstand op veel plekken op dit moment nog ruim boven het oppervlaktewaterpeil ligt.

Drainage onder de historisch laagst voorkomende grondwaterstand op particulier terrein (nog te onderzoeken) kan ongewenste zettingen veroorzaken. Met het realiseren van een fijner drainagenetwerk kan mogelijk zelfs een verhoging van het oppervlaktewaterpeil gewenst zijn om de drainage op het gewenste niveau te laten reguleren (draineren/infiltreren).

In Pernis is het bepalen van de meest geschikte ontwateringsdiepte maatwerk. De meest duurzame oplossing is een zo klein mogelijke ontwateringsdiepte waarbij verdere bodemdaling en zettingen zo veel mogelijk worden beperkt en waarbij de wijk toch woonbaar blijft. Het uitgangspunt moet zijn om in overleg met de bewoners van de wijk een zo hoog mogelijke acceptabele grondwaterstand vast te stellen.

Er moet op worden toegezien dat ook door particulieren niet door middel van bemaling wordt gedraineerd. Bij vermoedens in die richting kan peilbuismonitoring inzicht geven.

### 3. Openbare ruimte en tuinen op hoogte houden

Als grondwateroverlast op openbaar terrein en in tuinen optreedt, kan worden overwogen om ophoging toe te passen. Hiertoe dient lichtgewicht ophoogmateriaal toegepast te worden. Deze maatregel wordt beperkt door de lage ligging van gezakte, op staal gefundeerde panden. Als het maaiveld wordt verhoogd tot boven het vloerpeil van deze woningen zal hemelwateroverlast optreden.

#### 4. Drainageverlies voorkomen

Gezien de geringe drooglegging op sommige locaties in het gebied is het noodzaak om drainageverlies door weerstand in en om de drainageleidingen te voorkomen. Het ontwerp en de aanleg van drainage in het onderzoeksgebied is maatwerk, het uitgangspunt moet zijn om de intreeweerstand en opstuwings tot een minimum te reduceren. Het toepassen van de juiste materialen (type leidingen, omhulling en drainagekoffer) speelt hierbij een belangrijke rol.

### 3.4. Effecten maatregelen op lange termijn

Gezien de grote diversiteit in de ouderdom van de bebouwing en de funderingstypen is het niet eenvoudig om een optimaal grondwaterregime vast te stellen voor de lange termijn. De panden op staal zullen langzaam blijven zakken terwijl de panden op palen dezelfde hoogte zullen houden.

Bij bebouwing op staal is steeds een lagere grondwaterstand gewenst om overlast te voorkomen. Bij deze zelfde bebouwing en bebouwing op houten palen is echter tevens een constant hogere grondwaterstand gewenst om droogstand van funderingen tegen te gaan en zetting te voorkomen.

Dit knelpunt zal in de toekomst groter worden door klimaatverandering en (doorgaande) maaiveldddaling. Hiertoe dient beleid opgesteld te worden voor de omgang met maaiveldhoogteverschillen bij panden op staal (laag maaiveld) en panden op palen (hoog maaiveld). Om in de toekomst zowel grondwateroverlast als grondwateronderlast met waterhuishoudkundige maatregelen te kunnen bestrijden zal actief grondwaterpeilbeheer toegepast moeten worden, zowel op openbaar terrein als op particulier terrein.

De problematiek heeft een duidelijke relatie met ruimtelijk ordening en stedenbouw (stedelijke vernieuwing), omdat de maaiveldddaling de kwaliteit van de wijk beïnvloed.

## 4. Conclusie

De kern van het probleem is in dit onderzoek blootgesteld. De overlast die in het onderzoeksgebied wordt ervaren, is hoofdzakelijk veroorzaakt door de sterke maaiveldddaling in het gebied. De overlast wordt pas duidelijk nu het oude lekke riool wordt vervangen. De oorspronkelijke grondwaterstand wordt door de rioolvervanging hersteld, terwijl het maaiveld nu lager is.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Pernis is in geohydrologisch opzicht een soort badkuip. Deze wordt gevuld door neerslag en kan water kwijt via drainage en/of lekke riolen.
- De lekke riolering in het gebied draineert te diep waardoor zettingen optreden. De lekke riolering moet daarom vervangen worden.
- Verwacht wordt dat een grondwaterregulerend systeem (drainage/infiltratie) een randvoorwaarde is om het gebied bewoonbaar te houden.
- De directe invloed van oppervlaktewater is verwaarloosbaar. Wel is het oppervlaktewaterniveau bepalend voor het niveau waarop gedraineerd kan worden.
- Een peilverlaging van 10 cm wordt afgeraden om eventuele zettingen te voorkomen.
- Om de grondwaterstand op een acceptabel niveau te handhaven dient een duurzaam ontworpen en beheerd drainagesysteem aan te worden gelegd. Dit moet zowel te hoge grondwaterstanden (overlast) en te lage grondwaterstanden (zettingen) voorkomen. Dit komt in Pernis heel nauw gezien de verschillende funderingstypen en de zettingsgevoelige bodem.
- Het waterschap biedt de hydraulische randvoorwaarde voor het drainagesysteem. Er dient onderzocht te worden wat de gewenste grondwaterstand is en daar dient het oppervlaktewaterpeil (en dus het instelniveau van de drainage/infiltratie) op aangepast te worden.
- Het gewenste oppervlaktewaterpeil is niet lager dan de huidige NAP -1,9 m. Mogelijk blijkt uit bovengenoemd onderzoek dat een hoger oppervlaktewaterpeil gewenst is.
- Het peilbeheer in combinatie met het drainagesysteem in het openbaar terrein zal de eventuele overlast op particulier terrein niet geheel oplossen. De bewoners hebben de taak om hun panden en percelen droog te houden en zullen dus zelf maatregelen moeten treffen.

Aanvullend worden de volgende aanbevelingen gedaan om in overleg met de gemeente op te pakken:

- Draagvlak creëren bij bewoners en gemeente voor het feit dat het oppervlaktewater alleen niet de oplossing kan bieden. Een gezamenlijk aanpak door de peilbeheerder, de rioolbeheerder en de perceelegeigenaren is de enige weg naar een oplossing.










- Voor, tijdens en na rioolvervangning hoogfrequente grondwatermonitoring uitvoeren. Hiertoe kunnen de bestaande en eventueel een aantal aanvullende peilbuizen worden gebruikt.
- De peilbuizen dienen periodiek (elke 3 à 5 jaar) opnieuw ingemeten te worden om meetfouten te voorkomen.
- Onderzoeken of de recent aangelegde drainage naar behoren functioneert en bevindingen meenemen bij toekomstige ontwerp/aanleg van drainage.
- Beleid opstellen ten aanzien van het ontwerp, aanleg en beheer van drainage. De drainage opnemen in het beheersysteem ten behoeve van planmatig onderhoud.
- Opstellen van een visie voor de lange termijn ten aanzien van de doorgaande maaiveldvaling in relatie tot de grondwaterstand in de omgeving. Als basis hiervoor is een technische inventarisatie van de (mogelijke) knelpunten over 25 à 50 jaar nodig.

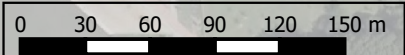
## BIJLAGEN



**Legenda**

Drooglegging

	< 0,5 m
	0,5 tot 0,6 m
	0,6 tot 0,7 m
	0,7 tot 0,8 m
	0,8 tot 0,9 m
	0,9 tot 2,0 m
	> 2,0 m



**Bijlage 1: Drooglegging peilgebied 47-3 te Pernis**

Project: BN62, onderzoek peilbesluit

<b>A3</b>	Document: BN62_bij1	Datum: 23-3-2015	Get. door: WBE	Controle: MKU



Schaal:  
1:3.500





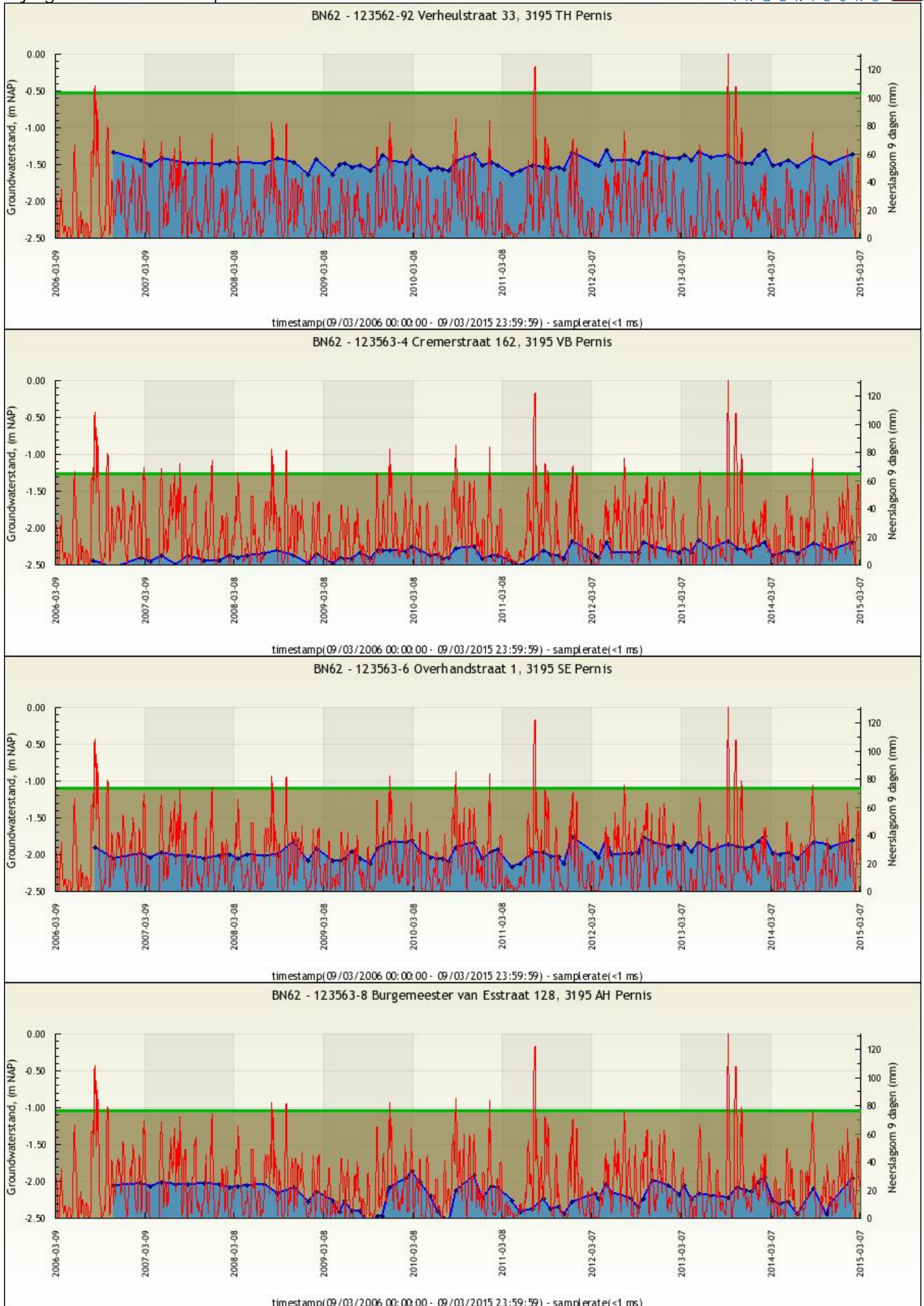
- RHG lager dan NAP -1,9 m (lager dan oppervlaktewaterpeil)
- RHG tussen NAP -1,9 en -1,5 m
- RHG tussen NAP -1,5 en -1,3 m
- RHG tussen NAP -1,3 en -1,0 m
- RHG hoger dan NAP -1,0 m
- ★ Peilbuis met onbetrouwbare meetreeks

- Drain
- - - Riool

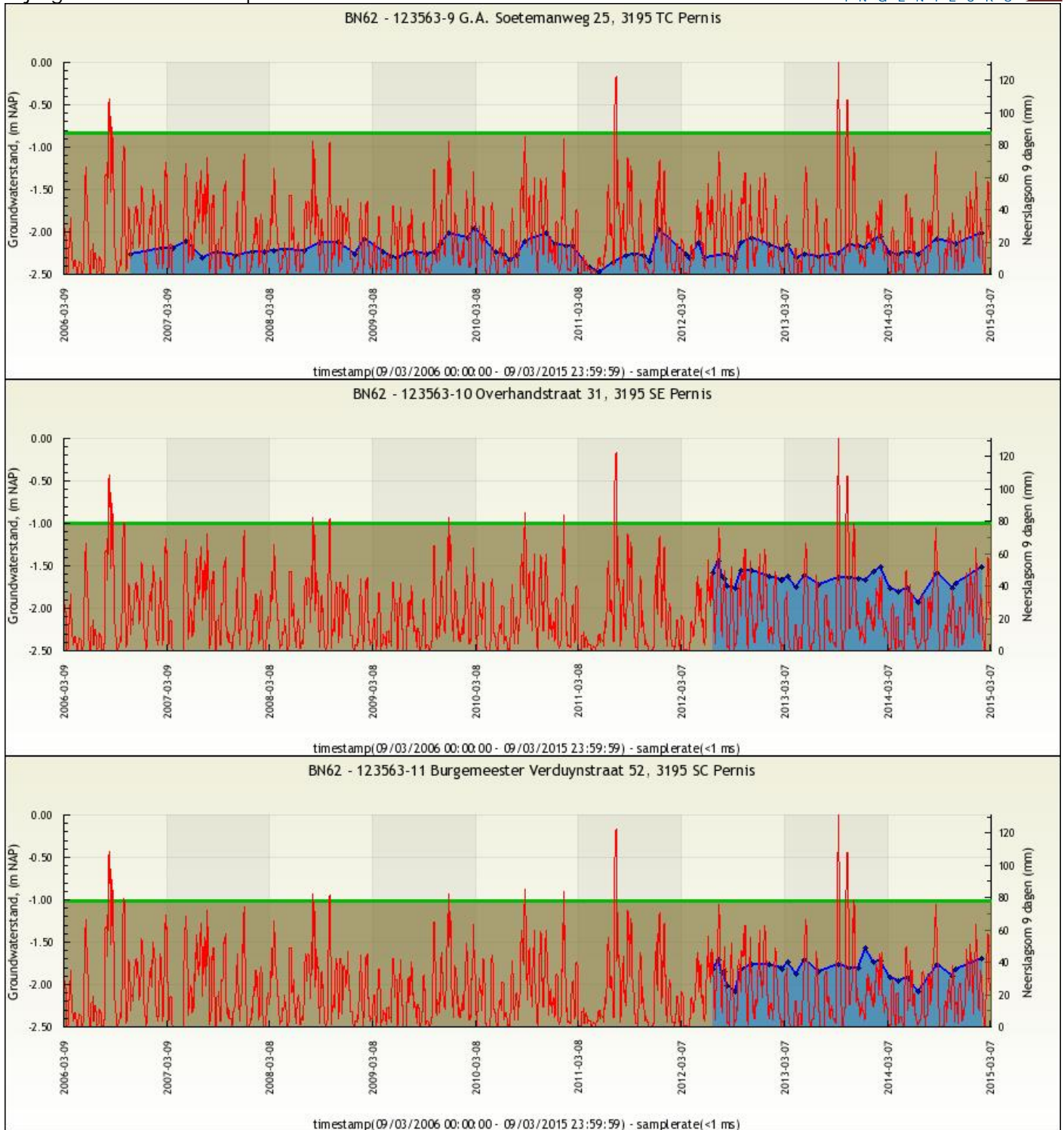
Bijlage 2. Overzicht meetpunten en meetreeksen



Bijlage 2. Overzicht meetpunten en meetreeksen



Bijlage 2. Overzicht meetpunten en meetreeksen



## Uitgangspunten numeriek model Pernis peilgebied 47-3

In deze bijlage zijn de uitgangspunten weergegeven die gebruikt zijn in het numerieke model van peilvak 47-3 te Pernis. Tevens zijn de gebruikte parameterwaarden aangegeven.

Opzet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Numeriek model in MicroFEM</li> <li>Stationaire situatie</li> <li>Zonder freatische toplaag</li> <li>Afstand tussen twee punten is ca. 10 meter</li> </ul>
Scenario's	<p>Er zijn 2 scenario's gesimuleerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Huidige situatie: Oppervlaktewaterpeil NAP -1,9 m</li> <li>Toekomstige situatie: Oppervlaktewaterpeil NAP -2,0 m</li> </ul>
Randvoorwaarden	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rand van model is Nieuwe Maas met een vaste stijghoogte van NAP +0,01 m</li> </ul>
Aangrenzende peilvakken	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gesimuleerd met vaste stijghoogte (<math>h_0</math>) en weerstandslaag (<math>c_1</math>) naar de toplaag.</li> <li>Verticale weerstand (<math>c_1</math>) = 100 dagen</li> </ul>
Belasting	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continue neerslag van 2,5 mm per dag.</li> <li>Geschat verhardingspercentage van 40%</li> <li>Netto aanvulling van 1,5 mm per dag</li> </ul>
Bodemopbouw in wegcunet	<p>Laag 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>verticale weerstand (<math>c_1</math>) = 0 dagen</li> <li><math>kD(t_1) = 2 \text{ m}^2/\text{d}</math></li> </ul> <p>Laag 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verticale weerstand (<math>c_2</math>) = 0,25 dagen</li> <li><math>kD(t_2) = 1 \text{ m}^2/\text{d}</math></li> </ul> <p>Laag 3 (1<sup>e</sup> watervoerend pakket):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vaste stijghoogte (<math>h_3</math>) = -0,5 m</li> <li>verticale weerstand (<math>c_3</math>) = 8000 dagen</li> </ul>
Bodemopbouw in particulier terrein	<p>Laag 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>verticale weerstand (<math>c_1</math>) = 0 dagen</li> <li><math>kD(t_1) = 0.25 \text{ m}^2/\text{d}</math></li> </ul> <p>Laag 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verticale weerstand (<math>c_2</math>) = 0,25 dagen</li> <li><math>kD(t_2) = 0.25 \text{ m}^2/\text{d}</math></li> </ul> <p>Laag 3 (1<sup>e</sup> watervoerend pakket):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vaste stijghoogte (<math>h_3</math>) = -0,5 m</li> <li>verticale weerstand (<math>c_3</math>) = 8000 dagen</li> </ul>
Drainage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Drainagehoogte (<math>dh_1</math>) gelijk aan oppervlaktewater (NAP -1,9 m of NAP -2,0 m na peilverlaging)</li> <li>Intreeweerstand (<math>dc_1</math>) van 75 dagen</li> </ul>



Riolering	<p>Voor de drainerende werking van het rioolsysteem is onderscheid gemaakt tussen oude (bouwjaar voor 2005) en nieuwe riolering (bouwjaar na 2005).</p> <p>oude riolering:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drainagehoogte op b.o.b.: NAP -2,5 m of NAP -3,0 m</li> <li>• Intreeweerstand van 100 of 300 dagen</li> </ul> <p>Nieuwe riolering</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drainagehoogte op b.o.b.: NAP -2,5 m of NAP -3,0 m</li> <li>• Intreeweerstand van 750 dagen</li> </ul>
Oppervlaktewater	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppervlaktewaterpeil (rh1) NAP -1,9 m of NAP -2,0 m na peilverlaging</li> <li>• Intreeweerstand (rc1) van 5 dagen</li> <li>• Uitreeweerstand (ri1) van 250 dagen</li> </ul>
Kalibratie	<p>Voor de kalibratie van het model is gebruik gemaakt van:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RHG van 11 peilbuizen.</li> </ul> <p>De volgende parameters zijn gebruikt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intreeweerstand drainage (dc1);</li> <li>• Drainagehoogte riolering (dh2);</li> <li>• Intreeweerstand riolering (dc2);</li> </ul>