

Voorbeeld Toepassing dijkmonitoring

Titel

IR Wellendetectie bij het WBI beoordelen

Keywords

Infrarood, Piping, Wellendetectie, WBI, IR

Indiener voorbeeld

BZ ingenieurs en managers

Aangedragen door:

Van Veen Waterwerk

Waterschap Rivierenland

Aanleiding onderzoek

Meten door middel van infraroodcamera's heeft zich bewezen als geschikte methode voor het detecteren van uittredend (kwel) water bij dijken (DMN 2017). Tijdens hoogwaters in januari 2018 is daarom besloten metingen uit te voeren ter plaatse van de IJssel, Waal en de Lek. Toen in de eerste week van januari 2018 bleek dat er een hoog afvoer debiet op komst was in de Rijn, is er ad hoc besloten om de metingen uit te voeren. Meetlocaties zijn aangereikt door de beheerders, waarbij specialisten van waterschappen, Deltares en medewerkers van de POV piping beslisten over de in te zetten metingen.

Bij de WBI-beoordeling is aangetoond dat infrarood wellen detectie van meerwaarde kan zijn in verschillende aspecten bij het beoordelen. Zo kunnen wellocaties bijvoorbeeld iets zeggen over de heterogeniteit van een te toetsen dijkvak en kunnen uittredepunten specifieker worden bepaald. Daarnaast kan het onderbouwd uitsluiten van wellen ook van meerwaarde zijn bij het toepassen van bewezen sterkte. In het inwinnen en beheer van de vrijgekomen data is vergeleken met de huidige praktijk een professionaliseringslag te behalen. In plaats van enkele coördinaten van visueel waargenomen wellen, geeft infraroodtechnologie een vlakdekkend inzicht in het wel of niet voorkomen van (zandmeevoerende) wellen.

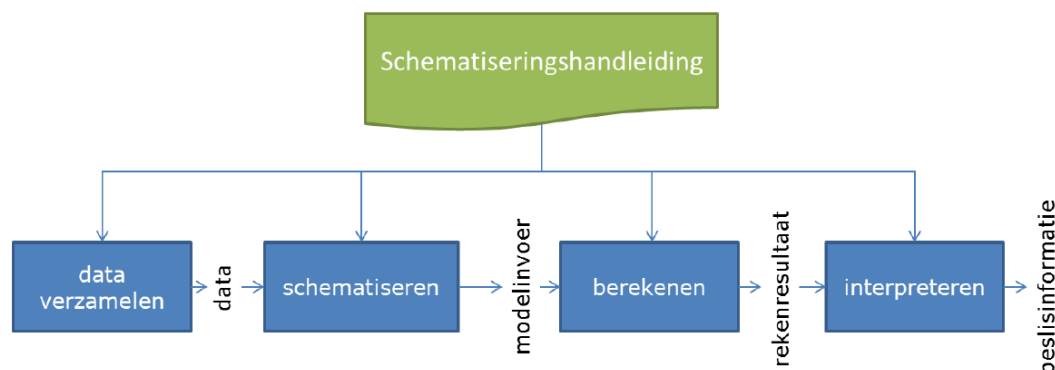
Doel onderzoek

Het doel van het onderzoek beschreven in dit voorbeeld was primair, om meer kennis te verkrijgen over het faalmechanisme piping en de ontwikkeling naar een professionele registratieprocedure van wellen, die in de loop van tijd mogelijk in een landelijke database van zand meevoerende wellen geregistreerd kunnen worden. Het gebruik van deze data voor een toekomstige beoordeling is hierbij het achterliggende doel, waarbij in dit voorbeeld dan ook op de mogelijkheden in wordt gegaan.

Type voorbeeld

De algemene fasering van beoordeling en ontwerp is weergegeven in figuur 1. Het uitgevoerde onderzoek in dit voorbeeld betrof de eerste fase: "data verzamelen". Hierbij

is ook een groot deel van de ingewonnen data geïnterpreteerd en vertaald naar informatie in de vorm van (zandmeevoerende) wel locaties.



Figuur 1 Stappenplan schematiseringshandleiding piping

Casebeschrijving

In dit voorbeeld wordt als case het hoogwater van januari 2018 in de Rijntakken behandeld. Op basis van het inkomend debiet bij Lobith had de hoogste waterstand in januari 2018 een terugkeertijd van ca. eens in de 5 jaar. Voor de bovenrivieren van de Rijn geldt dat de waterstanden met name bepaald worden door aanvoer van water via de grote rivieren uit het buitenland. Op 10 januari is een waterstand van 14,64 m gemeten in de Rijn bij Lobith, waarbij van 8 tot 12 januari op verschillende locaties is gemeten met infraroodtechnologie.

Om inzicht te krijgen in de omvang van het optreden van (zandmeevoerende) wellen is besloten middels infraroodtechnieken verschillende dijktrajecten in te meten. Het hoogwater van januari 2018 leidde alleen bij de IJssel, de Waal en in mindere mate bij de Lek tot verhoogde waterstanden. Hierom zijn alleen in de beheergebieden van volgende waterschappen, metingen uitgevoerd:

- Rijn en IJssel.
- Vallei en Veluwe.
- Drentse Overijsselse Delta.
- Waterschap Rivierenland.
- De Stichtse Rijnlanden.

Infraroodmeting is gebaseerd op het meten van temperatuurverschillen aan het oppervlak van de waterkering of in de teensloot. Er is bij de metingen van januari 2018 gebruik gemaakt van geavanceerde infraroodsensoren die temperatuurverschillen kunnen waarnemen van 0,05 graden. Welwater heeft over het algemeen een andere temperatuur dan de omgeving. Op deze manier kan welwater gedetecteerd worden als afwijkingen van de temperatuur van de grond of watertemperatuur aan de binnenzijde van de dijk. Het detecteerbare temperatuurverschil wordt veroorzaakt doordat het dijklichaam in de winter over het algemeen warmer is dan de buitentemperatuur en het slootwater. Door de warmte-uitwisseling van het dijklichaam en het bodemwater heeft het uittredende water dan een warmere temperatuur dan de omgeving. Er zijn

verschillende platforms die gebruikt kunnen worden voor de infraroodmetingen. De platforms die zijn gebruikt tijdens deze case zijn de auto en de drone.

Voor deze case was het hoogwater niet dusdanig kritiek van er opgeschaald moest worden naar een hoog calamiteitenniveau. Er heeft dan ook geen inzet van dijkwachters plaatsgevonden, waardoor er geen formele registratie van wellen heeft plaats gevonden, dit heeft echter op een informele wijze plaatsgevonden. Dit houdt in dat geen gebruik is gemaakt van de gestandaardiseerde formulieren die worden toegepast bij een hoog calamiteitenniveau, maar van een eigen database.

Opzet onderzoek

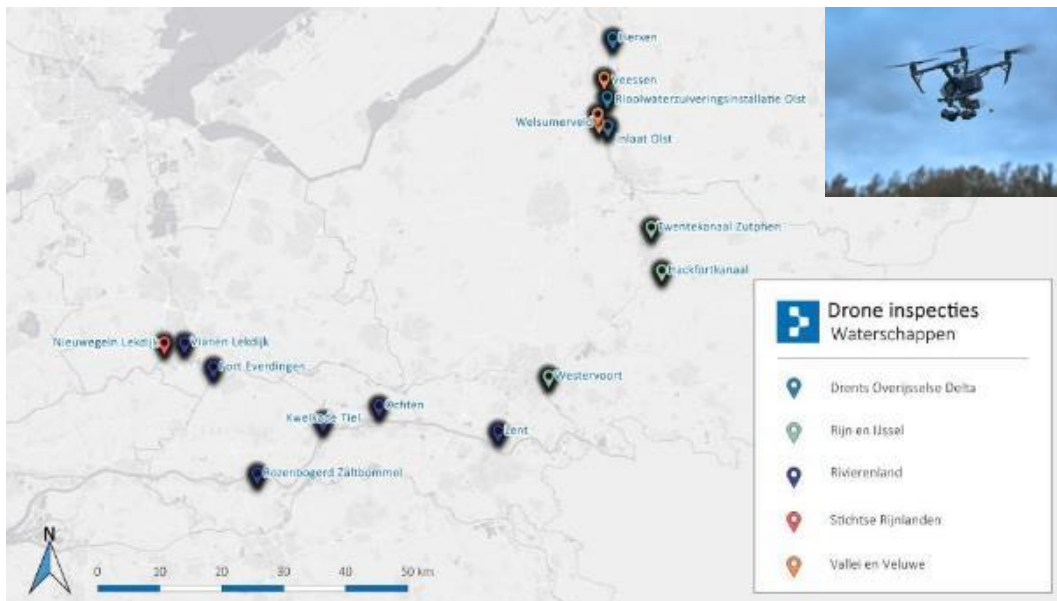
Het in dit voorbeeld omschreven onderzoek omvatte zo genoemde “2^e lijnregistraties” waarbij kwantitatief en specifieke kenmerken van de zandmeevoerende wellen zijn vastgelegd. Een eerste lijn registratie omvat het registreren middels een registratieformulier opgesteld binnen het calamiteitenproces, hierbij was voor deze case geen sprake.

De ingemeten locaties zijn bepaald aan de hand van informatie van de gebiedsbeheerder. Het ging hierbij om wellen die in het verleden zijn ontdekt, maar ook wellen die door de gebiedsbeheerder tijdens het hoogwater zijn opgemerkt. Bij de uitgevoerde 2^e lijnregistraties zijn naast infrarood metingen de volgende kenmerken van de zandmeevoerende wellen geregistreerd:

- Uitstromend debiet
- Hoeveelheid uitspoelend zand
- Zandmonsters uitgespoeld zand
- Beschrijving situatie
- Hoogte binnendijks waterpeil
- X-Y-locatie
- Peilbuiswaarden in omgeving
- Beschrijving omgeving
- Foto's

Op basis van deze informatie is door de beheerder een inschatting gemaakt van de ernst van de wel en is deze geclassificeerd op basis van een puntenschema. De focus lag voor infrarood vooral op het kunnen lokaliseren van aan-en afwezigheid van wellocaties. De uitgevoerde korrelgrootte analyses zijn vooral nuttig voor het opbouwen van een datareeks. Meerjarige gegevens over het meegevoerde zand geven inzicht in trends. Zo kunnen veranderingen in de korrelverdeling over de jaren erop duiden dat de pipe groeit, terwijl stagnatie in het zand voeren kan wijzen op een balans tussen van waterdruk en erosie.

Voor de toepassing van infrarood metingen is 5 dagen gevlogen met een drones door Aveco de Bondt waarbij 100-1000 kon worden ingemeten. De locaties van de metingen zijn weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: ingemeten locaties met drone (bron: Maanen, van Veen & Woerden 2018 metingen hoogwater januari 2018)

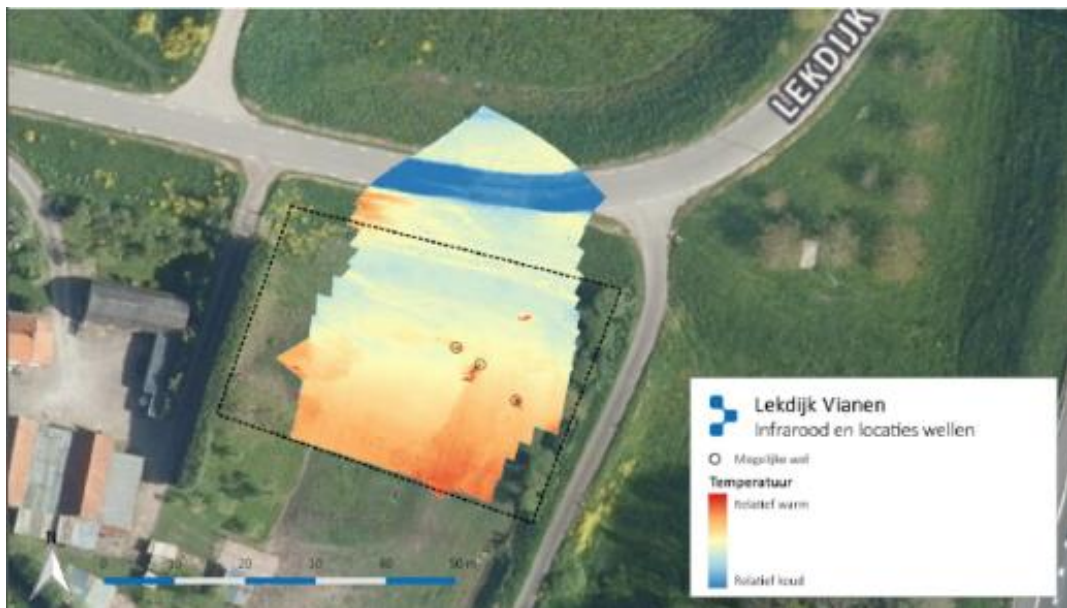
Er is teven met een terreinwagen gemeten. Hiermee is er in 1 dag 30 kilometer gemeten met 300 infraroodbeelden per kilometer door Intech. De ingemeten locaties door de terreinwagen zijn weergegeven in figuur 2.



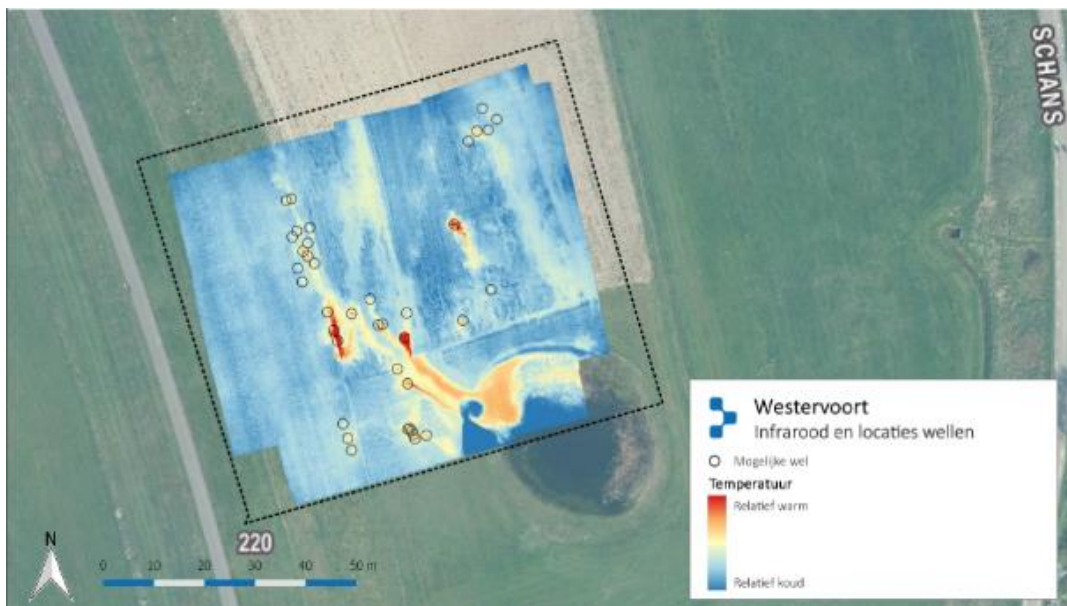
Figuur 2: ingemeten locaties met terreinwagen, links tussen Zaltbommel en Rossum, links tussen Ochten en Oosterhout (bron: Maanen, van Veen & Woerden 2018 metingen hoogwater januari 2018)

Resultaten

De resultaten van de dronebeelden zijn door Aveco de Bondt verwerkt tot overzichtskaarten waarop mogelijke wellocaties zichtbaar zijn. Voorbeelden van deze voorbeeldkaarten zijn weergegeven in figuur 3 en 4. Hiermee worden mogelijke wellocaties aangetoond die normaliter moeilijk te bereiken zijn voor visuele inspectie. Zo was op de locatie bij figuur 4 visueel slechts een enkele wel gedetecteerd, waar infrarood meerdere wellen heeft gedetecteerd. De wellen treden met name op ter plaatse van afrasteringspalen die mogelijk de afsluitende laag heeft verzwakt.

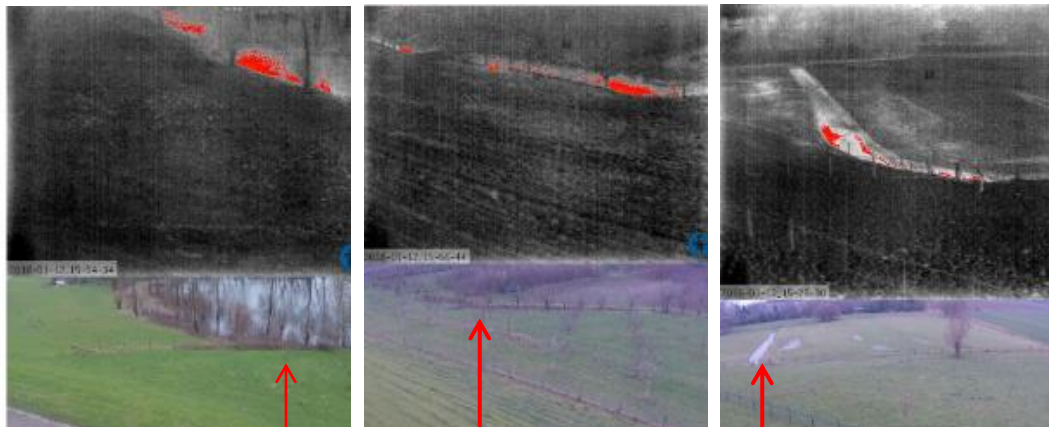


Figuur 3: gemonteerde infraroodbeelden bij de Lekdijk in Vianen, mogelijke wellocaties zijn omcirkeld (bron: Maanen, van Veen & Woerden 2018 metingen hoogwater januari 2018)



Figuur 4: Gemonteerde infraroodbeelden bij Westervoort, kwelwater kleurt rood, mogelijke wellocaties zijn omcirkeld. (Bron: Maanen, van Veen & Woerden 2018 metingen hoogwater januari 2018)

In figuur 5 zijn voorbeelden van beelden gegeven ingewonnen door de terreinwagen uitgerust met infraroodcamera. Hierin is te zien dat kwelwater in sloten stroomt, wat met enkele visuele inspectie mogelijk niet was opgemerkt.



Figuur 5: Beelden ingewonnen door terreinwagens met infraroodcamera (bron: Maanen, van Veen & Woerden 2018 metingen hoogwater januari 2018)

De ingewonnen data in het onderzoek is gebruikt om risico's in te schatten op de gedetecteerde wellocaties. Voor deze case is de ingewonnen data (nog) niet toegepast voor de WBI-beoordeling. Ten behoeve van dit voorbeeld zal wel in worden gegaan op de mogelijkheid tot toepassing in een WBI-beoordeling:

Het voorkomen van wellen op bepaalde locaties kan iets zeggen over de heterogeniteit van een te toetsen dijkstrekking. Wanneer op bepaalde locaties wel, en op andere locaties geen wellen op treden, is af te leiden dat de configuratie van de ondergrond waarschijnlijk verschillend is, wat onderbouwing kan zijn van het separaat beoordelen van de locaties.

Bij het toepassen van infrarood technologie voor het beoordelen kan data die aantoont dat er tijdens extreme waterstanden geen wellen zijn opgetreden van meerwaarde zijn. Hierdoor kan de bewezen sterkte van een dijk substantieel onderbouwd worden. Wanneer men kan aantonen dat een dijk een extreme gemeten waterstand heeft gekeerd, en er ook daadwerkelijk geen wellen zijn opgetreden, kan men de kans dat de dijk faalt bij de voorgekomen waterstand significant verlagen. Bij enkel visuele waarnemingen is er altijd de relatief grote kans dat men zand meevoerende wellen over het hoofd heeft gezien, waardoor het moeilijk is om aan te tonen dat een waterkering bij een voorgekomen waterstand succesvol het pipingproces heeft weerstaan.

Wanneer er wel wellen zijn gedetecteerd kan meerjarige monitoring van deze wellen een indicatie geven of de wel is gestopt met zandvoeren. Bij het ontstaan van een balans in het erosieproces en de waterdruk heeft de waterkering het pipingproces weerstaand, wat ook een bijdrage kan leveren in het toepassen van bewezen sterkte voor piping.

Het integraal in beeld hebben van wellocaties kan tevens bij dragen in de validatie van de toegepaste schematisatie bij het toetsen. Wanneer er wellen zijn opgetreden waar men het niet verwacht, of wanneer er geen wellen zijn opgetreden waar men dit wel verwacht kan dit aanleiding zijn om de schematisering aan te passen of om aanvullend onderzoek uit te voeren.

In de eenvoudige toets op piping met infraroodtechniek te onderbouwen dat er daadwerkelijk nog geen zandmeevoerende wellen zijn gedetecteerd voor een tijdsafhankelijke benadering, in tegenstelling tot visuele inspectie waarbij wellen relatief snel over het hoofd kunnen worden gezien. Dit zal echter alleen van toepassing zijn bij dijken waarbij de waterstand niet sterk af hangt van rivierafvoer.

Tot slot zal er voor een toets op maat, bij het uitvoeren van stresstesten, nauwkeurig kunnen worden gemonitord of er wellen optreden. Hierbij speelt wederom het onderbouwd uitsluiten van wellen een belangrijke rol.

Beslisproces en uitvoeringsschema

Voor het uitvoeren van infraroodmetingen is nog geen beslisproces of uitvoeringsschema beschikbaar. In het dit voorbeeld uitgewerkte onderzoek zijn besluiten ad hoc genomen naar aanleiding van een hoogwatersituatie. Wel is er in diverse onderzoeken aanbevolen (DMN 2017) infraroodmetingen tijdens hoogwater als basismeettechniek op te nemen.

Zoals eerder in dit voorbeeld aangegeven kan infrarooddata ingewonnen tijdens extreme omstandigheden van meerwaarde zijn bij het beoordelen. Informatie over de aanwezigheid van wellen is van waarde voor het toepassen van noodmaatregelen tijdens een calamiteuze situatie, en bij het beoordelen voor een verificatie van lokale. Daarnaast kan het onderbouwd uitsluiten van welvorming tijdens extreme omstandigheden mogelijk temeer van waarde zijn. Hierdoor is het van belang dat men zowel data van wellocaties, als data op locaties waar geen wellen zijn aangetoond consequent geregistreerd worden en beschikbaar zijn bij het beoordelen.

Benodigde kennis

Voor het toepassen van IR-metingen moet er verschillende soorten kennis aanwezig zijn bij de opdrachtgever. Ten eerste moet men op de hoogte zijn van de mogelijkheden en beperkingen van infraroodmetingen ten behoeve van de uitvraag naar de markt. Vervolgens moet de ingewonnen data verwerkt worden tot informatie die consequent wordt geregistreerd voor latere raadpleging bij het beoordelen. Hiervoor zal basiskennis in data-analyse toereikend zijn.

Tot slot moet bij de beoordelaar de kennis aanwezig zijn hoe de ingewonnen data voor meerwaarde kan zorgen bij het beoordelen om tot een scherpere, beter onderbouwde beoordeling te komen. Hiervoor wordt verwacht dat dit uitgevoerd kan worden met basiskennis in data-analyse, in combinatie met geotechnische kennis.

Kosten en baten

Kosten voor het inwinnen van infrarood metingen liggen globaal tussen de 200 en 1000 euro per kilometer (bron: dijk monitoring Nederland). De baten voortkomend uit de metingen betreffen met name het verkleinen van onzekerheden in verschillende stappen in de beoordelingssystematiek en versterkingsopgave. Daarnaast is bij afkeuring conform het WBI middels infraroodmetingen de veiligheid van de waterkering te waarborgen tot de betreffende dijkstrekking is versterkt. Buiten het beoordelen om kunnen er dus tevens tijdig maatregelen worden getroffen tijdens calamiteuze situaties.

Dilemma's en gevoeligheidsanalyse

Tijdens een overgangspunt tussen seizoenen zal kwelwater lastig te detecteren zijn doordat de metingen afhankelijk zijn van een verschil tussen kwelwater en omgevingstemperatuur. In de zomer is het kwelwater over het algemeen koeler dan de omgeving terwijl in de winter het kwelwater over het algemeen warmer zal zijn dan de omgeving. In de overgang van winter naar zomer zal er een bepaalde (korte) periode zijn dat de temperatuur van het kwelwater gelijk is aan de omgeving. Deze periode is te beperken door zeer gevoelige infraroodcamera's die minimale veranderingen kunnen detecteren.

Verificatie

Voor het beoordelen zijn metingen over verschillende hoogwater gebeurtenissen van meerwaarde om de ingewonnen data te verifiëren en veranderingen in tijd waar te nemen. Tijdens calamiteuze situaties zullen gedetecteerde wellen met infrarood veelal visueel moeten worden geïnspecteerd om de ernst van de wel vast te stellen.

Rekenfiles en documentatie

Maanen, van Veen & Woerden (2018) Metingen hoogwater 2018
Dijk Monitoring Nederland (2017) infraroodmetingen bij dijken