

---

# Rapport Begeleidingscommissie

---

## 1. OPDRACHT

In april van dit jaar (2021) heeft de provincie Overijssel de begeleidingscommissie gevraagd het verdiepend onderzoek uitgevoerd door Deltares naar inzicht in de oorzaak van de schade aan de huizen langs Kanaal Almelo-De Haandrik te begeleiden.

De leden van de begeleidingscommissie zijn:

- Prof. dr. ir. S.N. (Bas) Jonkman, hoogleraar Waterbouwkunde aan de TU Delft
- Dr. Ir. C. (Kees) Maas, geohydroloog
- Em. prof. ir. J. (Jan) Maertens, emeritus hoofddocent Grondmechanica en Funderingstechnieken aan de KU Leuven (voorzitter)
- Dr. Ir.J.J. (Jetse) Stoorvogel, universitair hoofddocent Bodem – Landgebruik Interacties aan Wageningen Universiteit
- Em. prof. drs. ir. J.K. (Han) Vrijling, emeritus hoogleraar Waterbouwkunde aan de TU Delft

De provincie heeft de begeleidingscommissie gevraagd zich te laten adviseren door Prof. dr. ir. S. (Stefan) van Baars en Prof.dr.ir. M. (Matthijs) Kok, om daarna als de commissie eigenstandig tot een oordeel over het onderzoek door Deltares te komen.

## 2. ACTIVITEITEN VAN DE BEGELEIDINGSCOMMISSIE

De begeleidingscommissie is elf keer bij elkaar gekomen. Dit is inclusief een werkbezoek aan het laboratorium van Deltares samen met de adviseurs, een werkbezoek aan een deel van de onderzochte woningen en twee keereen gesprek met de adviseurs. Vier van de bijeenkomsten waren fysiek, zeven digitaal. De volgende stukken hebben op de agenda van de bijeenkomsten van de begeleidingscommissie gestaan:

- Proces, rollen en werkwijze
- Concept plan van aanpak
- Conceptrapport met Onderzoeksplan, Desk research en Diepere analyse van beschikbare gegevens
- Reactie Van Baars en Kok op conceptrapport met Onderzoeksplan, Desk research en Diepere analyse van beschikbare gegevens
- Deelrapport I
- Reactie Van Baars en Kok op deelrapport I
- Rapport Systeeminformatie en mogelijke schademechanismen van Van Baars
- Rapport Veenoxidatie en Baggeren van Van Baars
- Deelrapport II

- Rapport Damwanden, Baggeren en Trillen van Van Baars
- Concept eindrapport
- Reactie Van Baars en Kok op concept eindrapport
- Rapport Damwanden, Baggeren, Trillen en Klapankers van Van Baars
- Tweede concept eindrapport
- Advies aan de begeleidingscommissie van Van Baars
- Diverse presentaties van Deltares

De begeleidingscommissie heeft bij deze stukken opmerkingen voor Deltares geformuleerd ter verwerking in het onderzoek.

### **3. ONDERZOEK DELTARES**

#### **3.1. Vraagstelling Provincie uit het onderzoeksplan**

De Provincie heeft Deltares gevraagd een verdiepend onderzoek uit te voeren naar de schademechanismen bij een aantal specifieke panden [42]. De vraagstelling is:

1. Te onderzoeken of piping een verklarend mechanisme is van de schade aan de panden in het gebied.
2. Te beschrijven welke rol de aanwezigheid van veen (en het optreden van droogte/verandering in grondwaterstanden in het gebied) in het algemeen kan spelen bij het ontstaan van de schade; alsmede te onderzoeken of veen aanwezig is onder een aantal specifieke panden (uit de rapportage van Van Baars en een aantal van de ernstigste schadegevallen) en of dit een rol speelt bij de schade aan deze panden, ofwel andere elementen in de samenstelling van de bodem bij die panden die tot inklinking / schade door zetting kunnen leiden.
3. Zo mogelijk duidelijkheid te geven over andere schade-oorzaken (anders dan vraag 1 en 2) aan de onderzochte panden in het gebied.
4. Na te gaan of het verlagen van het waterpeil in het kanaal als mogelijke (tijdelijke) oplossing effectief is tegen piping, en welke consequenties dat met zich meebrengt, onder meer in het licht van stabiliteit van assets, waterbeheer (waaronder afspraken in waterakkoord) keringenbeheer en gebruik van de vaarweg.

#### **3.2. Verloop van het onderzoek**

Het onderzoek van Deltares spitte zich in eerste instantie toe op drie deelaspecten:

- Onderzoek op macroschaal;
- Piping (suffosie);
- Grondonderzoek en Pandonderzoek.

Het onderzoek op macroschaal bestond vooral uit het verzamelen van informatie betreffende:

- Het Kanaal Almelo – De Haandrik;
- De geologie en ontginningsgeschiedenis;
- Geohydrologie;
- Panden en funderingen;
- Eerdere analyses;

- Aanvullend grondonderzoek.

Op basis van de aldus verzamelde informatie vond een analyse plaats van schademeldingen, werkzaamheden en satellietmetingen.

Het onderzoek naar piping (suffosie) bestond uit:

- Een analyse van de beschikbare korrelverdelingen;
- Laboratoriumproeven.

Omdat uit het grondonderzoek ter hoogte van de panden gebleken was dat de funderingen van een aantal panden boven een veenlaag zijn aangezet, werd een analyse uitgevoerd van veen en ander samendrukbaar materiaal.

Ter hoogte van de te onderzoeken panden werd een specifiek grondonderzoek uitgevoerd en werd voor zover mogelijk het type en het aanzetpeil van de funderingen bepaald.

### **3.3. Problemen bij de uitvoering van het onderzoek**

#### **3.3.1 Algemeen**

Het gaat om een complexe situatie: de veenkoloniale ontginningen en de aanleg van het kanaal hebben geleid tot veel lokale variabiliteit in de ondergrond, kwetsbare panden en funderingen. Om schade oorzaken te kunnen beoordelen moeten grondwater – grond – fundering / panden – in samenhang worden beoordeeld. Ook is duidelijk dat er sprake is van een samenspel van verschillende externe factoren (bemaling en grondwaterstanddaling, werkzaamheden aan het kanaal) en processen die op verschillende tijdschalen spelen (bijvoorbeeld langere termijn verdroging vs. korter durende fluctuaties in grondwater). Bovendien ontbraken goede historische waarnemingen m.b.t. de situatie ten tijde van de werkzaamheden. Dit alles maakt het lastig om exacte oorzaken te achterhalen.

#### **3.3.2 Specifieke problemen**

- Het onderzoek is onder tijdsdruk uitgevoerd;
- Het ontbreken van goede historische waarnemingen, klachten en schade registraties heeft de interpretatie en analyses ook bemoeilijkt.
- De macro-analyse heeft zich gericht op het samenvallen van de kanaalwerkzaamheden en de schade aan panden in plaats en tijd. Dit samenvallen kan veroorzaakt worden doordat de werkzaamheden de fysieke oorzaak zijn, maar ook samenhangen met sociaal-maatschappelijke processen, zoals de oprichting van bewonersverenigingen.
- Er is lang veel onduidelijkheid geweest betreffende de interpretatie van de satellietmetingen, zie ook par. 4.5
- Er is zeer veel gespecialiseerde knowhow ingebracht in de zoektocht naar het bewijs van een fysisch oorzakelijk verband tussen werkzaamheden en schade:
  - Zeer veel uit de waterbouw bekende theoretische benaderingen zijn beproefd: piping, suffosie, oxidatie van veen, zetting, grondwaterstroming (al of niet beïnvloed door de waterdichtheid van kanaalwanden en bodemetc.). Na studie bleven daarvan alleen zetting al of niet in samenhang met veranderingen in de grondwaterspiegel van over.
  - Vertaling van de resultaten naar sluitend bewijs bleef moeilijk.
- Het onderzoek werd opgedeeld over verschillende personen en organisaties. Als gevolg daarvan zijn er problemen geweest met coördinatie en interpretatie. Integratie van onderdelen en deelonderzoeken bleek lastig

- Doordat laat in het proces het inzicht in de werking van het geohydrologische systeem evolueerde, kwamen sommige relevante resultaten van de grondwatermodellering erg laat beschikbaar
- Tot op een zeer laat moment (zelfs tot in of na de laatste vergadering van 9 september) is er sprake geweest van een groot aantal steeds wijzigende versies van documenten en inzichten van beide partijen (Deltares, Van Baars en Kok).

### **3.4 Antwoord op de gestelde vragen**

De hierna weergegeven antwoorden van Deltares zijn overgenomen uit de in het rapport opgenomen samenvatting. De bespreking hiervan volgt in de volgende hoofdstukken.

#### **Vraag 1.**

Piping is daarmee geen verklarend mechanisme voor de opgetreden schade.

#### **Vraag 2 en vraag 3.**

Er zijn in dit onderzoek samendrukbare lagen - veen, klei, silt onder de fundering, onder vloeren en onder kruipruimtes van diverse panden aangetroffen. We achten het waarschijnlijk dat in dat gevalsamendrukking van die lagen als gevolg van gebouwbelasting en mogelijk krimp van veen door verlaging van het watergehalte, tot vervormingen en schades hebben geleid.

Alle onderzochte panden vertonen schade als gevolg van ongelijkmatige zakkings. Alle onderzochte panden vertonen ook scheuren en verschijnselen die als 'bouwkundig van aard' zijn aangemerkt. De werkzaamheden aan het kanaal kunnen een bijdrage hebben gehad aan het verergeren van schades.

Er is sprake van een combinatie van schade-oorzaken (o.a. lokale condities, type fundering, bouwkundige staat, aanwezigheid van veen, verandering in grondwaterstand door natte en droge perioden en werkzaamheden aan het kanaal, trillingen) die per individueel pand verschillen.

## **4. BESCHIKBARE INFORMATIE**

### **4.1. Kanaal Almelo – De Haandrik**

Over de oorspronkelijke bouw van het kanaal en de later aan het kanaal uitgevoerde werken is alleen algemene informatie beschikbaar.

Zo is geen gedetailleerde informatie beschikbaar betreffende de verwerking van de grond die tijdens de aanleg van het kanaal werd uitgegraven en betreffende de ophogingen / aanvullingen die langs het kanaal werden uitgevoerd tijdens:

- De werken aan het kanaal;
- De werken langs het kanaal;
- De bouw en verbouwing/uitbreiding van langs het kanaal gelegen panden.

### **4.2. Geologie en ontginningsgeschiedenis**

Van de beschikbare resultaten van het langs het kanaal uitgevoerde grondonderzoek kan

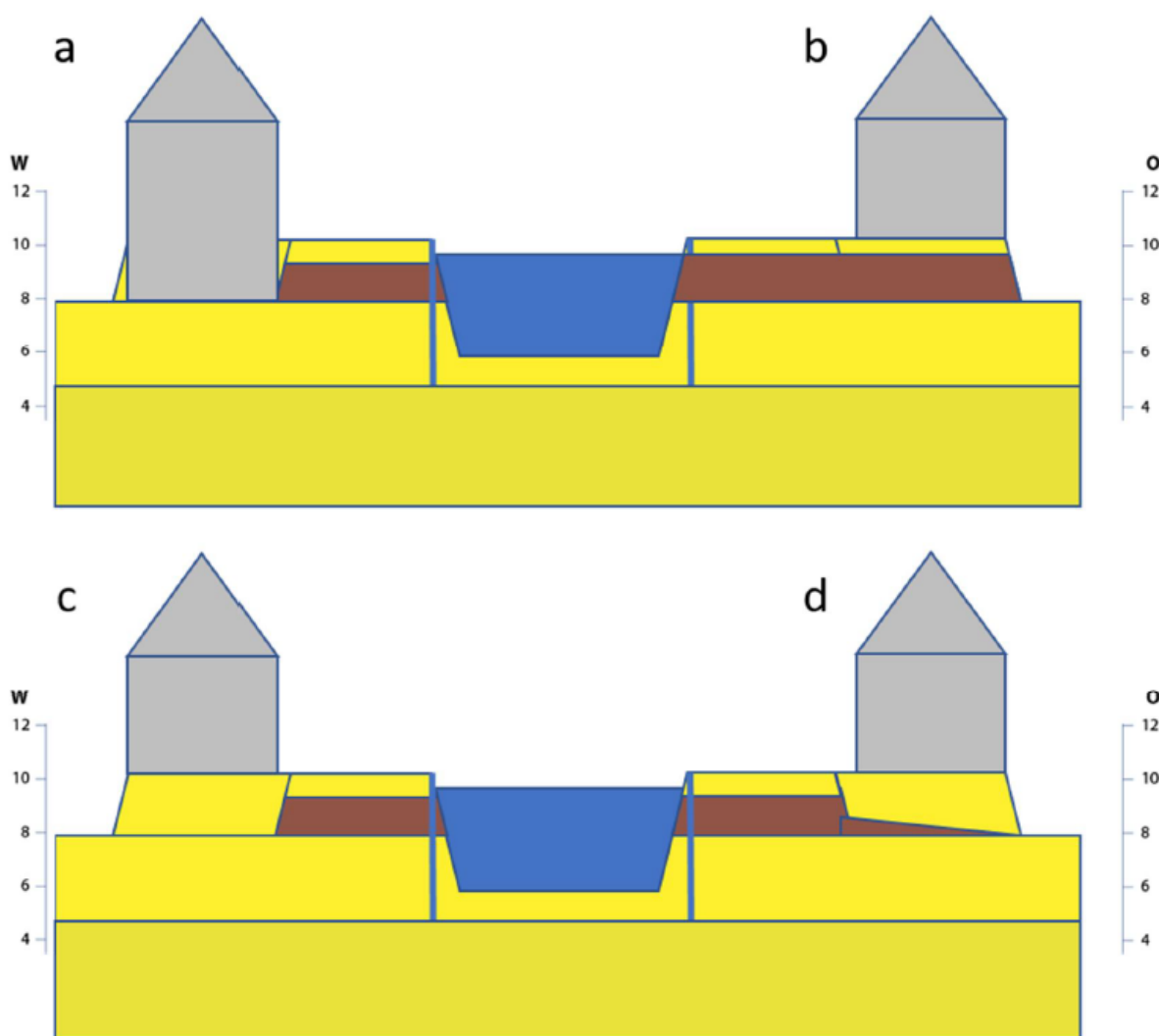
worden afgeleid dat de ondergrond zeer heterogeen is (typisch voor veenkoloniale gebieden in Nederland).

Doordat er geen informatie beschikbaar is betreffende de ter plaatse uitgevoerde veenontginningen kan er alleen in zeer algemene termen worden aangegeven waar in de ondergrond veen voorkomt en waar niet.

De resultaten van de gutsboringen die op de hoeken van de onderzochte panden werden uitgevoerd illustreren de heterogeniteit van de ondergrond zeer duidelijk.

Vooral langs het kanaal is veen onder panden aanwezig, omdat het gebied hier niet ontgonnen is. Daardoor levert het optreden van schade aan woningen nabij het kanaal en niet aan verder afgelegen woningen, geen bewijs dat werkzaamheden een oorzaak zijn. Immers verderweg ontbreekt veen of is er minder en ondieper veen.

De zeer complexe situatie betreffende het al of niet aanwezig zijn van veen ter plaatse van de panden wordt duidelijk geïllustreerd in Fig. 3.16 op pag. 55 van het rapport van Deltares.



Figuur 3.16 Schematische weergave van de bebouwingsgeschiedenis onder huizen

- a. De kelder/fundering is op het zand gebouwd en zand is rondom aangebracht.
- b. De kade was een stuk breder en de huizen zijn op de kade gebouwd. In dat geval zou er net zoveel veen rond de huizen aanwezig zijn als in de kade.
- c. Het resterende veen is afgegraven en zand is opgebracht.
- d. Lokaal was er nog veen aanwezig waar het zand is opgebracht.

Uiteraard is ook een variatie van bovenstaande opties mogelijk als het huis in meerdere fases is (uit)gebouwd.

---

### 4.3. Geohydrologie

De begeleidingscommissie heeft ruimschoots gelegenheid gehad om met de bouwers van het grondwatermodel te overleggen en stemt in met het model zoals het nu is.

Het model heeft vooral geholpen om inzicht te krijgen in de werking van het geohydrologische systeem; het was niet opgezet om exacte voorspellingen te doen. Er is vastgesteld

- dat de stroomsnelheden die in het grondwater kunnen optreden veel te klein zijn om piping op te wekken,
- de bodem van het kanaal zeer weinig water doorlaat,
- dat er in geval van oude damwanden waarvan de sloten lek zijn enig kanaalwater de bodem kan indringen om bij de huizen een kleine verhoging van de grondwaterspiegel op te leveren
- dat bij het vervangen van de oude damwanden bij de huizen een kleine daling van de grondwaterstand kan optreden (10 à 20 cm),
- dat er misschien plekken zijn waar lekke damwanden een groter effect hebben (tot 30 cm); dit hangt af van de uitgestrektheid van een ondiep voorkomende veenlaag,
- dat baggeren tot wateroverlast kan leiden als het werk samenvalt met een natte periode.

Met het model is ook het effect van een extreem droge zomer op de grondwaterstand doorgerekend. De conclusie is dat het relatief meevalt. We tekenen daarbij aan dat de grondwaterstand niettemin tijdens een extreem droge zomer lager dan ooit zal zijn.

Er is ook gerekend aan de gevolgen van een kanaalpeilverlaging die voorgesteld was om de effecten van piping te milderen. Nu piping als faalmechanisme afvalt hoeven we de uitkomsten niet te bespreken.

De modellering heeft belangrijke inzichten opgeleverd maar geen overtuigend faalmechanisme aan het licht gebracht.

In bijlage 1 gaan we uitgebreider in op de geohydrologie.

### 4.4. Panden en funderingen

Het door Deltares uitgevoerde onderzoek heeft duidelijk uitgewezen dat zeker bij 6 panden langs het kanaal de funderingen boven een samendrukbare laag (= veen, klei of losgepakt zand) zijn aangezet en dat bovendien de dikte van de onder de funderingen aanwezige samendrukbare laag niet overal gelijk is.

Een direct gevolg daarvan is dat deze panden al snel na de bouw aanzienlijke ongelijkmatige zettingen vertoond moeten hebben. Bij de panden met een kelder heeft de aanwezigheid van deze kelder ook bijgedragen tot het ontstaan van ongelijkmatige zettingen.

---

Verder zijn de tijdens en na de bouw ontstane ongelijkmatige zettingen bij enkele panden naar verwachting toegenomen door de verbouwingen en uitbreidingen die bij de meeste panden in de loop der jaren hebben plaatsgevonden.

Door Deltares werden berekeningen gemaakt om de zettingen te schatten die normaal te verwachten zijn bij:

- een variatie van het grondwaterpeil (stijging of daling);
- het uitdrogen van de grond onder het aanzetpeil van de funderingen.

Voor het uitvoeren van deze berekeningen dienden heel wat aannames te worden gemaakt. Ook werd geen rekening gehouden met de verlaging van de grondwaterstand die veel panden tijdens hun bestaan reeds hadden ondergaan.

Omdat ook hier geen betrouwbare informatie beschikbaar is betreffende de zettingen die tijdens de laatste 10 jaar zijn opgetreden, is het niet mogelijk om de betrouwbaarheid van de door Deltares uitgevoerde berekeningen te controleren.

#### **4.5. Satellietmetingen**

Door beide partijen (Deltares, van Baars) zijn satellietwaarnemingen (PS Insar) benut als element in een meer overkoepelende analyse. Beide partijen gebruiken daarvoor gerelateerde maar enigszins verschillende datasets, maar die kunnen volgens experts allebei een indicatie geven van veranderingen in zakkingsnelheid.

De satelliet-metingen laten het op zichzelf niet direct toe om voor ieder pand met een voldoende zekerheid te bepalen of de snelheid waarmee de zettingen optreden al of niet is toegenomen door de langs het kanaal uitgevoerde werken. In bepaalde gevallen (bijvoorbeeld bij voldoende kwaliteit van metingen – bij voorkeur te beoordelen door geodetische experts) kunnen de satellietmetingen wel een indicatie geven van versnelde zettingen.

Enkele panden tonen een versnelling van zakkingen, veelal rond het jaar 2019, maar soms ook enkele jaren eerder. Voor een aantal beschadigde panden valt dit samen met uitvoering van werkzaamheden, maar voor andere panden is er geen verband gevonden.

Uiteindelijk is daarom een integrale analyse in combinatie met informatie over grondwater, ondergrond, panden en fundering nodig.

#### **4.6. Schademeldingen**

Helaas is de onmiddellijke optekening van door bewoners geleden schade tijdens de werkzaamheden, die was uitbesteed aan de aannemer, niet goed beschikbaar.

In fig. 4-9 van het rapport van Deltares is het aantal schademeldingen per jaar aangegeven. Opmerkelijk daarbij is dat er vooral vanaf 2018 schademeldingen zijn geweest. Op basis van de fig. 4-9 werd door Deltares geconcludeerd dat het jaar van de schademelding voor een bepaald pand over het algemeen niet overeenkomt met het jaar van werkzaamheden ter hoogte van dit pand.

Daarover moet worden opgemerkt dat de oorzaak gelegen kan zijn in de werkzaamheden, maar ook versterkt kan zijn door sociaal-maatschappelijke interactie. Het moment van de schademelding komt daardoor niet noodzakelijkerwijs overeen met het jaar van de schade. Het zou dan ook goed geweest zijn om een gelijkaardige figuur te maken voor het jaar waarop de bewoners volgens hun verklaring voor het eerst schade of een toename van schade hebben vastgesteld.

## 5. OORZAKEN VAN DE SCHADE

Door het onderzoek van Deltares is er aanvullend inzicht ontstaan in schade oorzaken:

- Er is op overtuigende wijze aangetoond dat piping en suffosie geen verklaring is voor de schade aan de panden. Door het onderzoek is deze schade oorzaak dus afgefallen;
- Uit het verdiepend onderzoek is duidelijk gebleken dat de meeste schade ontstaan is door ongelijkmatige zettingen van de funderingen.

De ongelijkmatige zettingen van de funderingen zijn vooral ontstaan door samendrukking van onder het aanzetpeil van de funderingen aanwezige veen, klei of losgepakte zandlagen. Deze samendrukking is teweeggebracht door:

- de belastingen die via de funderingen aan de ondergrond worden overgedragen;
- ophogingen en aanvullingen om en binnen in panden
- variaties van het grondwaterpeil;
- de droogte in 2018 en 2019.

Andere schadeoorzaken zijn:

- Trillingen;
- Bouwkundige oorzaken.

### 5.1. Belastingen die via de funderingen aan de ondergrond worden overgedragen

De lintvoegmetingen hebben uitgewezen dat erop heel wat plaatsen aanzienlijke ongelijkmatige zettingen zijn opgetreden. Dat is op zich helemaal niet verwonderlijk, omdat er:

- gebouwd werd op een zeer heterogene ondergrond;
- bij verbouwingen of uitbreidingen dikwijls gewerkt werd met verschillende funderingssystemen;
- bij heel wat panden kelders aanwezig zijn, die er voor zorgen dat er een ongelijkmatige overdracht van de belastingen naar de ondergrond plaatsvindt.

Omdat de belastingen die via de funderingen aan de ondergrond worden overgedragen en de eigenschappen van de onder het aanzetpeil van de funderingen aanwezige samendrukbare lagen niet met een voldoende nauwkeurigheid bekend zijn, is het niet mogelijk om de normaal te verwachten zettingen op een betrouwbare wijze te berekenen. Dat is zeker het geval wanneer rekening moet worden gehouden met de invloed van verbouwingen, uitbreidingen en aanvullingen om en/of in het pand. De door Deltares uitgevoerde berekeningen kunnen daarom alleen maar als richtinggevend gezien worden.



## 5.2. Ophogingen en aanvullingen om en binnen in de panden

De ophogingen en aanvullingen die op sommige plaatsen om de panden of in de kruipkelders werden uitgevoerd, hebben zeker ook bijgedragen tot het ontstaan van zettingen.

## 5.3. Variatie van het grondwaterpeil

Het is aannemelijk dat baggeren niet tot een langdurige verhoging van de grondwaterstand geleid heeft. De tijdelijke verhoging van het grondwaterpeil tijdens of onmiddellijk na het baggeren kan wel geleid hebben tot het opbarsten van keldervloeren.

De afdichting van de bodem door bentoniet heeft waarschijnlijk wel geholpen om de wateroverlast direct na het baggeren snel te verhelpen, maar het zal daarna geen blijvende effecten gehad hebben.

Ook bleek het lekken van damwanden er alleen toe te doen, als er een lek (aan de zijkanten van het kanaal) boven het veen waterdicht is gemaakt.

Hoogfrequent opmeten van de peilfilters heeft aangewezen dat de scheepvaart geen invloed heeft op de grondwaterpeilen.

## 5.4. Droogte

Dat de droogte in 2018 op heel wat plaatsen schade heeft doen ontstaan staat vast. Voor funderingen die aangezet zijn op kleigronden is de impact van droogte (= uitdrogen van de klei onder het aanzetpeil van de funderingen), vrij goed bekend. Voor veengronden is dat evenwel nog niet het geval.

Bij de uitdroging van veen heeft het al of niet aanwezig zijn van water bovenop het veen (bijvoorbeeld afkomstig van lekkage door de damwand) een belangrijke rol gespeeld. Op basis van de ter beschikking staande informatie mag er van worden uitgegaan dat de droogte in 2018 zettingen teweeggebracht heeft bij funderingen die boven een veenlaag zijn aangezet.

De huidige stand van kennis laat even wel niet toe om de mogelijk door droogte teweeggebrachte zettingen op een betrouwbare wijze te begroten.

## 5.5. Andere oorzaken

- Trillingen afkomstig van de langs het kanaal uitgevoerde werken worden als schadeoorzaak gezien. Op de schade door trillingen wordt hier niet dieper ingegaan. Deze panden waarbij deze schadeoorzaak is vastgelegd zijn bekend bij de Provincie;
- Bouwkundige oorzaken worden door Deltares voor de meeste onderzochte panden als schadeoorzaak aangegeven;
- Bepaalde remediërende maatregelen, zoals het opvullen van kruipkelders en het aanbrengen van zware betonplaten voor het ondersteunen van stutten hebben bij een aantal panden naar verwachting bijgedragen tot het ontstaan van bijkomende schade.

## 6. MOGELIJKE BIJDRAGE VAN DE VERSCHILLENDE SCHADEOORZAKEN

Een belangrijke conclusie van het verdiepend onderzoek van Deltares is dat de belastingen die via de funderingen aan de ondergrond worden overgedragen aanzienlijk grotere zettingen hebben doen ontstaan dan de variatie van het grondwaterpeil, de droogte en de andere oorzaken. De commissie merkt op dat in deze analyses geen (of beperkt) rekening is gehouden met de voortdurende daling van de grondwaterstand in de wijdere omgeving.

Voor de onderzochte panden werd nagegaan in welke mate de zettingen die normaal te verwachten zijn ingevolge de belastingen die door de funderingen aan de ondergrond worden overgedragen kunnen zijn toegenomen door:

- De in het kanaal uitgevoerde baggerwerken;
- Het vervangen van de bestaande damwanden door stalen damwanden;
- De verlaging van de grondwaterstand door droogte en door vervanging van betonnen damwand (na 1995).

De begeleidingscommissie is van mening dat de betrouwbaarheid van de door Deltares uitgevoerde berekeningen vrij? beperkt is omdat:

- er geen duidelijk beeld verkregen is van de bij de aanleg van het kanaal en nadien langs het kanaal uitgevoerde grondwerken;
- de ondergrond langs het kanaal extreem heterogeen is en mede beïnvloed werd door veenontginningen die nooit in detail in kaart werden gebracht; door de veenontginning worden panden verder van het kanaal niet geplaagd door veenlagen onder de fundering
- de funderingen van heel wat panden langs het kanaal boven een samendrukbare laag zijn aangezet en daarmee kwetsbaar zijn voor variaties van het grondwaterpeil en droogte. Bovendien hebben de meeste panden een hybride fundering gekregen bij het verbouwen of uitbreiden;
- er nog maar weinig bekend is over de invloed van droogte op veengronden en gronden die veel organisch materiaal bevatten;

Dat de door Deltares uitgevoerde berekeningen niet het verhoopte bewijs hebben opgeleverd voor de al of niet bestaande relatie tussen werkzaamheden en schade, heeft vooral te maken met het feit dat men bij het ontwerp en de uitvoering van werken in en langsheen het kanaal te weinig aandacht besteed heeft aan:

- het plaatsen en regelmatig opmeten van een voldoende aantal peilfilters;
- het maken van gedetailleerde opnames van een aantal representatieve panden voor en na de werkzaamheden;
- het aanbrengen van meetpunten om de zettingen van een aantal representatieve panden en wegen op te meten.

Deze informatie had door Deltares en andere partijen gebruikt kunnen worden om de resultaten van de door hen uitgevoerde berekeningen te ijken of te toetsen. Door het ontbreken van deze informatie tijdens de studie is dat niet mogelijk gebleken.

## 7. CONCLUSIES

Het door Deltares uitgevoerde verdiepend onderzoek heeft zeer veel nieuwe informatie en inzichten opgeleverd. Ook de adviseurs (van Baars en Kok) hebben in discussies en rapportages belangrijke inzichten bijgedragen aan de situatie en mogelijke oorzaken.

Het gaat om een complexe situatie. Langs het kanaal zijn na de veenontginning nog veel resten veen in de ondiepe ondergrond te vinden met daarop kwetsbare panden die veelal op of net onder het veen gefundeerd zijn. Met de huidige kennis wijst alles erop dat een groot deel van de schade veroorzaakt is door (tijdelijke) vernatting en verdroging. De veranderingen in de waterhuishouding hebben meerdere oorzaken. Verdroging kan veroorzaakt worden door 1) algehele regionale verdroging, cfr. bijlage 1 2) het vervangen van de stalen damwanden, 3) het neerslagtekort in de zomers van 2018 en 2019. Het is daarom belangrijk te constateren dat er niet één enkele oorzaak is voor de schade. Het is bijna zeker een combinatie en accumulatie van oorzaken.

Uit de studie van Deltares is onder meer aangetoond dat piping en suffosie geen bijdrage kan hebben geleverd tot het ontstaan van schade en daardoor niet langer als mogelijke schadeoorzaak moet worden gezien.

Betreffende de zettingen die mogelijk zijn ontstaan door variaties van het grondwaterpeil en door droogte in samenhang met veen, kan geen eenduidige uitspraak worden gedaan. Het lijkt evenwel aannemelijk dat de variaties van het grondwaterpeil en de droogte een niet verwaarloosbare bijdrage tot de zettingen van de langs het kanaal gelegen panden hebben geleverd en dus ook als schadeoorzaak moeten worden gezien.

Omtrent deze bijdrage van de in en langs het kanaal uitgevoerde werken verschillen de meningen van Deltares en van de adviseurs. Volgens Deltares is de bijdrage eerder zeer beperkt tot beperkt en volgens de adviseurs is de bijdrage doorslaggevend.

De begeleidingscommissie verwacht dat de werkelijkheid tussenin gelegen is. Het is wel zo dat de bijdrage groter moet zijn wanneer:

- De funderingen boven het veen of een sterk samendrukbare laag zijn aangezet,
- De dikte van het veen ter hoogte van het pand sterk verschillend is;
- Het pand verbouwd of uitgebreid is
- Zich onder het pand een kelder bevindt
- Damwanden die lek waren boven het veen vervangen zijn door dichte damwanden
- Er ter hoogte van het pand diep gebaggerd werd

Aangezien er mag worden aangenomen dat de in en aan het kanaal uitgevoerde werken hebben bijgedragen tot de variaties van het grondwaterpeil, die het veen beïnvloedt, kan worden geconcludeerd dat de in en aan het kanaal uitgevoerde werken mede als schadeoorzaak moeten worden gezien. Ze hebben bovenop een instabiele situatie een trigger gevormd voor het ontstaan van verdere schade.

- Voor panden op het veen: waar het gaat om schade door veranderingen aan damwanden verwachten we dat zettingen en schade tussen schattingen van Deltares en van Baars liggen. Vooral de panden die op veen zijn gefundeerd zijn kwetsbaar.

- Voor panden die onder het veen zijn gefundeerd verwachten we dat de schattingen van Deltares een realistische schatting geven.
- De commissie verwacht dat de schades door trillingen en plotselinge vernatting door baggeren goed aanwijsbaar zijn.

## 8. AANBEVELINGEN

Uit de studie is duidelijk gebleken dat panden waarvan de funderingen boven veen of een samendrukbare laag zijn aangezet het meest kwetsbaar zijn. Logischerwijze zou men in de eerste plaats aan deze panden aandacht moeten besteden.

Omdat aangetoond is dat het opvullen of gedeeltelijk terug aanvullen vankruipkelders aanleiding kan geven tot zettingen dient ervoor te worden gewaarschuwd dat dit alleen kan nadat voorafgaand de invloed van het opvullen of gedeeltelijk aanvullen werd gecontroleerd.

Bij het aanbrengen van stutten moet ervoor gezorgd worden dat de elementen waarop gesteund wordt geen bijkomende zettingen kunnen teweegbrengen.

Waar vernatting wordt vastgesteld is het aangewezen om te controleren of de afvoerleidingen geen lekkages vertonen.

Bij het verder uitvoeren van werken in en langs het kanaal wordt voorgesteld omeen monitoring te voorzien door:

- het vroegtijdig plaatsen en regelmatig opmeten van een voldoende aantal peilfilters gedurende meerdere jaren;
- het maken van gedetailleerde opnames van een aantal representatieve panden voor en na de werkzaamheden;
- het aanbrengen van meetpunten om de zettingen van een aantal representatieve panden en wegen op te meten.

## Referenties

Deltares (2021). Verdiepend onderzoek naar de schade rond het kanaal Almelo – De Haandrik – Definitief rapport Desk research, Diepere analyse van de gegevens en Onderzoeksplan. Rapport 11207155-002-GEO-0001, versie 3.0, 11 juni 2021.

Deltares (2021) Definitief eindrapport Verdiepend schade-onderzoek kanaal Almelo - De Haandrik, 11207155-011-GEO-0001, Versie 3.0, 10 september 2021

van Baars S. (2021) Advies aan de begeleidingscommissie, notitie 6 september 2021

van Baars S. (2021) Damwanden, Baggeren, Trillen en Klapankers: Schadeoorzaken bij Kanaal Almelo – De Haandrik, versie 1 september 2021

## Bijlage: Toelichting op paragraaf 4.3. Geohydrologie

### Geohydrologisch rekenschema

Geohydrologisch gesproken bestaat de ondergrond uit een tientallen meters dikke goed waterdoorlatende zandlaag, die bovenin fijner zand bevat. Leemlaagjes leveren enige verticale weerstand tegen stroming op, maar ze spelen voor de grondwatermodellering geen belangrijke rol behoudens één theoretische uitzondering waarop we later terugkomen. In de ophogingen langs het kanaal, waar de huizen op staan, komt op veel plaatsen op geringe diepte een ca één meter dikke veenlaag voor. Hij is op veel plaatsen door afgraving onderbroken. Deze veenlaag ligt vrijwel geheel boven het grondwater, maar in de geohydrologie van het gebied speelt hij toch wel een rol. We komen daar nog op terug.

### Damwand al dan niet lek

Een belangrijk strijdpunt tijdens het onderzoek was de vraag of de bodem van het kanaal erg lek is of zo goed als waterdicht. In het eerste geval zou het kanaal veel invloed hebben op de grondwaterstand; in het tweede geval juist heel weinig. Het is overtuigend gebleken dat de kanaalbodem erg weinig water doorlaat, dus de invloed van het kanaal op de grondwaterstand is zeer beperkt, behoudens korte perioden tijdens het baggeren.

### Achtergrondverdroging

Als het kanaal erg weinig water verliest heeft het heel weinig invloed op de grondwaterstand. Er moet iets anders zijn dat de hoogte van de grondwaterstand onder het kanaal en onder de huizen regelt. Die andere invloed is ook gemakkelijk aan te wijzen: het is de grondwaterstand in de wijde omgeving, die in hoge mate afhangt van het peilbeheer van de oppervlaktewateren. In de loop van de seizoenen gaat de grondwaterstand bij het kanaal en onder de huizen mee op en neer met de grondwaterstand in de wijde omgeving, terwijl het kanaalpeil ongewijzigd blijft. Afgaande op waterspanningsmeters die bij alle onderzochte panden onder de kanaalbodem in de watervoerende zandlaag aangebracht zijn (en rekening houdende met het feit dat de metingen zomerstanden aangeven) is het jaargemiddelde grondwaterpeil ca 1,5 m lager dan het kanaalpeil. Dat is niet altijd zo geweest. Toen omstreeks 1860 het kanaal aangelegd werd lag het nog middenin een uitgestrekt moerasgebied. In die tijd zullen grondwaterstand en kanaalpeil ongeveer gelijk geweest zijn. In het ca 160-jarig bestaan van het kanaal is het grondwaterpeil dus met een gemiddelde snelheid van ca 1 cm/jaar omlaaggegaan. Dit past geheel in een landelijke trend. Hydrologen spreken wel van achtergrondverdroging. De oorzaken zijn velerlei: ontginning, rationalisatie van de waterhuishouding, grondwaterwinning voor de drinkwatervoorziening, toename van bebouwde oppervlakte, opkomst van beregening, productievare teelten, etc. Een door ons uitgevoerde trendanalyse op meetreeksen van een groot aantal peilbuizen in de wijde omgeving bevestigt het beeld. Het rapport van Deltares noemt de daling wel, maar gaat niet in op de gevolgen voor de huizen die in de zettingsgevoelige strook langs het kanaal staan.

We stellen vast dat de oudere huizen langs het kanaal in de loop van hun bestaan een grondwaterstands daling van enkele tot vele decimeters hebben meegemaakt en dat die daling nog doorgaat. Het is niet bekend in hoeverre dit de bouwkundige staat van de huizen nadelig heeft beïnvloed.

### Nogmaals: damwand wel of niet lek

Hoewel de bodem van het kanaal nauwelijks water doorlaat kan er toch enige lekkage optreden, namelijk daar waar het kanaalwater tegen damwanden aan kabbelt. De beweging van het water voorkomt afzetting van slibdeeltjes. (Dit mechanisme is bekend van o.a. de Amsterdamse duinfiltratieplassen.) Op enkele plaatsen is waargenomen dat het grondwater aan de landkant van de damwand even hoog staat als het kanaalpeil. Op deze plaatsen staat water boven de veenlaag die we eerder noemden, terwijl de veenlaag boven de grondwaterstand ligt. Er is dan sprake van een zgn. schijngrondwaterspiegel. Het water kan boven het veen een zekere afstand in de richting van de huizen afleggen, maar onderweg zijgt het weg door de veenlaag. Onder bepaalde geohydrologische condities kan het wel tot sommige huizen komen. Dit stromingsverschijnsel is in het rapport van Deltares goed beschreven. Het kan voorkomen bij oude damwanden waarvan de sloten lek zijn. Als ze vervangen worden door waterdichte damwanden treedt het niet meer op, met bijkomend gevolg dat de grondwaterstand enigszins daalt. De theorie is beschikbaar, maar het verschijnsel is niet in het veld onderzocht, doordat het pas laat in het onderzoek ontdekt werd.

### **Belang van leemlaagjes**

Een ander discussiepunt betrof de vraag of het uitmaakt of er op niet al te grote diepte onder het kanaal een uitgestrekte leemlaag aanwezig is. De gedachte was dat waterdichte damwanden die tot in zo'n leemlaag reiken samen met de leemlaag lekkage uit het kanaal zouden belemmeren, waardoor de grondwaterstand zou dalen. Nu geaccepteerd is dat de bodem van het kanaal nauwelijks lekt is deze discussie niet meer van belang. (Overigens is zo'n doorgaande leemlaag nog niet aangetoond.)

### **Baggeren**

Naast de discussie over het al dan niet lek zijn van de damwanden was het gevolg van baggeren een heet hangijzer. Tijdens baggerwerkzaamheden wordt de bodem van het kanaal opengemaakt. Dat heeft het effect van een stop uit een volle badkuip trekken. Het water wordt met kracht de bodem in gezogen maar het neemt daarbij gesuspendeerde deeltjes mee die de bodem verstoppen. Proeven in onder andere het Julianakanaal (L) bevestigen dat er direct na het baggeren veel water de bodem inzigt. We vinden het aannemelijk dat baggeren tijdelijk tot wateroverlast geleid heeft. Het is een algemene ervaring van geohydrologen dat de bodem van een infiltrerend kanaal na baggeren weer snel dichtslaat. Er is wel veel onderzoek gedaan naar de vorming van sliblagen maar merkwaardig genoeg is er weinig bekend over de snelheid van dichtslabben. Deltares heeft twee scenario's doorgerekend: het dichtslabben duurt 2,5 dagen of twee maanden en het instituut vindt geen aanwijzingen dat het langer dan 2,5 dagen geduurd heeft. De redenen die aangevoerd worden vinden we aannemelijk, maar niet alle partijen zijn het daarover eens. We zijn echter niet overtuigd door aangevoerd bewijs van het tegendeel.

### **Bentoniet**

In het verleden is op verschillende plaatsen direct na het baggeren de kanaalbodem afgedekt met bentoniet klei. Het heeft natuurlijk geholpen om de bodem nog sneller dicht te maken, maar de kritiek luidde dat de bentonietlaag voorkomt dat kanaalwater naar de omgeving kan lekken. Als de kanaal bodem voorheen lek was zou dat gevolgen hebben voor de grondwaterstand bij de huizen, maar nu duidelijk is dat de bodem voorafgaande aan het baggeren al dicht was vervalt dit argument.

### **Droge zomer**

De zeer droge zomer van 2018 heeft in het hele land tot zettingsschade geleid. Extreme droogte is ook niet aan de huizen langs het kanaal voorbijgegaan. Deltares heeft beredeneerd dat het kleine beetje water dat uit het kanaal lekt de gevolgen wat gemilderd zal hebben, maar dat neemt niet weg dat de grondwaterstand extreem laag geweest kan zijn.

### **Piping**

De belangrijkste vraag die met het verdiepende onderzoek beantwoord moest worden bespreken we het laatst. Het betrof piping: het meevoeren van zand door de grondwaterstroming. Op basis van uitgebreid onderzoek aan grondkolommen viel piping al in een vroeg stadium van het verdiepende onderzoek af als faalmechanisme. Achteraf zou het ook afgevallen zijn, toen bleek dat er geen grote lekstroom vanuit het kanaal optreedt.

### **Verlaging van het kanaalpeil**

Verlaging van het kanaalpeil was bedoeld om de gevolgen van piping te milderen. Een aanzienlijk deel van de modelleerinspanning was erop gericht om de gevolgen van kanaalpeilverlaging te kwantificeren, maar toen piping afviel als faalmechanisme bleek deze inspanning overbodig.