

# Meer precisie in laserdata voor waterkeringbeheer

**Laseraltimetrie is een van de vruchtbaarste technieken voor de inwinning van informatie voor waterkeringbeheer en waterbeheer. De recentste ontwikkelingen zijn het uniformeren van de specificaties voor waterkeringbeheer en het grootschalig landelijk inwinnen van hoogtedata.**

IR. L.M.TH. SWART / ING. S.J. FLOS MSC MMI /  
ING. W.S. ZOMER MSC / IR. W.G. EPEMA

De waterschappen en Rijkswaterstaat zijn verantwoordelijk voor de 3.600 kilometer primaire en 14.000 kilometer regionale waterkeringen in Nederland. Onder andere voor de wettelijk verplichte vijfjaarlijkse toetsing van de primaire waterkeringen hebben zij behoefte aan een gedetailleerd inzicht in de waterstaatkundige eigenschappen van de waterkeringen. Het wettelijk vastgestelde *Voorschrift Toetsen op Veiligheid* (VTV) schrijft voor hoe de sterkte (onder andere hoogte, stabiliteit) van de primaire waterkering moet worden getoetst tegen de belasting (onder andere waterstand, golven, wind) volgens de Hydraulische Randvoorwaarden. Voor deze toets is een gedetailleerd overzicht van de hoogte en het profiel van de waterkering nodig met een hoge precisie. Laseraltimetrie kan hiervoor zorgen. Uit deze gegevens wordt een gedetailleerd en precies hoogtemodel berekend, waaruit de kruinhoogte wordt afgeleid. Per representatieve sectie, in het algemeen rond de 100 meter, wordt een dwarsprofiel uit het laserhoogtemodel bepaald, dat als input dient voor de stabiliteitsberekening.

## IN 'T KORT - PRAKTIJK

- Laseraltimetrie geeft gedetailleerd overzicht van hoogte en profiel van waterkeringen
- Nieuwe Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN-2) precies genoeg voor waterkeringen
- Sinds 2007 is bijna de helft van Nederland voor AHN geactualiseerd
- Werkgroep werkt aan uniformering van specificaties voor hoogtemetingen



**Helikopter en laseraltimetriesysteem in rek; twee GPS-ontvangers op masten aan weerszijden zorgen voor een betere positie- en standbepaling, het GPS-basisstation op de grond zorgt voor een differentiële positiebepaling.**

Waterschappen gebruiken laseraltimetriegegevens verder voor het dagelijks beheer en onderhoud van dijken, het maken van bestekken voor groot onderhoud, 3D-karteringen, vergunningverlening en handhaving en natuurlijk in het waterbeheer, bijvoorbeeld voor het bepalen van de gemiddelde maaiveldhoogte bij het peilbeheer. Inmiddels is er ook behoefte aan gedetailleerde hoogte- en profielgegevens voor regionale waterkeringen waarover in het algemeen nog relatief weinig bekend is. Het gebruik van laseraltimetrie om in deze kennisleemte te voorzien is zeer actueel.

## Werkgroep

De calamiteiten rond kadeverschuivingen hebben onder meer geleid tot een inventarisatie van technieken die snel kunnen bijdragen tot het verbeteren van de operationele praktijk van het waterkeringbeheer. Daarom heeft Stowa (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) in 2006 de Werkgroep Grootschalig Uitvoeringsproject Laseraltimetrie (WGL) opgericht.

De uitvoering van laseraltimetrie voor waterkeringbeheer vond in het algemeen nog versnipperd plaats. De werkgroep stelde zich onder andere tot doel hierin afstemming tot stand te brengen en waterkeringbeheerders te ondersteunen bij het maken van een op de waterkeringbeheerpraktijk toegesneden laseraltimetrie-product. Begin 2008 verscheen het rapport *Laseraltimetrie voor waterkeringbeheer* ([www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)), waarin kennis over de techniek en de toepassing is vastgelegd en waarin de gewenste specificaties worden onderbouwd. Het rapport is daarmee zowel informatiebron voor bestuur en management als kennisbron voor beheerders die laseraltimetrie in de praktijk gebruiken.

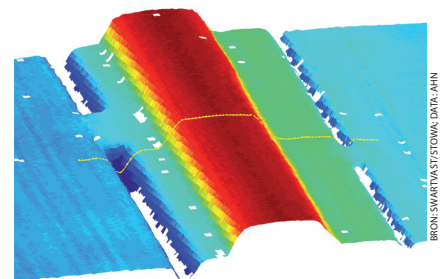
Omdat men bij de toetsing van waterkeringen

intensief gebruikmaakt van laserhoogtebestanden, zijn uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid criteria afgeleid voor het gebruik van laseraltimetrie. Daarnaast zijn de criteria geanalyseerd zoals deze zijn opgenomen in diverse bestekken. Dit heeft uiteindelijk, mede op basis van een geostatistische analyse, geleid tot een onderbouwde lijst met specificaties. Deze bevatten niet alleen geometrische eisen, maar ook eisen aan laser-aanverwante producten, zoals luchtfoto's.

## Hoogtebestand Nederland

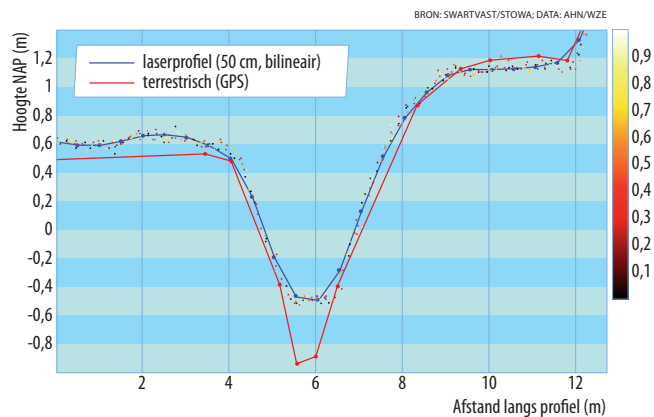
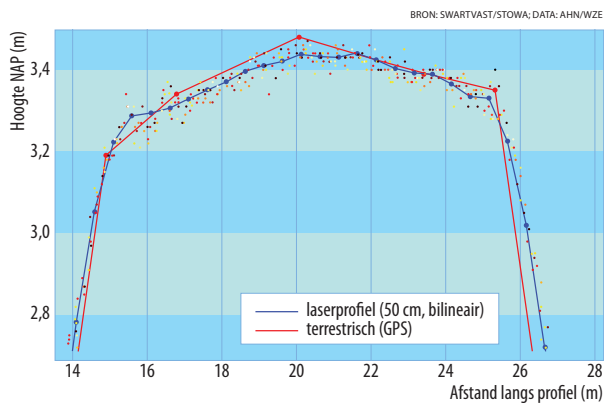
Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is een voor iedereen beschikbaar landsdekkend hoogtebestand, dat Rijkswaterstaat en de waterschappen laten vervaardigen met laseraltimetrie. In 2003 was uiteindelijk de hoogte van het maaiveld van geheel Nederland gemeten met een precisie van ongeveer 15 centimeter (AHN-1). Dit bleek voor toepassingen in het waterkeringbeheer echter onvoldoende. Technologische ontwikkelingen maken het inmiddels mogelijk zeer grote gebieden zeer gedetailleerd en precies te meten. Daarmee komt één landelijk bestand binnen bereik, dat zowel voor algemeen gebruik als voor waterkeringbeheer geschikt is.

Om te bezien of een dergelijk AHN-2 haalbaar is, heeft de Stuurgroep AHN in 2006 besloten een proefproject uit te voeren met Waterschap Zeeuwse Eilanden (WZE). Doelstelling hierbij was een hoogtebestand met tien laserpunten per vierkante meter, met een precisie van 5 centimeter standaardafwijking en 5 centimeter systematisch. Ook nieuw bij het AHN-2 was een andere wijze van specificeren: er zijn eindtermen gespecificeerd waaraan het bestand moest voldoen, gebaseerd op een inventarisatie van



## VOGELVLUCHT

**Laserhoogtemodel van een 100 meter brede strook van een omstreeks 2 meter hoge dijk (de hoogte is met een factor 2 overdreven). Op de hellingen is het raster te zien. De gele puntjes vormen het uit de gegevens afgeleide profiel dat met terrestrische metingen vergeleken wordt. De teensloten (waar de laser niet reflecteert) en ploegvoren zijn goed herkenbaar.**



## PROFIELEN

**Profiel van de kruin van een waterkering, zes keer in hoogte overdreven.** De rode punten zijn de locaties waar de landmeter de kruin heeft gemeten, de blauwe punten het uit de laserpunten geïnterpoleerde 0,5 meter-raster. De gekleurde puntjes geven de originele lasermeetpunten aan tot 1 meter dwars op het profiel: hoe donkerder, hoe dicht bij het profiel. De laserdata beschrijven, hoewel behept met ruis, de variaties in terreinhoogte veel gedetailleerder dan de landmeetpunten.

## VERSCHILLEN

Deze teensloot laat relatief grote verschillen zien tussen de laserdata en de terrestrisch gemeten punten. De berm aan de voet van het talud (rechts) wordt met laseraltimetrie systematisch zo'n 0,05 meter lager gemeten, terwijl de berm links 0,1 meter hoger is. Ook wordt met laseraltimetrie niet exact het waterpeil gemeten, laat staan de slootdiepte.

## LASERALTIMETRIE

Laseraltimetrie of laserhoogtemeting – ook wel lidar (*light detection and ranging*) genoemd – maakt gebruik van pulsen laserlicht die door een scanner aan boord van een vliegtuig of helikopter worden afgevuurd op het aardoppervlak. Door van het gereflecteerde licht de looptijd te meten, wordt de afstand tussen oppervlak en vliegtuig bepaald. Doordat met GPS de positie van het instrument nauwkeurig bekend is en met een traagheidsnavigatiesysteem de stand van het platform kan worden berekend, is het mogelijk uit de looptijd van de laserpulsen de hoogte van het oppervlak te berekenen in bijvoorbeeld het NAP- of RD-stelsel (Rijksdriehoeksmeting).

de wensen van de gebruikers van het AHN. De wijze waarop de aannemers deze eindtermen realiseren, staat hun vrij. Het AHN wordt voortaan vijfjaarlijks geactualiseerd; de organisatie ligt bij Het Waterschapshuis. Voor 2009 is zojuist de aanbesteding van zes waterschappen met een totaal oppervlak van 8.160 km<sup>2</sup> afgerond; daarmee is sinds 2007 bijna de helft van Nederland geactualiseerd.

### Specificaties hoogtedata

De werkgroep heeft laserdata uit de proef bij Waterschap Zeeuwse Eilanden, gecombineerd met terrestrische profielen die het waterschap ter beschikking stelde, geanalyseerd om deze te beoordelen op geschiktheid voor waterkeringbeheer. De AHN-rastergrootte van 0,5 meter blijkt ruim voldoende voor primaire keringen. Voor 'kleine' regionale keringen die minder dan 1 meter hoger zijn dan het achterland en/of een kruinbreedte

van minder dan 1 meter hebben, is een rastergrootte van 0,25 meter gewenst.

Laserdata – zelfs als ze naar een raster zijn gemiddeld – beschrijven het terrein veel beter dan terrestrische meetpunten (omdat er vlakdekend over de kering meetpunten beschikbaar zijn en de precisie hoog is), al komen significante verschillen voor die lastig zijn te verklaren. Zonder op hetzelfde moment gemaakte luchtfoto's zijn laserdata soms moeilijk te interpreteren. Een landmeter meet gegarandeerd het maaiveld en doet dat bovendien met een hogere precisie dan met laseraltimetrie mogelijk is. Anderzijds meet hij relatief weinig punten en is achteraf niet met zekerheid te zeggen waarom de baak juist daar werd geplaatst. Kniklijnen zoals een kruin- of teenlijn zijn heel precies uit laserdata te bepalen. Voor de bepaling van profielen is geavanceerde programmatuur beschikbaar.

### Stabiliteitsberekeningen

Een van de toepassingen van de vervaardiging van profielen van waterkeringen is de uitvoering van stabiliteitsberekeningen. De werkgroep heeft de vastgestelde specificaties voor laseraltimetrie getoetst op gevolgen voor de stabiliteitsberekening. GeoDelft heeft berekeningen uitgevoerd op een conventioneel terrestrisch gemeten profiel en op het profiel dat is bepaald uit het laserhoogteraster van 0,5 meter van de proef. De stabiliteitsfactoren laten in het algemeen geen significante verschillen zien. Deze laserdata zijn hiervoor dus geschikt; wel is het noodzakelijk de voor de stabiliteit cruciale slootdiepte en waterpeil handmatig toe te voegen, terwijl de landmeter deze gelijk zou meenemen. Ook moeten zogenaamde 'no data'-waarden worden verwijderd en moeten de profielen ruim voorbij de teensloten lopen.

Laseraltimetrie heeft een enorme potentie voor waterkeringbeheer, die niettemin nog verder kan worden benut. Met name de praktijk van het beschouwen van profielen doet geen recht

aan het vlakdekkende karakter van de gegevens. Het verdient aanbeveling de toepassing van meer vlakdekkende analysemethoden te onderzoeken en het Voorschrift Toetsen op Veiligheid te laten aansluiten op de geavanceerdere manieren van toetsen die in principe met laserdata mogelijk zijn. Ook voor de analyse van de verschillen tussen opeenvolgende hoogtebestanden en de toepassing voor zettingen en visualisatie heeft laseraltimetrie een grote potentie.

### Gebruikersorganisatie

Met het afronden van het rapport van de werkgroep en de geschiktheid van de AHN-2-specificatie voor gebruik in het waterkeringbeheer, ligt het voor de hand de krachten te bundelen. De expertise van de leden van de werkgroep zal worden ingebracht in de AHN-organisatie, onder meer in de vorm van een gebruikersorganisatie. De nog openstaande aanbevelingen en onderzoeksvragen zullen een plaats krijgen binnen het AHN. Daarmee is de bediening van een van de meest veeleisende gebruikersgroepen gewaarborgd.

*Rens Swart is eigenaar van Swartvast in Nieuw-Vennep. Stefan Flos is eigenaar van SJF Projects & Support. Wouter Zomer is directeur van BZ Innovatiemanagement. Wijbren Epema is eigenaar van Epema Advies.*

## HANDREIKING

Dit is het vierde artikel in een serie van vijf over de Handreiking Inspectie Waterkeringen. De handreiking is nog een groen concept van Rijkswaterstaat en Stowa, dat in 2012 definitief wordt gemaakt. Het laatste artikel gaat over kansen voor innovatieve technieken.