

Schematische weergave van de absolute inpassing van puntenwolven per meting. GCP = grondcontrolepunt. (Bron: Shore Monitoring & Research)

Bodemdaling meten met LiDAR

Om bodemdaling in ruimte en tijd te meten maken we traditioneel gebruik van landmeters; een tijd- en geldrovende klus. De vraag is of met nieuwere meettechnieken, zoals de lasertechnologie (LiDAR) vanuit een vliegtuig of drone, bodembeweging in veenweidegebied vlakdekkend gemeenten kan worden.

Deltares en Shore Monitoring & Research, samen met het Waterschap Drents-Overijsselse Delta (WDOD), namen de proef op de som en deden onderzoek in het veenweidegebied in de omgeving van het Overijsselse Rouveen. Het onderzoek was onderdeel van een pilotonderzoek van LTO Noord en het WDOD naar de effecten van onderwaterdrainage op grondwaterstanden en bodemdaling. Op acht locaties in de omgeving van Rouveen zijn gedurende een periode van twee jaar (2018-2020) acht LiDAR-metingen verricht

IN 'T KORT - LiDAR

- Op acht locaties in de omgeving van Rouveen zijn acht LiDAR-metingen gedaan
- Bij elk meetmoment is de LiDAR-hoogtescan verticaal verschoven naar een GCP
- Hoogte-informatie vanuit LiDAR-metingen wordt gebruikt voor diverse toepassingen
- Het AHN is een nationaal dekkende hoogtedataset die is ingewonnen met LiDAR

vanuit zowel een drone als een vliegtuig. Ter ondersteuning en optimalisatie van de LiDAR-dataverwerking zijn er op de onderzoekterreinen stabiele grondcontrolepunten (GCP) aangelegd: een horizontale vierkante plaat van 1x1 meter, gefundeerd in de stabiele zandondergrond.

Bij elk meetmoment is de LiDAR-hoogtescan (puntenwolk) verticaal verschoven naar een GCP. De hoogtewaarde van elke meting is dus op de GCP-locatie altijd gelijk en de afwijking van de bodemligging op de rest van het perceel zou dan het gevolg moeten zijn van de verticale beweging van het maaiveld. Door op deze manier de hoogtedata van de metingen te refereren, wordt een over- of onderschatting van de bodemligging, voorkomen. Nadat de puntenwolk is opgeschoond, waarbij andere objecten dan het maaiveld uit de dataset worden gehaald en de puntenwolk verticaal is gerefereerd op de GCP's, is het vliegtuig naar een hoogtemodel. Vervolgens zijn verschillen gemaakt waarmee de maaiveldhoogteveranderingen zijn bepaald.

Onzekerheden

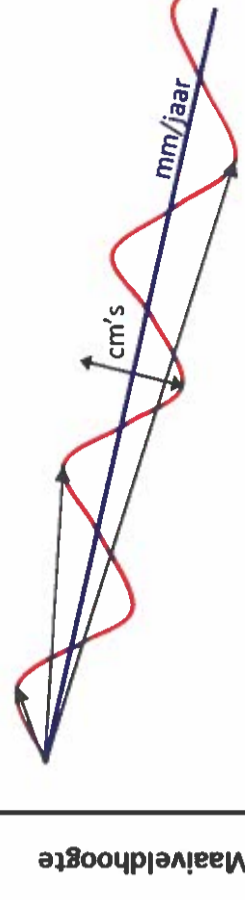
- Bij het bepalen van de hoogte van het maaiveld in veenweidegebieden met LiDAR is een aantal factoren van invloed op de nauwkeurigheid van de meting:
 - De nauwkeurigheden van het systeem zelf;
 - Het verticaal refereren van de puntenwolk op een GCP. De LiDAR meet de horizontale plaat van de GCP met een zekere spreiding in hoogteligging, veroorzaakt door de eerdergenoemde (on)nauwkeurigheden. Het verticaal refereren van de puntenwolk wordt handmatig uitgevoerd. Om de invloed van de menselijke interpretatie hierbij te minimaliseren, zijn alle opeenvolgende LiDAR puntenwolven in één beeld getoond. De persoon die de data verwerkt kan in de

de metingen kunnen worden vastgepijnd op een object dat niet onderhevig is aan bodembeweging (bijvoorbeeld een GCP). Voor grotere gebieden zouden vaste objecten in de omgeving nauwkeurig moeten worden ingemeten. Ook moet men er zeker van zijn dat deze objecten niet verplaatsen of dat er aanpassingen aan worden gedaan. Ook dit vergt afstemming met vele betrokkenen bij het opschalen en leidt mogelijk tot (lastig te herleiden) foutbronnen.

Tijdens de studie in Rouveen bleek dat nog veel handmatige bewerkingen nodig zijn om de puntenwolven correct te refereren aan de GCP's om de dataset op te schonen voor een optimaal LiDAR-resultaat. Met de opschaling naar grotere gebieden is echter meer automatische processing wenselijk, aangezien de grote hoeveelheid handmatige processing dan zeer arbeidsintensief (duur) wordt. Vanwege de gedetailleerde processing die nodig is voor het bepalen van kleine (<1cm) hoogteveranderingen in veenweidegebied, is het waarschijnlijk dat het automatiseren van de dataverwerking extra onnauwkeurigheid met zich meebrengt. Uit het onderzoek bleek dat over het algemeen de resultaten afkomstig van drone en vliegtuig met elkaar overeenkomen. Uiteindelijk worden de resultaten van beide methoden gelimiteerd door dezelfde onzekerheden. Bij de keuze tussen een drone of een vliegtuig gaat het veel meer om operationele aspecten, afhankelijk van het oppervlak van het studiegebied en de bereikbaarheid.

Gebruik van AHN

Hoogte-informatie vanuit LiDAR-metingen wordt door zowel overheden als commerciële partijen gebruikt voor een verscheidenheid aan toepassingen. Het AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland) is een nationaal dekkende hoogtedataset die is ingewonnen met LiDAR vanuit vliegtuigen. Het AHN kan mogelijk ingezet worden voor grootschalige monitoring van bodembeweging. Op basis van de resultaten van het onderzoek in Rouveen kan



seizoensgebonden bodembeweging
— lange-termijn bodemdaling

Tijd

Voor het bepalen van langtermijn bodemdaling zou steeds op hetzelfde moment in de cyclus de maaiveldhoogte moeten worden bepaald. (Bron: Deltares)

echter geconcludeerd worden dat de betrouwbaarheid van deze LiDAR-data onvoldoende is voor het structureel vlakdekkend monitoren van bodembeweging op (sub)centimeter schaal in veenweidegebied. De nauwkeurigheid van het AHN (circa 5 cm) is hiervoor doorgaans ontoereikend. Naast de nauwkeurigheid is ook puntdichtheid een belangrijke factor die meespeelt bij het gebruik van het AHN. De waarde hiervan ligt doorgaans tussen de 1 en 14 punten per vierkante meter. Met een dergelijk lage puntdichtheid is de kans dat er invloed van bijvoorbeeld lang gras in de hoogtedata zit relatief groot, ondanks dat bij het verwerken van LiDAR-data voor het AHN filtertechnieken toegepast worden om de invloed van vegetatie(hoogte) er zoveel mogelijk uit te halen. Ook wordt overwegend in de winter en het vroege voorjaar gevlogen, om de invloed van vegetatiehoogte te minimaliseren, maar omdat het inwinnen van de data weken duurt, is het waarschijnlijk dat in de data-inwinperiode toch verschillen in gewashoogte voorkomen. Het AHN kan wel worden ingezet voor het

vaststellen van relatief grote bodembewegingen over langere tijd (meerdere jaren tot decennia). De beweging zou dan minimaal groter moeten zijn dan de meefout (uitgaande van 5 cm, op grasland waarschijnlijk nog meer) en de seizoensgebonden dynamiek (orde grootte van 5 cm, lokaal kan dit meer zijn). Op basis hiervan zou de beweging dus minimaal 10 a 20 cm moeten bedragen om deze met voldoende betrouwbaarheid met het AHN vast te kunnen stellen. Bij een gemiddelde snelheid van 1 cm per jaar moet de periode waarvoor de beweging wordt bepaald dus 10-20 jaar bedragen; voor trends in bodembeweging zou deze periode meerdere decennia moeten zijn.

Sanneke van Asselen is senior onderzoeker bodemdaling bij Deltares; Gilles Erkens is hoofdonderzoeker team bodemdaling bij Deltares en verbonden aan de Universiteit Utrecht; Sean Zandbergen is bedrijfsmanager en Roeland de Zeeuw is directeur (beiden bij Shore Monitoring & Research); Francis de Graaf is specialist hydrologie bij het Waterschap Drents-Overijsselse Delta.



Schematische weergave van de opbrengst van LiDAR-data over gras van verschillende lengtes/dichtheid. Blauwe punten: datapunten op het maaiveld. Gele punten: Data afkomstig van gras. Links is het gras relatief kort en rechtstaand, waardoor een laserstraal tussen de grasspieren door het maaiveld kan bereiken. Het laagste punt binnen een gridcel is dan een goede representatie van de hoogte van het maaiveld binnen een (relatief kleine) gridcel. In het rechterdeel is te zien dat door een dichtbegroeid grasveld de meeste datapunten zich hoger bevinden dan het daadwerkelijke maaiveld. Binnen een gridcel is er dan dus een grotere kans dat er geen of minder datapunten van het maaiveld aanwezig zijn, wat kan leiden tot een overschatting van de maaiveldhoogte. (Bron: Shore Monitoring & Research)