Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

Onderzoek naar het *in-shore* toepassen van een *near-shore* bewezen techniek

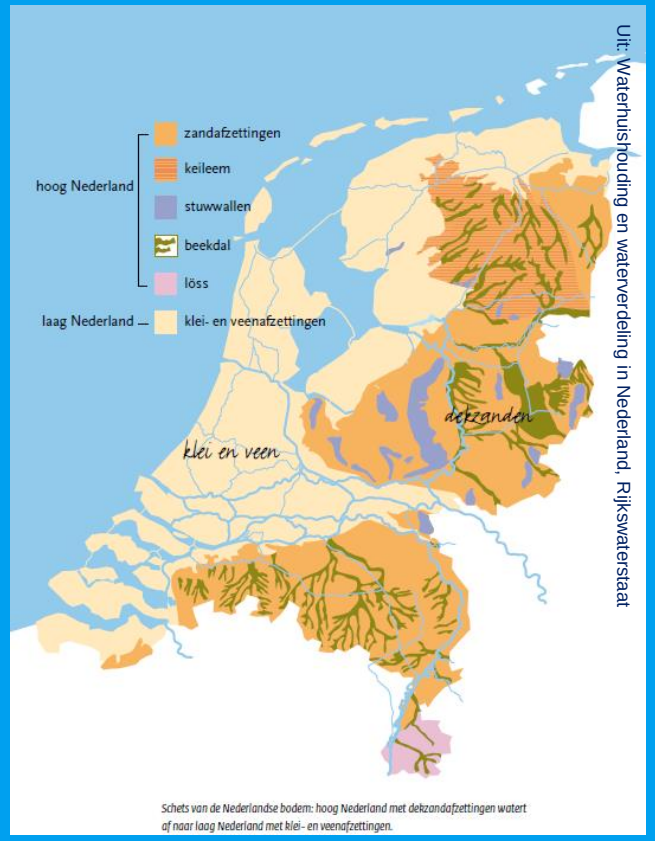
DAVID BATLLE
EDWIN TER HENNEPE
FRANK SMITS
LEO HARREN

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

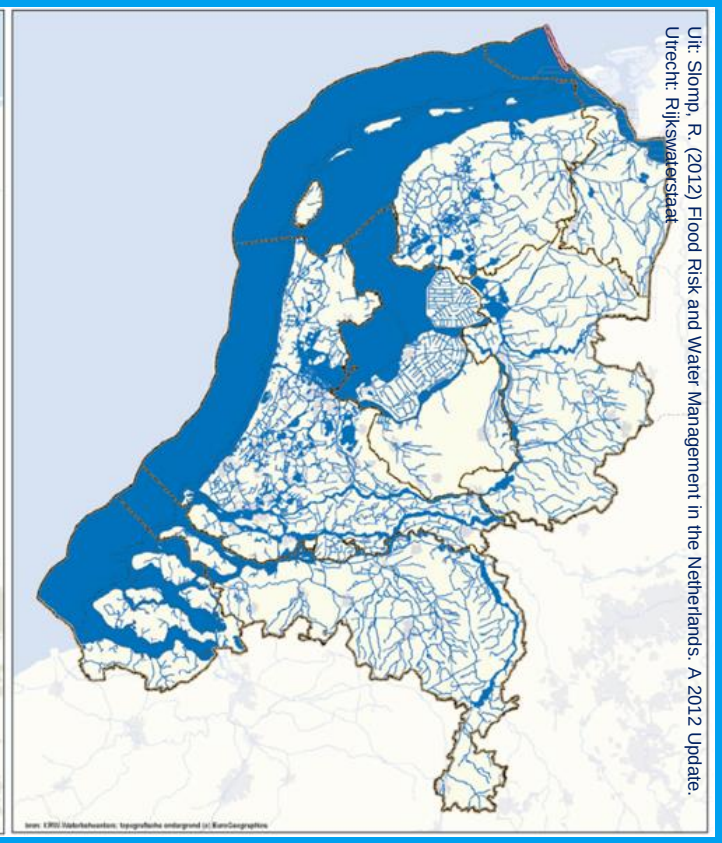
Bron: Venster op de Venen

Bron: Deepreef explorer

Kijken over de dijken … *in-shore*



Uit: Waterhuishouding en waterverdeling in Nederland, Rijkswaterstaat



Uit: Slomp, R. (2012) Flood Risk and Water Management in the Netherlands. A 2012 Update. Utrecht: Rijkswaterstaat

- waterschap Amstel, Gooi en Vecht: 10.000 km sloten, waarvan 1.500 km hoofdwatergang
- Laag Nederland: 300.000 km sloten

Sloten

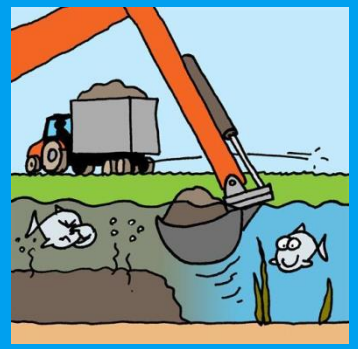
Bron: Venster op de Venen

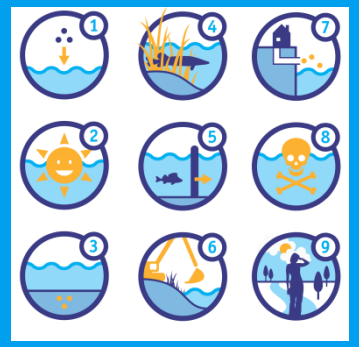
- Functies sloten
  - Aan- en afvoer
  - Berging, voorkomen wateroverlast
  - Kwaliteit, ecologie en biodiversiteit
  - Recreatie

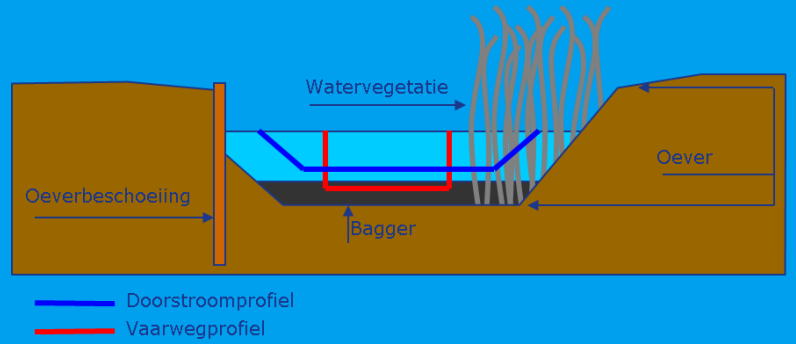
waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

Waarom inzicht in waterdiepte sloten belangrijk







waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

- Verondieping en invloed bagger
- Gebiedsscan waterdiepte
  - Inzicht in (oorzaak) verminderde functionaliteit (afvoercapaciteit, waterkwaliteit etc.)
  - Basis voor gesprekken met onderhoudsplichtigen
  - Programmering baggeropgave

    ‘van frequentie naar urgentie’
- Baggerprojecten sloten
  - monitoring resultaat

Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

Huidige meetkosten Waternet (jaarlijks)

Hoofdwatergangen

- €150.000 in- en uitpeilen afvoercapaciteit

Overig water

- € 50.000 monitoring kwaliteit puntlocaties
- € 0 sloten op vereiste diepte

Algemeen

- € 35.000 contributie AHN, topografie

€ 20.000 baggerproject GWV (250 km sloot)

Extrapolatie voor totaal 8.500 km sloot (overig water)

- € 680.000
- cyclus 5 jaar

€ 136.000 jaarlijkse kosten

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

Waarom andere techniek

- Meer aandacht voor herstel functionaliteit sloten
  (groeiende behoefte aan meer informatie)
- Minder arbeidsintensief
  bereikbaarheid
- Meer data/vlakdekkend
- Beperken toename kosten

Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

Sloten

Bron: Venster op de Venen

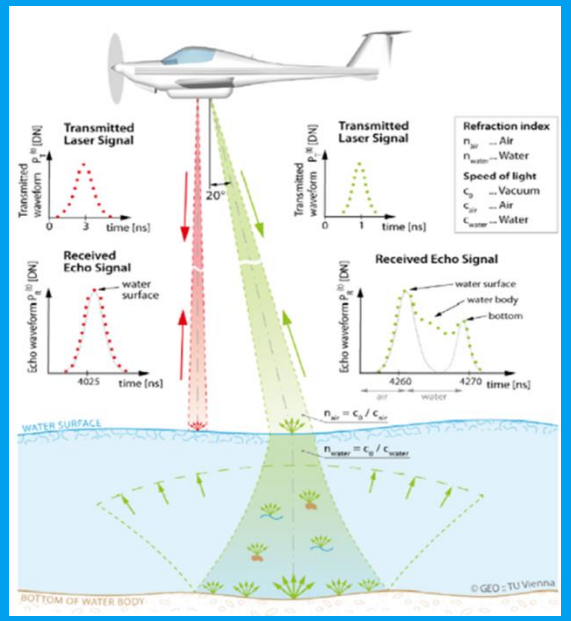
- Kenmerken sloten
  - Breedte sloten vanaf 2 meter
  - Waterdiepte vanaf 10 centimeter
  - Grote verschillen in waterpeil (op korte afstand)
  - Waterbodemtype
  - Waterkwaliteit verschillend (verontreinigingen, doorzicht)
  - Aanwezigheid vegetatie
  - Aanwezigheid obstakels

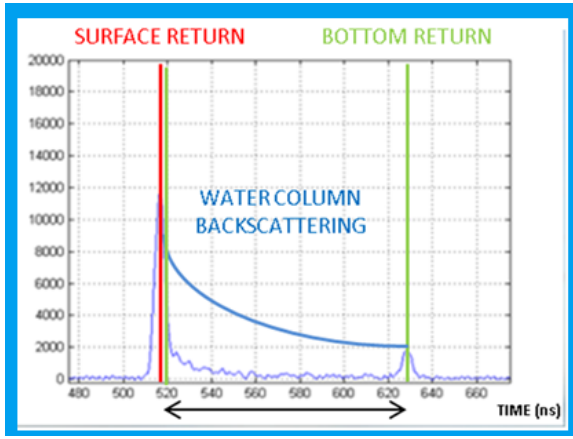
Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

Kijken over de dijken … *near-shore*

Near-shore Airborne Laser Bathymetrie

- Een bewezen techniek om de hoogte van de zeebodem te meten
- NIR-topo-laser en een groene bathy-laser





IT IS POSSIBLE TO CALCULATE DISTANCE FROM THE TARGET

THE TIME TAKING TO A SIGNAL TO PASS FROM THE TRANSMITTER TO A TARGET AND RETURN BACK TO THE RECEIVER
IS PROPORTIONAL TO THE DISTANCE TRAVEL BY THE SIGNAL

THE SPEED OF LIGHT IN AIR AND WATER

AIR	→	$3 * 10^8$	m/s
WATER	→	$2{,}25 * 10^8$	m/s

Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

Pilot


Foto Aerodata

Chiroptera II Leica

Vlucht

- 9 april 2015 in de middag
- Inwintijd: minder dan 4 uur
- Vlieghoogte: 400 meter
- Vliegsnelheid: 225 km/uur

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

- Inventarisatie technieken en marktpartijen

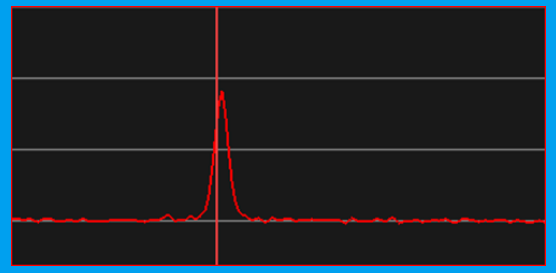
- Opdracht en eisen
  - In kaart brengen van het waterniveau en het niveau van de waterbodem om de waterdiepte te bepalen met een onnauwkeurigheid van 5 cm
  - Waterdiepten van 0,20 m zijn meetbaar

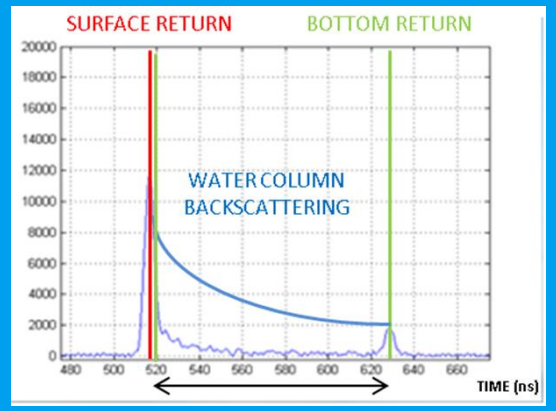
- Voorwaarde marktpartij
  - Doorzicht sloten voldoende

Financiering: Waternet, Stichtse Rijnlanden, provincie Utrecht en Het Waterschapshuis

Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

Pilot
geen resultaat





- Géén waterbodemhoogtes gemeten

Oorzaak

- Doorzicht van het water (aanwezigheid van licht absorberende en reflecterende stoffen)?
- Aard van de waterbodem (hard/zacht, licht/donker)?
- De afstand van de waterspiegel tot de waterbodem?
- De specificaties van de meetapparatuur om onder deze omstandigheden te functioneren?

Laseraltimetrie veelbelovend voor meten waterbodemdiepte in sloten

Switch

Edwin ter Hennepe

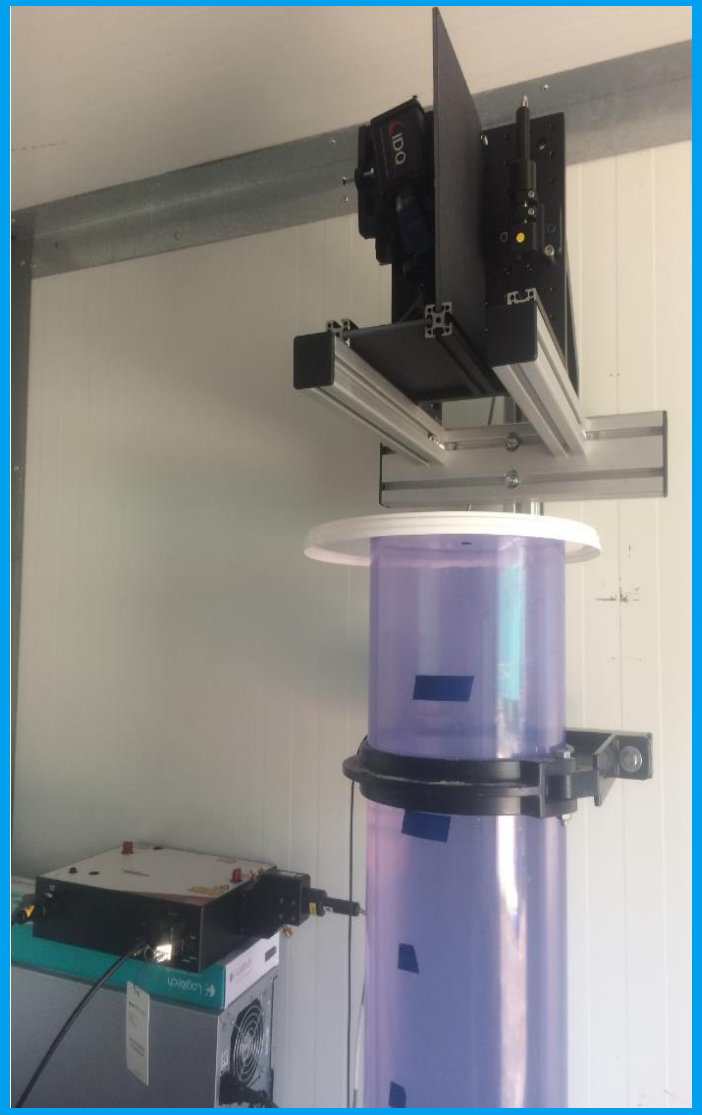
David Batlle

Switch

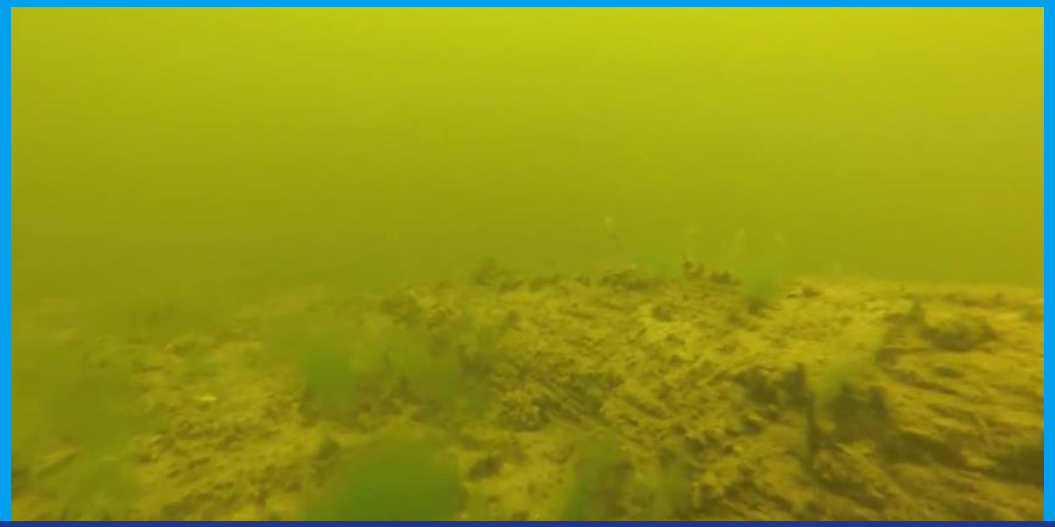
Nederlands

Engels

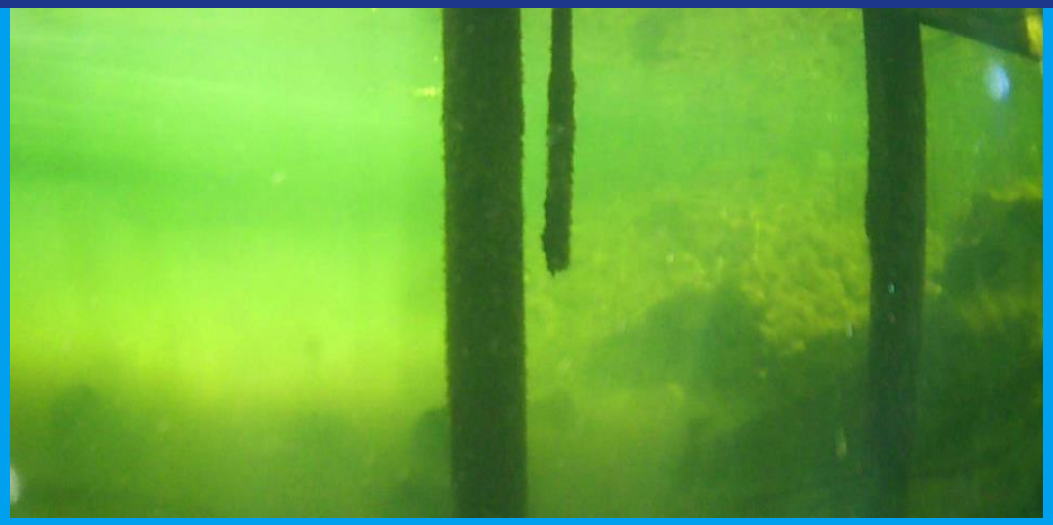
Our approach to face all these challenges



A different wavelength

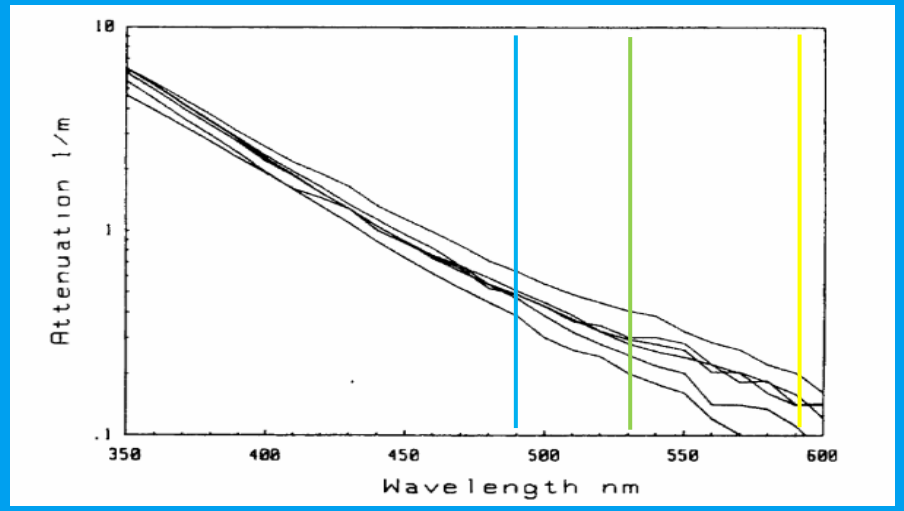


WATERS WITH DIFFERENT COLORS AND TURBIDITIES



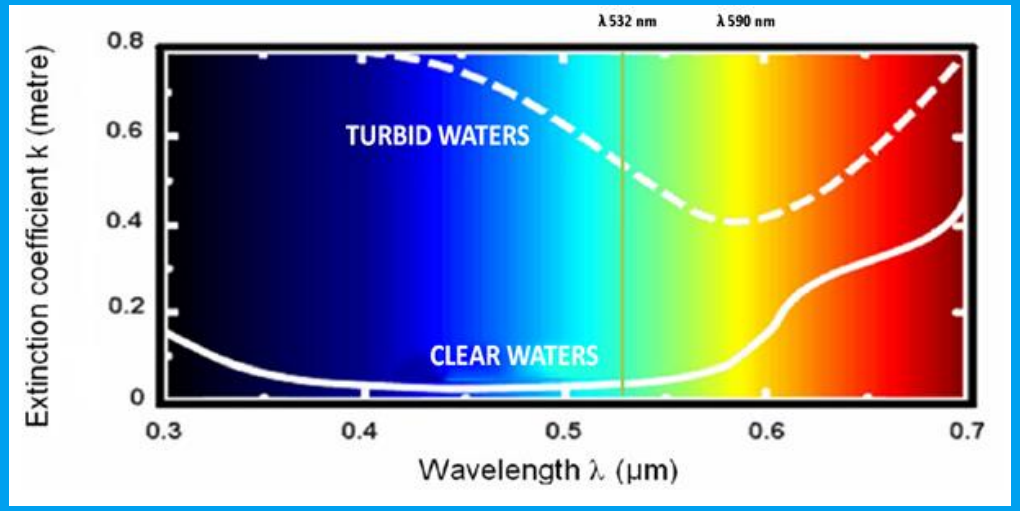
A different wavelength

HUMIC ACIDS



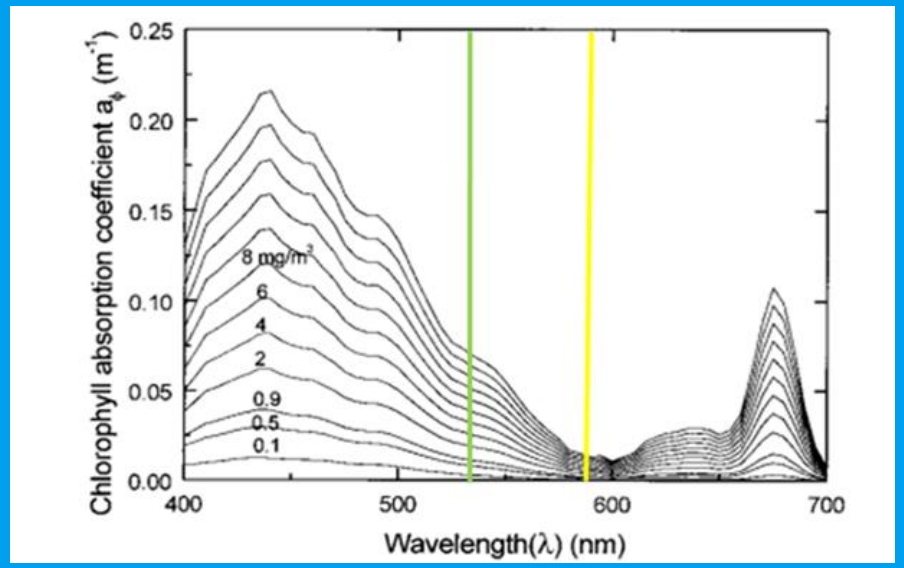
Buiteveld, 1988

TURBIDITY



Piel *et al.*, 2012

CHLOROPHYLL



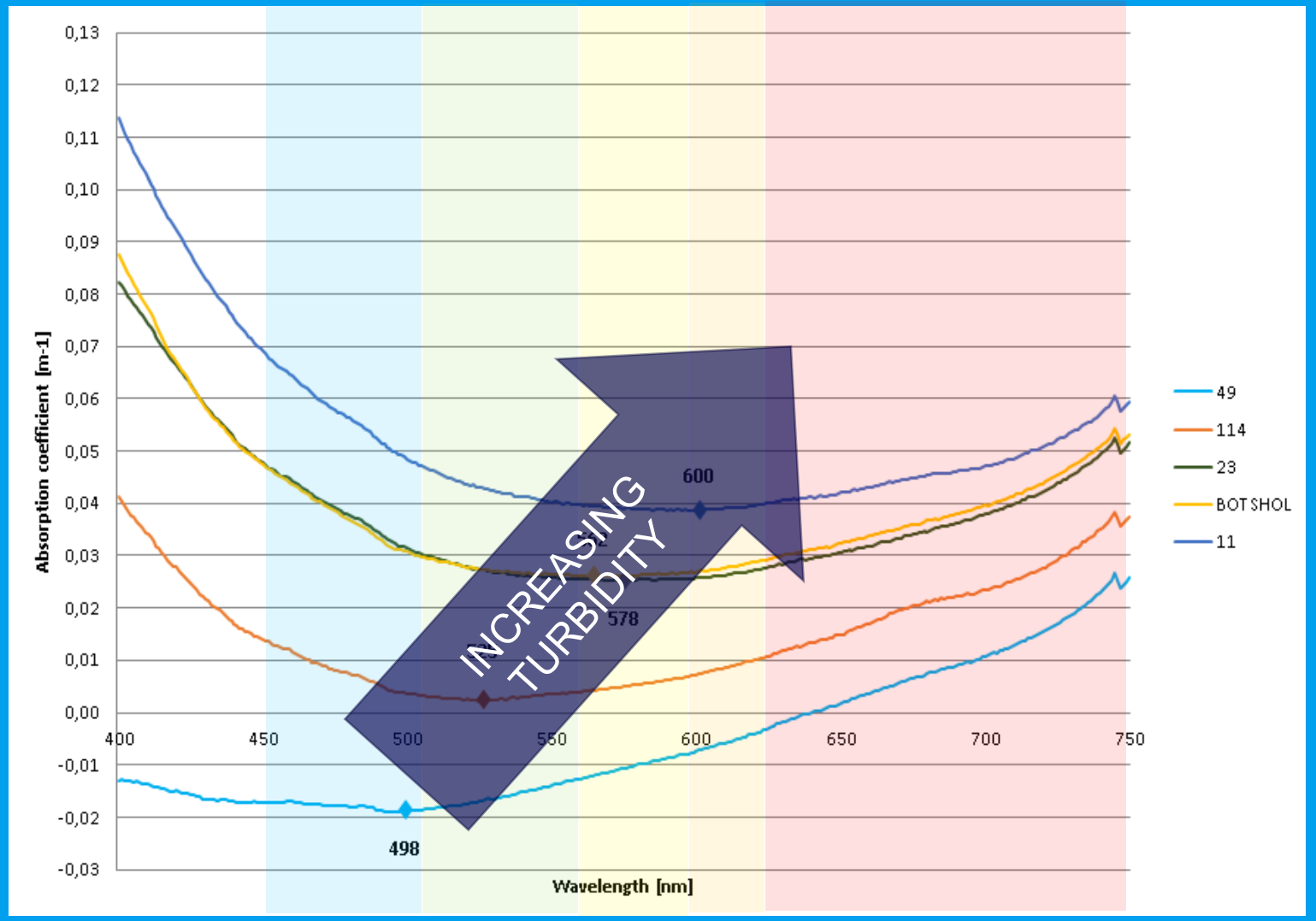
He *et al.*, 2000

IN TURBID WATERS WITH HUMIC ACIDS AND CHLOROPHYLL LEAST ATTENUATION SHIFTS TO YELLOW WAVELENGTHS

CONFIRMED BY OUR LAB TESTS IN 2016

IMPROVEMENT FACTOR ACCURACY OF 1.1
IMPROVEMENT FACTOR DEPTH OF 1.5

A different wavelength



Different bottom sediments

Supercontinuum lasers

490 nm

532 nm

590 nm

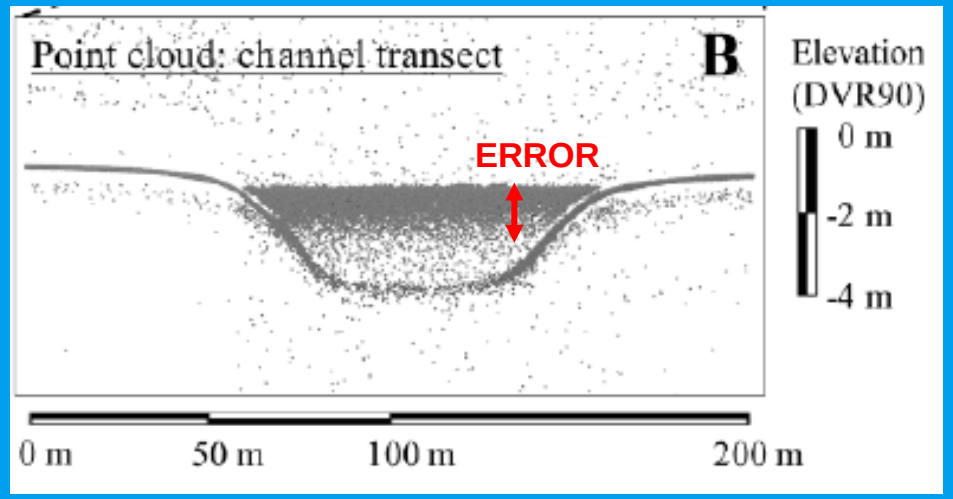
650 nm

BROAD RANGE OF WAVELENGTHS IN THE SAME LASER (~400 nm – ~2400 nm)

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

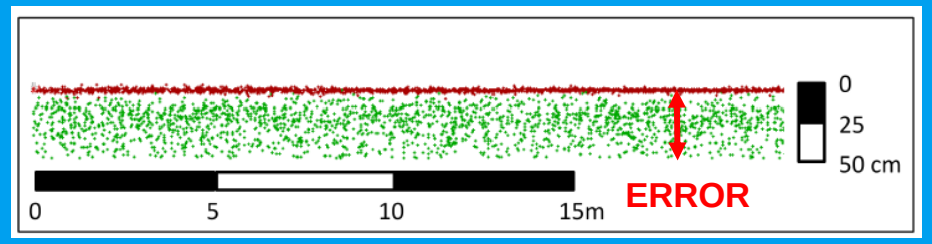
Supercontinuum lasers

USING SINGLE WAVELENGTH (532 nm)



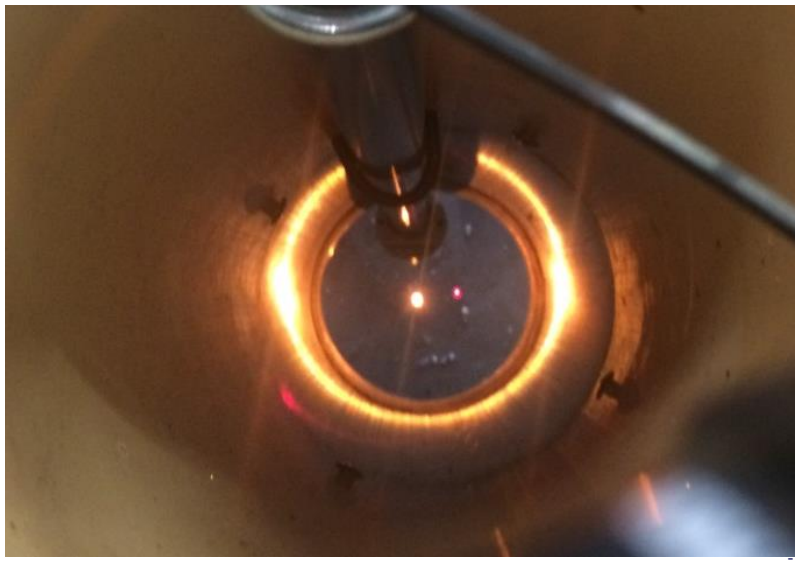
Andersen *et al.*, 2017

USING MULTI-WAVELENGTH (1064 nm AND 532 nm)



Mandlburger *et al.*, 2013

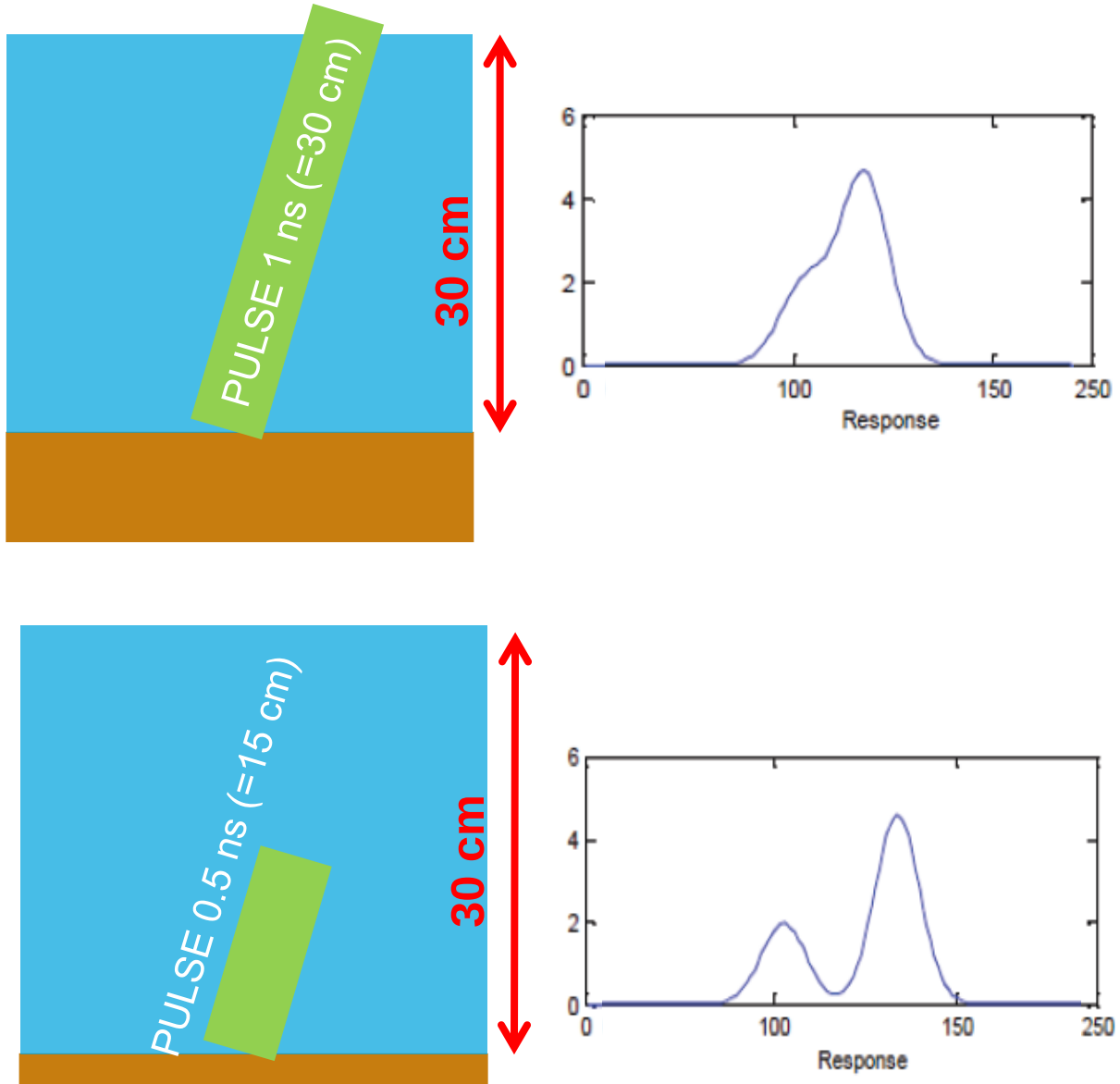
- SINGLE WAVELENGTH SYSTEMS (ONE LASER) PRONE TO ERRORS IN WATER LEVEL MEASUREMENTS
- INFRARED LASER IS ALSO NEEDED FOR ACCURATE MEASUREMENTS
- SUPERCONTINUUM LASERS HAVE VISIBLE + INFRARED IN ONE LASER



waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

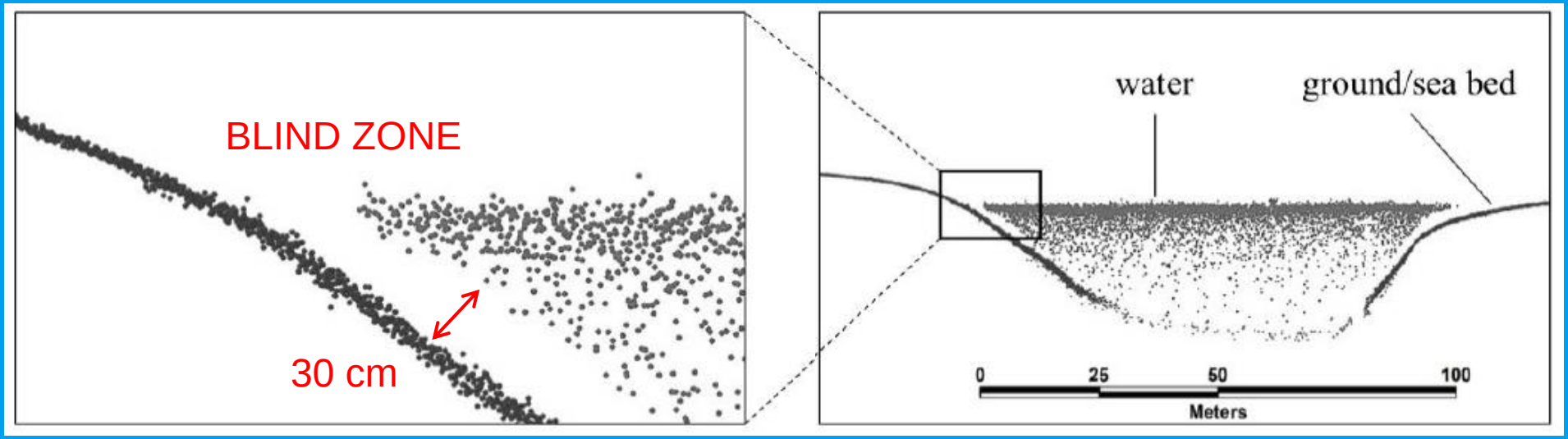
Short laser pulses

- THE MINIMUM MEASURABLE WATER DEPTH IS RELATED TO THE PULSE LENGTH OF THE LASER
- IF THE PULSE IS TOO LONG → FAILED WATER DEPTH MEASUREMENT



Short laser pulses

- MOST OF BATHYMETRIC LiDAR (PULSE WIDHT >1 ns) PRESENT A BLIND ZONE OF 30 cm
- NOT SUITABLE FOR VERY SHALLOW WATERS
- SUPERCONTINUUM LASERS HAVE EXTREMELY SHORT PULSES (x 1000 TIMES SHORTER)



Andersen *et al.*, 2017

Field tests 2017

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

PARTNERS INVOLVED

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

Universiteit van Amsterdam

NKT Photonics
the power of light

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

PicoQuant

Hoogheemraadschap van Rijnland

PHOTONIS | SCIENTIFIC DETECTORS

hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

IDQ
FROM VISION TO TECHNOLOGY

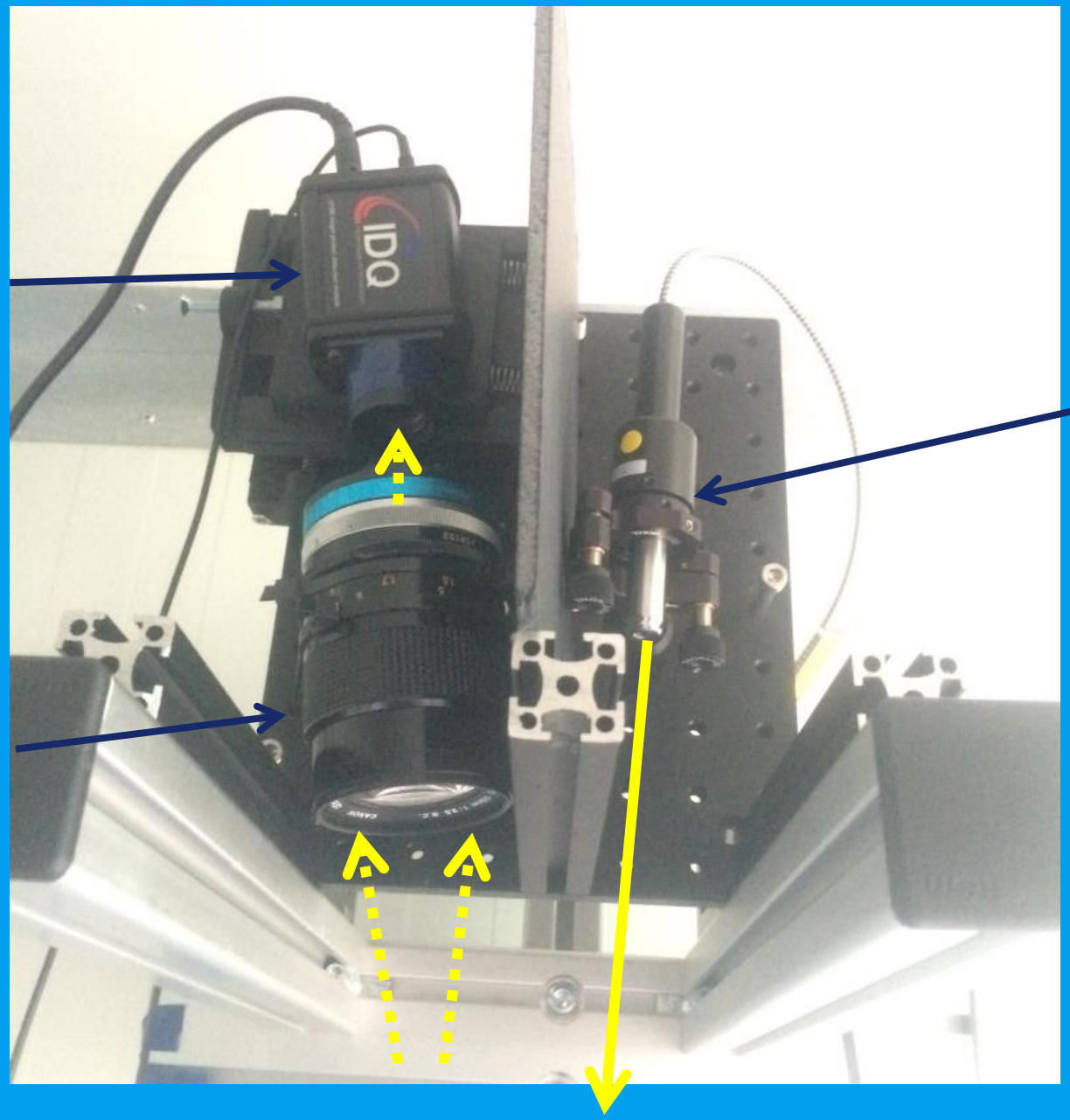
waterschap vallei en veluwe

LEUKOS
Innovative Optical Systems

Methods

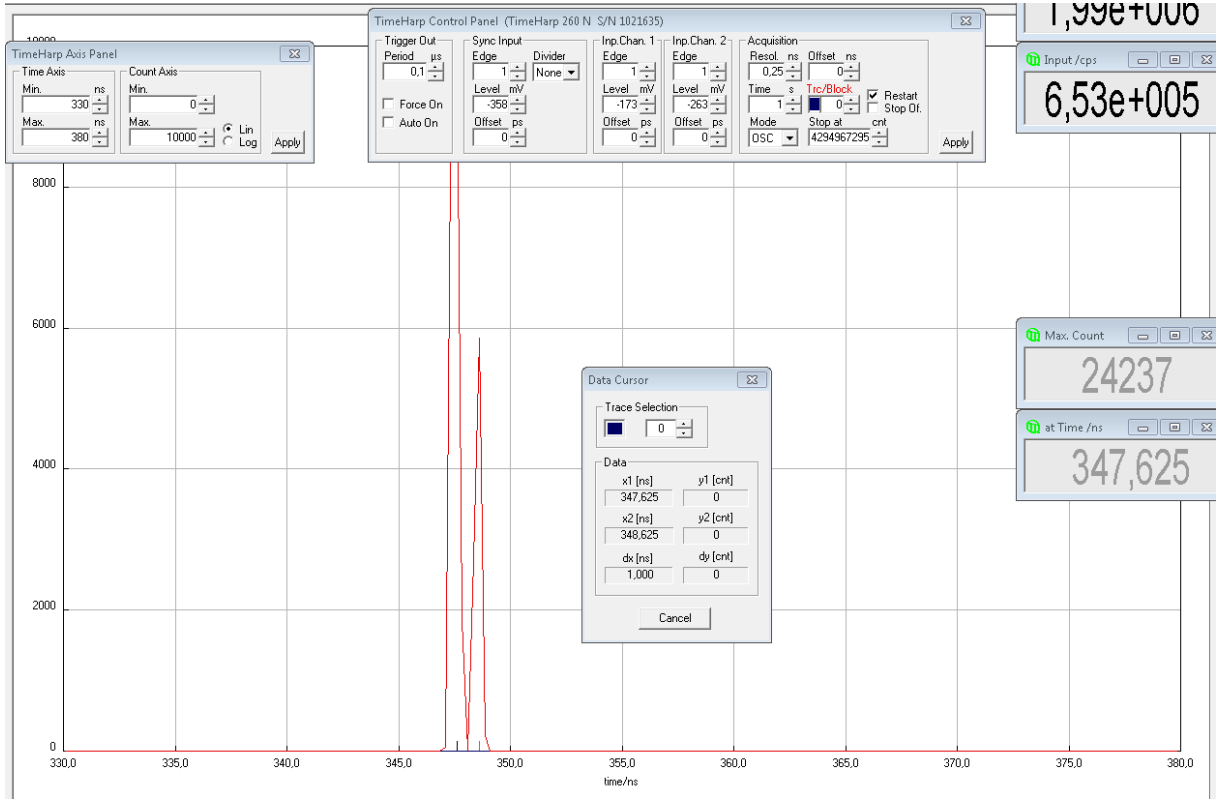
SINGLE PHOTON DETECTOR

RECEIVING OPTICS



SUPERCONTINUUM LASER

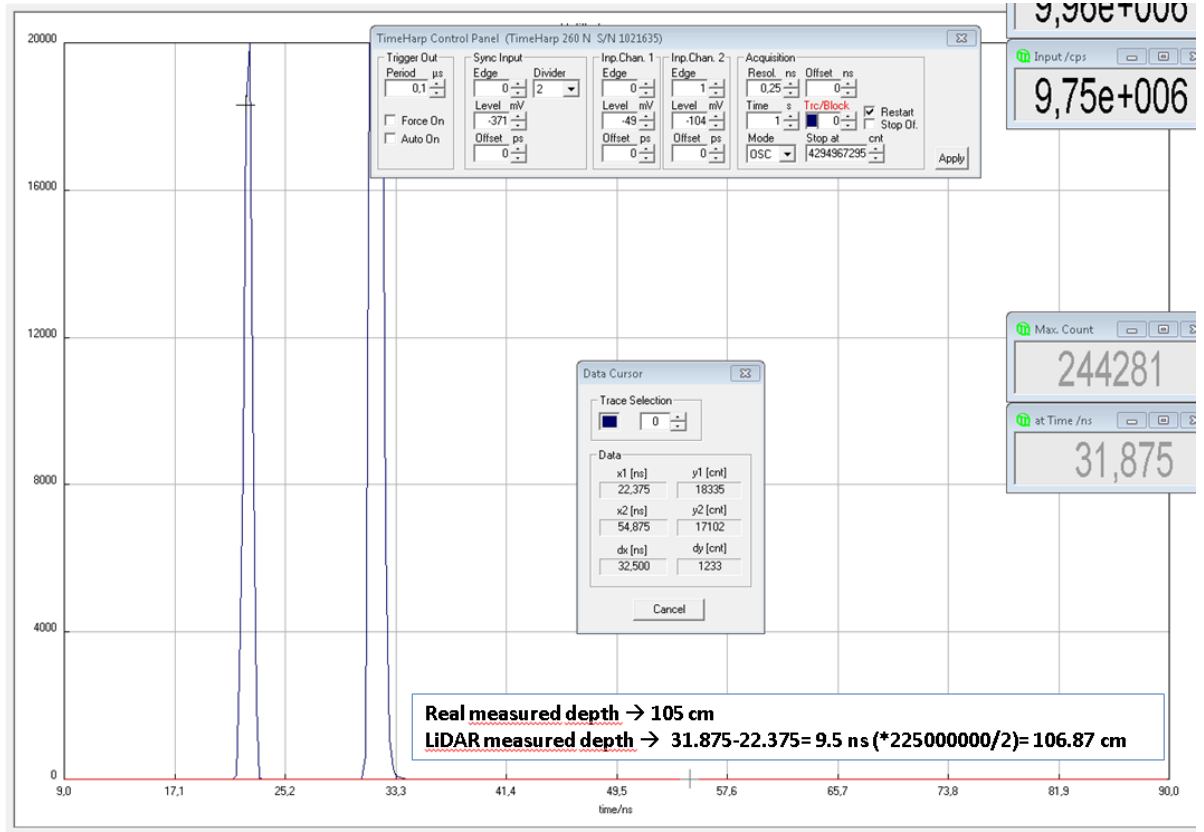
Tests 2017



Real measured depth → 11 cm
LiDAR measured depth → 1.000 ns=11.25 cm

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

Tests 2017



waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam

Results tests 2017

	Spiegelplas	Loenderveense plas	Sloterplas	Laboratory Amsterdam	Laboratory Leiduin
Measurements	4	3	5	9	12
Mean [cm]	2.63	3.74	5.80	2.94	0.88
Median [cm]	2.68	4.37	2.81	3.09	0.25
Standard deviation [cm]	1.79	1.07	5.46	1.08	1.40
Maximum depth [cm]	190	110	100	105	25
Minimum depth [cm]	28	80	90	62	11

AVERAGE ERROR = 2.56 cm **STANDARD DEVIATION = 2.89 cm**

Conclusions

- RESULTS SHOW THAT YELLOW WAVELENGTHS CAN PERFORM BETTER IN YELLOWISH COLORED TURBID WATERS AND BOTH IN DARK SANDS AS IN SLUDGE BOTTOMS THAN GREEN WAVELENGTHS
- WATER IS NOT THE MOST DECISIVE FACTOR (LOW ABSORPTION) → BOTTOM SEDIMENTS SEEMS MORE IMPORTANT IN SELECTING THE WAVELENGTH
- SUPERCONTINUUM LASERS → WAVELENGTH ADAPTATION TO THE DIFFERENT WATER AND BOTTOM SEDIMENT CONDITIONS
- USING SUPERCONTINUUM LASERS MULTI-WAVELENGTH SETUP WITH ONLY ONE LASER SOURCE → MORE ACCURACY IN MEASURING WATER LEVELS

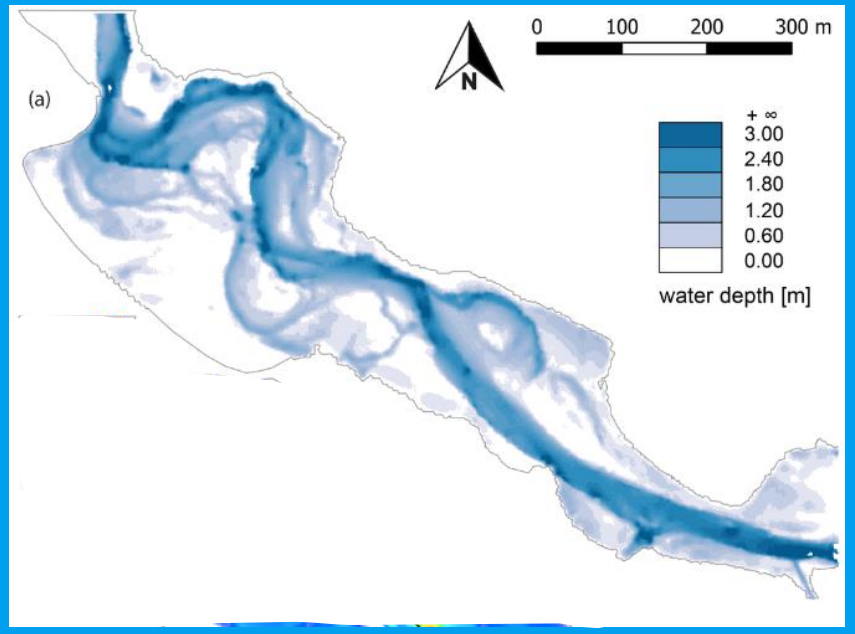
Conclusions

- ONLY THE TOP LAYER OF THE SLUDGE CAN BE MEASURED → NO SLUDGE THICKNESS
- MEASUREMENTS DOWN TO 10 cm DEPTH IN REAL TIME ARE POSSIBLE
- MEASUREMENTS CAN BE DONE IN SHALLOW TURBID DITCHES AND LAKES WITH SLUDGE BOTTOMS

Follow-up

- RIEGL LASER SYSTEMS (AUSTRIA) → MORE THAN 30 YEARS EXPERIENCE IN SURVEYING
- FIELD TESTS IN RIVERS
- DEVELOPMENT OF AN ALB FOR A UAV

http://www.riegl.com



Mandlburger *et al.*, 2015

edwin.ter.hennepe@waternet.nl

dbatllevz@gmail.com

waternet
waterschap amstel gooi en vecht
gemeente amsterdam