

Gewenste specificaties laseraltimetrie voor waterkeringbeheer

Opgesteld n.a.v. bespreking WGL 9 mei 2007 ten behoeve van AHN-specificaties en aangepast n.a.v. bespreking AHN-'kopgroep' en WGL 23 mei 2007 (zie *)

Versie 3.0 – 16 juni 2007

Rens Swart, met opmerkingen van Wouter Zomer (STOWA), Marten Westerink (Stichtse Rijnlanden), Matthijn de Vette (Rivierenland) en Leo Harren (Waternet)

In onderstaande tabel worden eerst de vereiste en optionele producten genoemd. De specificaties volgen daarna, onderverdeeld in geometrische en overige specificaties. Het te onduidelijke begrip 'filtering' is vervangen door 'classificatie'. Raster (nl) = grid (uk).

Vereiste producten	Specificatie	Toelichting en gebruik
Ongeclassificeerd puntbestand, alleen uitschieters verwijderd		Ter controle van hetgeen in laserdata te zien is
Als maaiveld geclassificeerd puntbestand: vegetatie en bebouwing verwijderd		Voor berekening kniklijnen, maaiveld en kartering
Als maaiveld geclassificeerd puntbestand geïnterpoleerd naar raster		Voor operationeel gebruik, inclusief trekken van profielen en uitvoering toetsing primaire waterkeringen
Ongeclassificeerd puntbestand geïnterpoleerd naar raster		Ter controle van de 'gaten' op plaatsen met bomen of gebouwen. Sommige gebruikers zijn juist in boomtoppen of gebouwhoogten geïnteresseerd
Ortho-gerectificeerd fotomozaïek		Ter controle van hetgeen in de laserdata te zien is, voor dagelijks gebruik door beheerder onder andere data (waaronder beheerregister) en ter controle van de kartering
Optionele producten		
Nadirfoto's		Ter controle van hetgeen in de laserdata te zien is en voor dagelijks gebruik door beheerder. Als orthofoto's voorhanden zijn wordt hiervan weinig gebruik gemaakt
Voorwaartse foto's		Idem; voordeel is dat je <i>onder</i> objecten kunt kijken
Voorwaartse video		Idem
Ongeclassificeerd puntbestand met intensiteit laserreflectie		Voor gebruik bij kartering
Kartering objecten en (bekledings)vlakken		Kartering op basis van puntbestand, niet op basis van raster; eventueel met gebruikmaking van laserintensiteit
Hoekgridbestand*		Bestand dat door per rastercel een hellingshoek en hellingsrichting op te nemen de topografie beter beschrijft dan een rasterbestand met alleen een hoogtewaarde

Geometrische specificaties		
Rastergrootte*	50 cm; 25 cm (regionale keringen)	Voor een gewenste puntafstand langs de primaire waterkering 50 cm en dwars erop mogelijk 20 cm voldoet een orthogonaal raster van 50 cm. Voor regionale keringen is een raster van 25 cm gewenst.
Punt dichtheid	$\geq 20/m^2$	Op zich specificeren de eisen voor rastergrootte plus hoogteprecisie de punt dichtheid voldoende, maar voor visuele controle van laserdata en voor classificatie en kartering is deze eis toch noodzakelijk
Hoogteprecisie per laserpunt	niet eisen	De hoogteprecisie wordt vereist via die van de rastercel en het aantal punten/ m^2
Hoogteprecisie per rastercel – toevallige fout – systematische fout	$\sigma = 5$ cm ≤ 3 cm	De toevallige fout geldt voor asfalt; zowel de toevallige als systematische fout moeten worden aangetoond
Planimetrische precisie – toevallige fout – systematische fout	niet eisen ≤ 10 cm	Toevallige fout in planimetrie is 'klein genoeg'; systematische fout daarentegen aantonen: voor kartering en juridisch gebruik, maar ook omdat planimetrische fout op steil talud resulteert in grote hoogtefout
Orthofotomozaïek – pixelgrootte* – planimetr. systematische fout	5 cm ≤ 10 cm	Objecten van 40 cm te onderscheiden
Nadirfoto's – pixelgrootte – beeldafmeting in pixels	5 cm niet eisen	
Voorwaartse foto's – pixelgrootte – beeldafmeting in pixels – beelden per seconde	niet eisen niet eisen niet eisen	Pixelgrootte kun je voor schuine foto niet eisen; totale beeldafmeting eventueel wel
Voorwaartse video – beeldafmeting in pixels – beelden per seconde	niet eisen niet eisen	
Vlieghoogte	niet eisen	Mogelijk wel vlieghoogte eisen vanwege de maximale omvalling bij orthofoto's
Strookbreedte – primaire waterkeringen – regionale waterkeringen	vectorbestand vectorbestand	Eis te stellen aan de hand van te leveren vectorbestand; indicatie: primaire 100–150 meter, regionale 50–80 meter
Overige specificaties		
Dataformaten – laserpuntdata – rasterdata – foto's – video	ASCII x,y,z (,i) ASCIIgrid ECW of MrSID MPEG	Hoogtedata: andere formats naast ASCII (bijv. ESRI) in overleg. Indien intensiteit (i) van laserdata wordt geleverd: in zelfde bestand toevoegen. Foto's in piramidestructuur als ECW of MrSID; specificeer de compressie. TIFF optioneel. Video: AVI optioneel; specificeer voor maximale kwaliteitsborging de codec
Opnametijdstip laserdata	bladloos, laag gras*, geen sneeuw, geen water op het	

	land, rivieren/kust laag water	
Opnametijdstip foto's en video	Tijdens laseropname	Foto en video dient onder meer ter verificatie van de laserdata en dient dus tegelijk opgenomen te zijn
Opnametijdstip orthofoto's	Zie hiernaast	Als losse foto's en video worden geleverd, geldt daarvoor de eis van gelijktijdigheid met laseropname; gelijktijdigheid orthofoto's is dan een <i>sterke wens</i> . Worden alleen orthofoto's geleverd, dan is gelijktijdigheid een <i>eis</i>
Orthofotomozaïek beeldkwaliteit	Radiometrie en kleur gecorrigeerd	
Uitvoering classificatie (filtering)*	Niet <i>hier</i> eisen	Specificeert AHN-2 voldoende; is een van de huiswerkopgaven van AHN-2-overleg 8 mei. De classificatie voor waterkeringen is minder streng dan voor waterbeheer.
Controle	Niet <i>hier</i> eisen	Specificeert AHN-2 voldoende
Opnamefrequentie	Eens per 4-5 jaar	
Gebruikersdocumentatie en metadata*		Huidige documentatie betreffende datakwaliteit en controle is te gecompliceerd en te weinig toegankelijk

* aangepast n.a.v. bespreking 23 mei, zie hieronder

Naar aanleiding van de bespreking met de AHN-'kopgroep' op 23 mei en het daarop volgende onderzoek zijn de volgende opmerkingen te maken.

1. Regionale keringen

In de vorige versie van het WGL-rapport lag de nadruk op primaire waterkeringen. Gedeeltelijk was dit omdat laseraltimetrie vooral wordt gebruikt voor het vullen van het beheerregister en voor de vijfjaarlijkse toetsing, die nauwkeurig voorgeschreven is. Laseraltimetrie is echter ook een krachtig hulpmiddel bij het in kaart brengen van regionale keringen, zoals secundaire keringen en kaden. Het belang daarvan is groot, zowel omdat er minder kennis over de toestand van regionale waterkeringen is dan over die van primaire, als omdat de totale lengte veel groter is (17.000 km) dan die van primaire waterkeringen (3.600 km).

De voorkomende typen regionale waterkeringen verschillen sterk per waterschap. Regelmatig zijn de keringen nauwelijks met het blote oog waarneembaar, terwijl ze bij de vraag of het land erachter geïnundeerd wordt toch een belangrijke rol spelen.

Verschillende waterschappen zijn begonnen een deel van hun regionale waterkeringen met laseraltimetrie in te winnen. De vraag is of dit noodzakelijk is voor de totale lengte aan regionale waterkeringen. Naarmate een groter deel van de regionale waterkeringen met laseraltimetrie zou moeten worden ingewonnen, neemt het aantal vliegstroken dermate toe dat het zou kunnen lonen het gehele areaal van een waterschap strooksgewijs in te winnen en daaruit de primaire en regionale waterkeringen voor de waterkeringbeheerder te extraheren. Dit is het onderwerp van de kosten/batenanalyse ('businesscase') die in het kader van het AHN gemaakt wordt.

Voor het omslagpunt in deze analyse is het dus van belang te bepalen in hoeverre regionale waterkeringen ingewonnen zouden moeten worden. Daarbij zou een selectie kunnen worden gemaakt aan de hand van het type of belang of aan de hand van het hoogteverschil met de omgeving. Denkbaar is het criterium dat een waterkering (of het nu een primaire of regionale is) meegenomen moet worden als het hoogteverschil tussen de te keren waterstand en het achterland

minimaal een meter is. Voor naar schatting 80% van de totale lengte aan primaire en regionale waterkeringen geldt dit.

2. Gewenste resolutie rasterbestand

De aanvankelijk voorgestelde rastercelgrootte van 50 cm van het hoogteraster wordt niet algemeen als voldoende beschouwd. Carlo Langelaan (Rijkswaterstaat DWW) meldde al eerder dat een puntafstand van 20 cm in het profiel dwars op de waterkering wenselijk zou zijn. Leo Harren (Waternet) en Marc Bruins Slot (Waterschap Friesland) meldden dat 50 cm voor regionale keringen (zie hierboven) niet voldoende is. Regionale keringen zijn (in het algemeen) niet alleen lager dan primaire, maar hebben ook een gedetailleerder profiel. Waternet heeft een informatiebehoeftebepaling laten uitvoeren en daarbij is vastgesteld dat een hoogtebestand een rastergrootte van 25 cm dient te hebben.

Mogelijk kan voor de vereiste rastergrootte een onderscheid tussen primaire en regionale keringen worden aangebracht: 50 respectievelijk 25 cm.

3. Hoekgridbestand

Een raster met één hoogtewaarde per rastercel geeft een trapvormig hoogtemodel, dat in het geval van topografie waarbij hellingen van groot belang zijn, zoals bij waterkeringen, aan de werkelijkheid weinig recht doet. De optie om de rastercel te verkleinen brengt hoge inwinnings- en opslagkosten met zich mee. Een compromis tussen een gedetailleerd puntenbestand en een trapvormig rasterbestand is het zogenaamde *hoek- of hellinggridbestand*, waarbij op een regelmatig raster niet alleen de gemiddelde hoogte van de rastercel wordt opgeslagen, maar ook de grootte en richting van de helling. Het hoekgridbestand wordt vervaardigd uit het originele laserpuntenbestand.

Uit een hoekgridbestand zijn de snijlijnen tussen hellende vlakken, bijvoorbeeld de teen- en kruinlijnen, beter te bepalen dan uit een hoogteraster. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (Kier van Gijssel) heeft hiermee ervaring.

4. Zettingbepalingen

Naast de hoogte is ook de zetting van een waterkering van groot belang. Of deze uit het verschil van twee met laseraltimetrie ingewonnen hoogtebestanden kan worden bepaald, hangt af van de vereiste precisie. Bij het bestuderen van de eisen aan de bepaling van de zetting kan onderscheid gemaakt worden tussen twee aspecten: de kruin en het talud.

De bepaling van de zetting van de kruin dient preciezer te geschieden dan die van het talud. Dit heeft vooral met de waterkerende hoogte te maken, maar ook met de toestand van de weg. Opgemerkt kan worden dat bij de wegbeheerder vaak gedetailleerde informatie over de zetting van de verharding bekend is die ook voor de waterkeringbeheerder van groot belang is, zonder dat de wegbeheerder zich dat goed realiseert. Vooral na aanleg en dijkverbetering kan de zetting hoog oplopen, maar ook in gebieden met slappe ondergrond kunnen grote zettingen voorkomen. Een zetting als van de Oostmolendijk van 15 cm in 8 jaar is een uitzondering. Zettingen van 10 mm per jaar zijn interessant en daarbij is het voldoende om per vijf jaar een zetting van 5 cm te kunnen vaststellen. Volgens Wijbren Epema kan daarbij met een puntafstand van 30 meter worden volstaan (@ dit lijkt mij groot; ik kan mij voorstellen dat dit afhangt van de vraag of het dijklichaam zo homogeen van opbouw is dat er geen kleinere zettingsverschillen dan over 30 meter voorkomen).

De kruin is vaak met asfalt bekleed. Hoogtemetingen daarvan zijn relatief precies. Terrestrische metingen kunnen, als ze goed opgezet zijn, aan de eisen voldoen. Laseraltimetrie kan waarschijnlijk alleen onder gunstige omstandigheden aan deze eisen voldoen. Radarinterferometrie kan er makkelijk aan voldoen, maar is slechts zeer specifiek toepasbaar. In de toekomst zou kunnen worden geïnvesteerd in het aanbrenge van punten die voor radarsatellieten zichtbaar zijn. De inzet van het verhardingsmeetvoertuig ARAN van RWS DWW kan ook voor waterschappen

interessant zijn. Dit meet langs- en dwarsvlakheid en scheuren en er kan een hoogtemodel mee vervaardigd worden.

Taluds kunnen grotere zettingen of hoogteverschillen vertonen dan de kruin. Deze verraden vaak een ander soort instabiliteit dan kruinzettingen, bijvoorbeeld een macro-instabiliteit als afschuiving. Dergelijke zettingen kunnen, omdat ze groter zijn, makkelijker met laseraltimetrische verschilmetingen worden bepaald. Complicerend daarbij is wel dat, in tegenstelling tot bij kruinen, taluds vaak met gras in plaats van asfalt zijn bekleed, waardoor de hoogteprecisie minder is.

5. Gewenste resolutie orthofotobestand in verband met verificatie laserbestand en objectherkenning

De laatste versie van de WGL-specificatie van de gewenste resolutie van het orthofotomozaïek meldde daarvoor 5 cm. Verschillende waterschappen hebben hiermee ervaring en beschouwen dat als een zeer waardevolle uitbreiding van hun beheerinstrumentarium. Een kwantitatieve specificatie van de grootte van de objecten die men daadwerkelijk wil zien ontbrak tot nu toe grotendeels. Zeker is wel dat de specificatie van de AHN-2-proef in Zeeland dat objecten van 2 x 2 meter herkend moeten kunnen worden onvoldoende voor waterkeringbeheer is. De specificatie van Stichtse Rijnlanden dat objecten van 40 cm moeten kunnen worden herkend lijkt fysisch niet overeen te stemmen met de eis van een resolutie van 5 cm.

Welke resolutie noodzakelijk is voor het beschrijven van objecten wordt onder meer bepaald door het Nyquist-theorema uit de natuurkunde. In de militaire beeldverwerking wordt aangenomen dat minimaal één pixel noodzakelijk is voor detectie, drie voor classificatie en vijf voor identificatie. Behalve de ruimtelijke resolutie speelt ook de radiometrische resolutie een rol. Bij Waternet heeft men bepaald dat voor beheer, opsporing en handhaving – juist voor waterkeringen – brandkranen, drainageputten en leidingdeksels moeten kunnen worden herkend. Elders worden meterkasten en dijkpalen genoemd. Op basis van die eis is men tot de vereiste resolutie van 5 cm gekomen. Deze eis stemt overeen met de net genoemde beeldverwerkingsprincipes.

Deze eis plus die dat de fotobeelden tegelijk met de laseropnamen worden gemaakt, beperkt de keuze aan opnametijdstippen. (De meeste van genoemde opmerkingen heeft AeroVision ook in zijn verslag van 23 mei opgenomen.) Ook merkt Ingrid Alkemade (AGI) op dat het opnemen van een groot deel van Nederland met 5 cm resolutie in één jaar tot capaciteitsproblemen zal leiden.

Ter verduidelijking van de wens van de waterkeringbeheerders met betrekking tot fotografisch materiaal (zoals omschreven in de vorige versie van de WGL-tabel) het volgende. Vanwege de interpretatie van de laseropnamen is de levering van fotobeelden die gelijktijdig met de laseropnamen zijn gemaakt een vereiste. Voor de verificatie hoeven dit niet beslist orthofoto's te zijn. Orthofoto's zijn echter in de beheerpraktijk zeer waardevol. Daarom wordt geadviseerd dit te combineren en de verwerking van nadirfoto's tot orthofoto's te eisen.

6. Filtering of classificatie

Tijdens het overleg tussen de AHN-kopgroep en de werkgroep grootschalige laseraltimetrie werd vastgesteld dat de eisen op het gebied van het 'onderscheidend vermogen' voor waterkeringbeheer strenger zijn dan voor waterbeheer, terwijl ze voor wat betreft classificatie van het maaiveld en objecten ('filtering') juist minder streng zijn.

Voor waterkeringbeheer staat het profiel van de waterkering (het verloop van de hoogte dwars op de waterkering) voorop. Dit zou men maaiveld kunnen noemen, ook al is er sprake van relatief grote hellingen. Aan de bepaling van de hoogte van de kruin worden de hoogste precisie-eisen gesteld. Voor de kruin is het dan ook van belang dat eventuele begroeiing zoveel mogelijk wordt uitgefilterd, zodat het hoogtemodel het profiel van het grondlichaam beschrijft. De kruin van vele waterkeringen is bekleed met asfalt: daar is filtering niet van belang. Voor zover er sprake is van gras, zou dit liefst moeten worden uitgefilterd, maar in praktijk gebeurt dit niet omdat het nauwelijks mogelijk is. @ De precisie-eisen aan met gras beklede waterkeringen zijn lager dan die

aan harde topografie in de tabel. Sommige waterschappen stellen deze expliciet. De AHN-2-proef vereist filtering voor begroeiing hoger dan 0,5 meter. Het fotogrammetrisch ingewonnen Digitaal Topografisch Bestand (DTB) van Rijkswaterstaat geeft voor harde topografie een precisie van 9 cm, voor zachte 12,5 cm. Voor de inwinning van waterkeringen wordt om deze redenen het vliegen buiten het groeiseizoen nog sterker voorgeschreven dan voor het AHN.@

Het wegfilteren van bebouwing en dergelijke objecten is voor waterkeringbeheer niet nodig. Het levert geen extra informatie. Profielen worden niet ter plekke van bebouwing getrokken.

@ Ik wil dit nog verder verifiëren en kwantificeren. Of er hoe dan ook gefilterd kan worden op laag gras staat nog te bezien en behalve in een proefproject bij AGI voor het DTB is er volgens mij ook weinig ervaring mee.

7. Metadata en gebruikersdocumentatie

Gebruikers van met laseraltimetrie ingewonnen data hebben behoefte aan makkelijk toegankelijke metadata en begrijpelijke documentatie over aspecten van de inwinning en verwerking. Wat betreft metadata valt te denken aan opnametijdstip, precisie en dichtheid. In een achtergronddocument zou informatie kunnen worden aangeboden over de wijze waarop is ingewonnen en gecontroleerd, de bewerkingen die zijn uitgevoerd en de specificaties en kwaliteitsborging van de resulterende bestanden. (Dit wordt vrijwel exact zo genoemd in het verslag van 23 mei.) Het *Kwaliteitsdocument laseraltimetrie Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (2002)* van de Meetkundige Dienst wordt hiervoor door HDSR als goed voorbeeld gezien.