

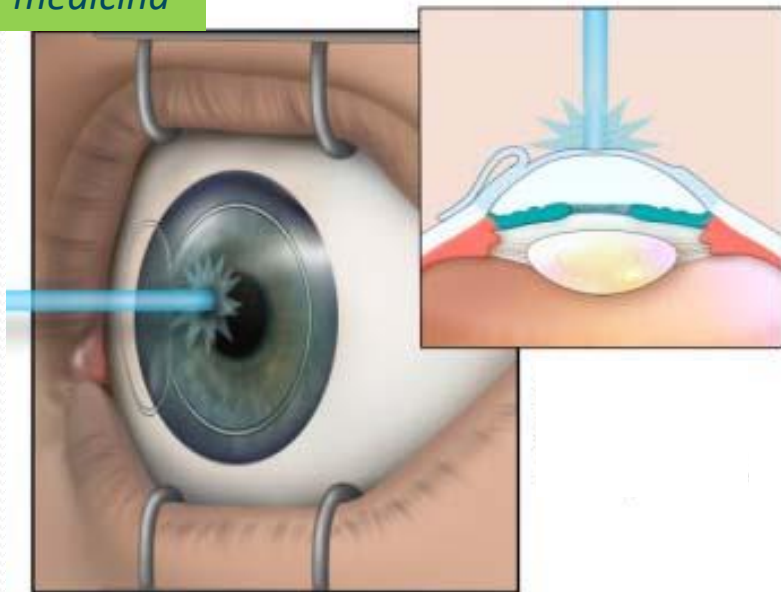


Zajem kompleksne vodne gladine z laserskim skenerjem

viš. pred. mag. Gašper Rak, prof. dr. Marko Hočevar, prof. dr. Franc Steinman

Laserska tehnologija (široko področje uporabe):

medicina



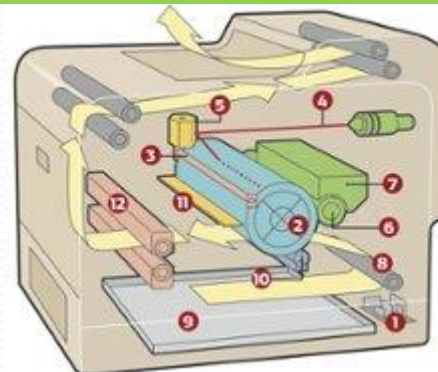
strojništvo



Znanstvene raziskave

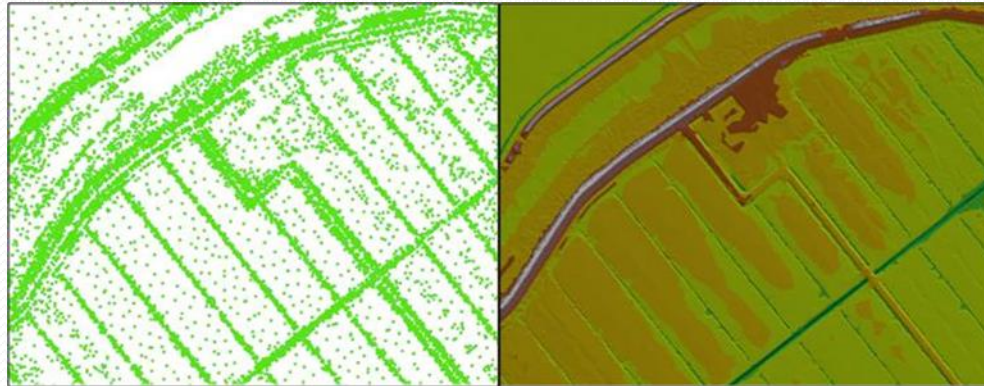


Vsakodnevni pripomočki (meter, tiskalnik,...)

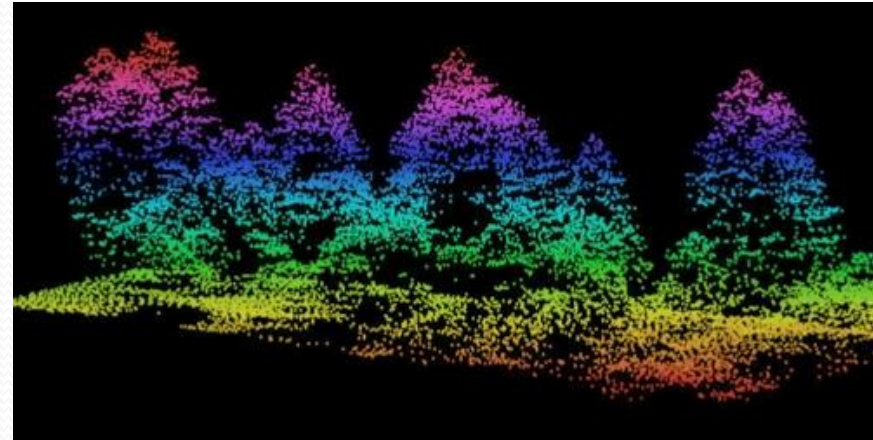


Daljinsko zaznavanje – LIDAR (Light Detection And Ranging):

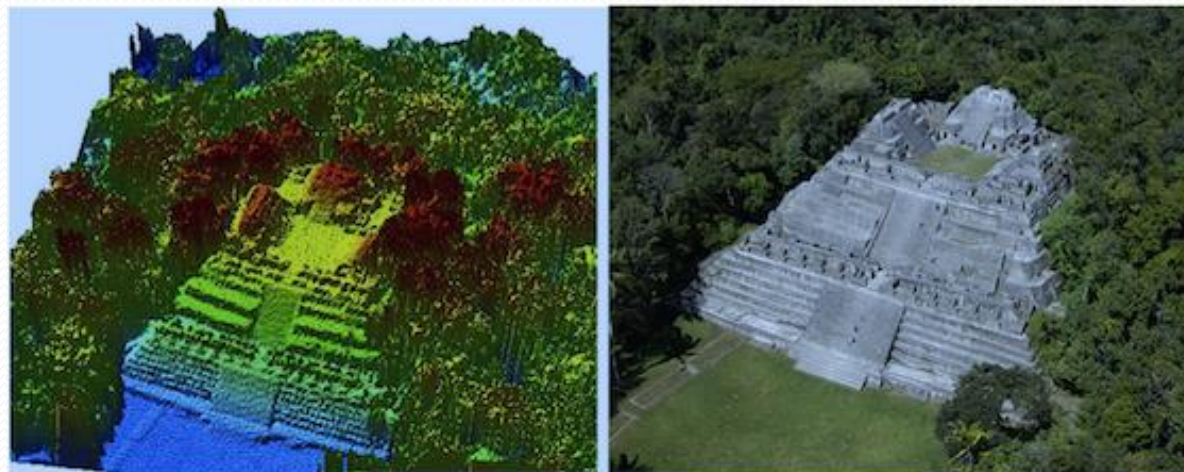
Geodezija



Gozdarstvo in kmetijstvo



Arheologija



Promet (kontrola, štetje, varnost)



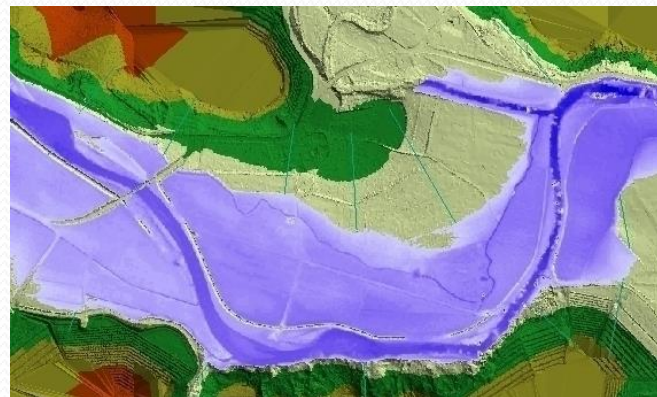
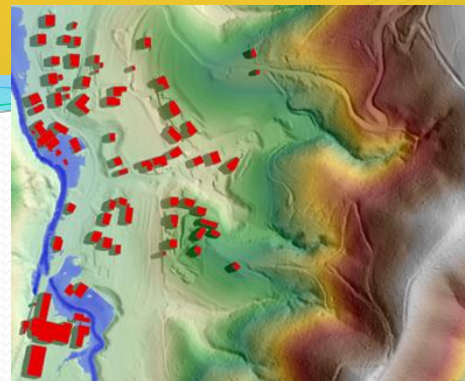
LIDAR – meritve vodne gladine??

Geodezija:

- ❖ Pri zajemu topografije terena s tehnologijo LIDAR na območju vodnih teles so rezultati slabi (neuporabni)
- ❖ Dno, delci v vodnem telesu, gladina, objekt??
- ❖ Posebnosti interakcije med svetlobo in vodno gladino

Posebni primeri??

- ❖ Dodajanje delcev za povečanje motnosti in s tem difuznega odboja
- ❖ Naravni procesi – penjenje, dvofazni tok...
- ❖ Zakaj iskanje novih merilnih metod ob številnih natančnih, preizkušenih in zanesljivih metodah??
- ❖ Področja, kjer druge metode ne dajo zadovoljljivih rezultatov...



Raziskava – katera merilna naprava ima primerne lastnosti, točnost, ... ?

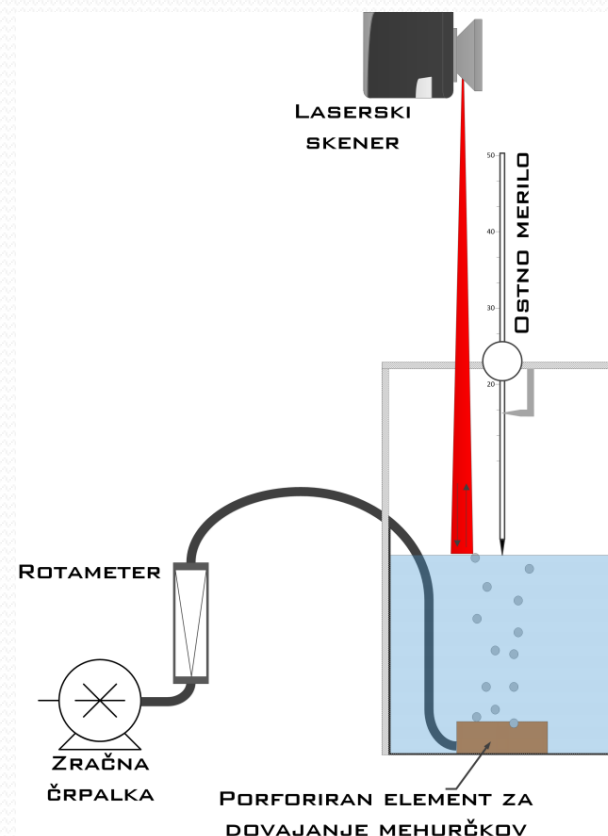
Uporabljeni **industrijski** napravi – 2D laserska skenerja proizvajalca SICK AG



	Frekvenca skeniranja [Hz]	Razpon meritev [°]	Kotna ločljivost [°]	Delovno območje [m]	Sistematična napaka [mm]	Merilna negotovost [mm]	Valovna dolžina [nm]	Premer laserskega snopa [mm]
LMS111	25 and 50	270	0.25 and 0.5	0.5 - 50	±30	±12	905	razdalja*0.015 rad + 8
LMS400	270 - 500	70	0.1 – 1.0	0.7 - 3	±4	±3	650	2
LMS511	25 - 100	190	0.16 – 1.0	0 - 80	±25	±12	905	razdalja*0.011 rad + 13

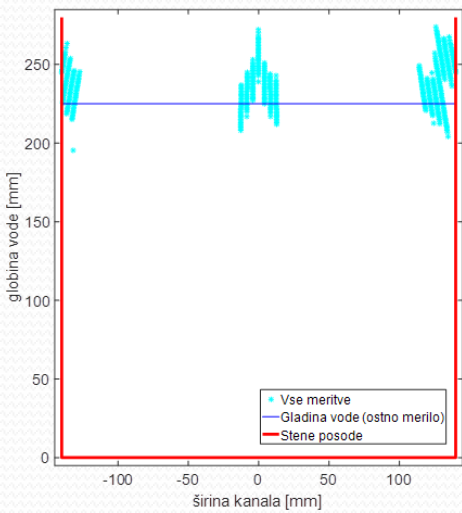
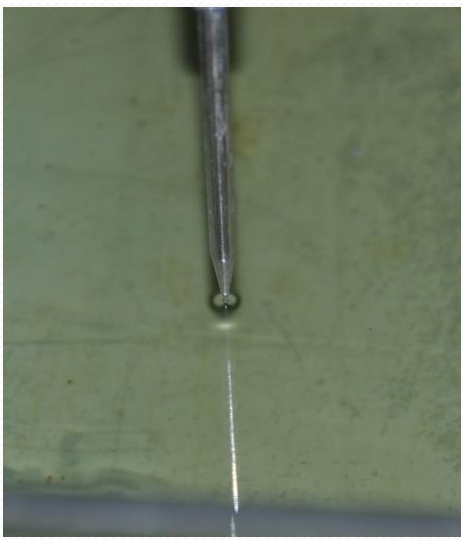
Verifikacija merilne metode – meritve gladine stoječe vode (čiste oz. z dodatki)

	Čista voda	Injicirani mehurčki	Milnica na gladini	Barvilo Thymolphthalein	Barvilo Methyl Orange	Plavači
Ostno merilo	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LMS400	✓	✓	✓	✗	✗	✗
LMS511	✓	✓	✓	✓	✓	✓

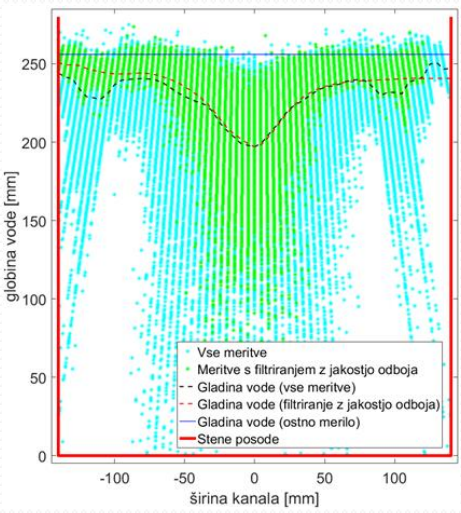
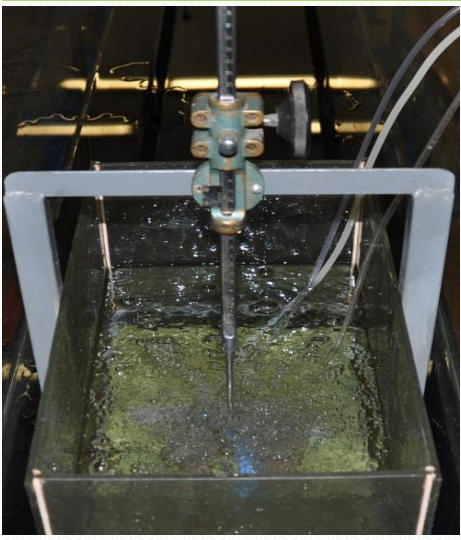


Verifikacija merilne metode – meritve stoječe vode

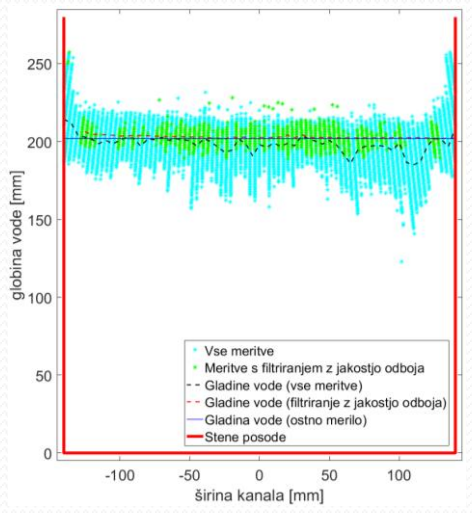
Čista voda



Vpihovanje mehurčkov (odboj po globini)



Sloj milnice na površini



Verifikacija merilne metode – meritve stoječe vode

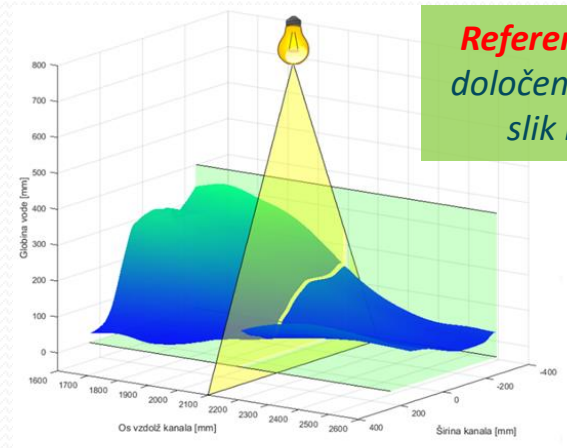
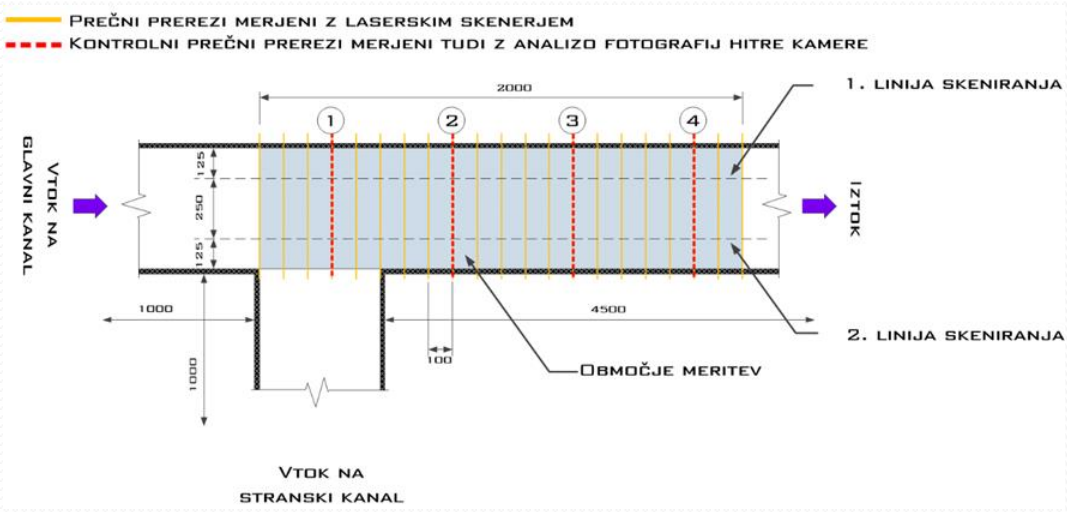
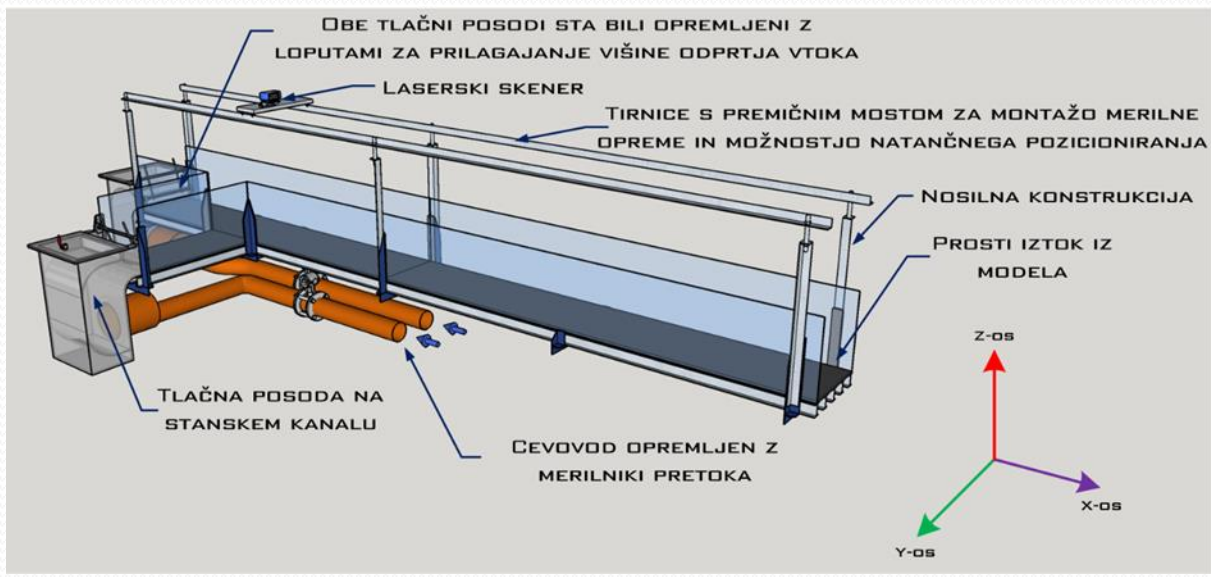
LMS400

#	Čista voda			Vpihovanje mehurčkov				Tanek sloj milnice			
	Globina vode		Napaka	Globina vode			Napaka	Globina vode			Napaka
	Ostno merilo	Laserski skener		Ostno merilo	Laserski skener	Filtriranje		Ostno merilo	Laserski skener	Filtriranje	
[mm]			[mm]				[mm]				
1	247.5	201	-46.5	250	123	183	-67	250	245	250	0
2	226.9	77	-149.9	225	124	161	-64	224	219	223	-1
3	205.8	46	-159.8	201	96	137	-64	200	196	200	1
4	189	134	-55	174	84	112	-62	177	172	175	-1
5	167	63	-104	147	71	93	-54	152	148	149	-3
6	146.8	87	-59.8	123	65	77	-46	127	121	125	-2
7	125.5	54	-71.5	97	48	56	-41	102	98	101	-1
8	107.1	66	-41.1	72	38	45	-27	79	75	78	-1
9	86.2	56	-30.2	53	29	35	-18	54	49	51	-2
10	66	47	-19	39	25	27	-12	30	27	30	1
err:			-73.7	err:			-45.5	err:			-0.9

LMS511

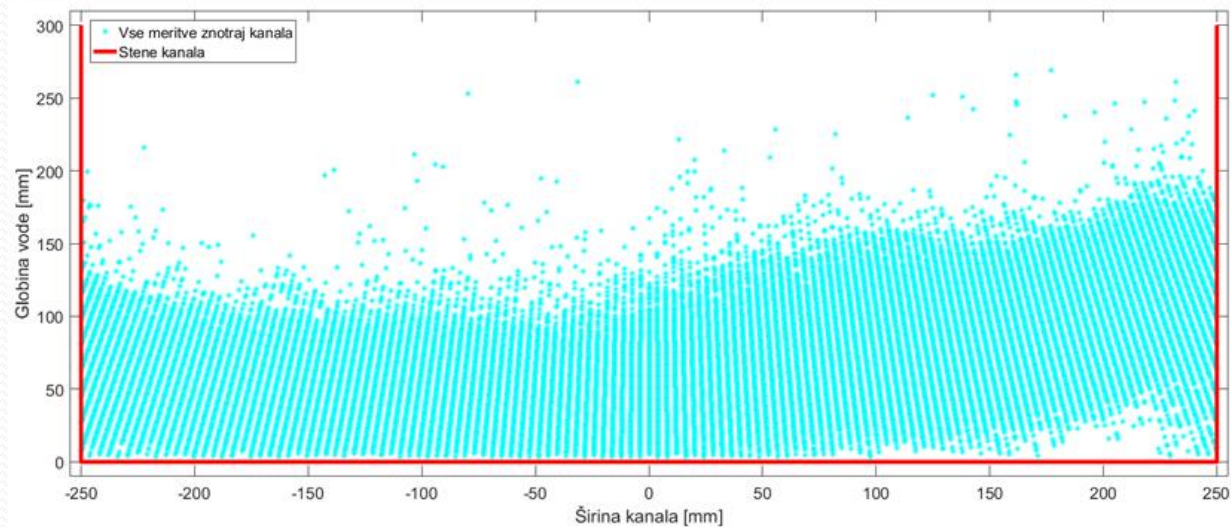
#	Čista voda			Vpihovanje mehurčkov				Tanek sloj milnice			
	Globina vode		Napaka	Globina vode			Napaka	Globina vode			Napaka
	Ostno merilo	Laserski skener		Ostno merilo	Laserski skener	Filtriranje		Ostno merilo	Laserski skener	Filtriranje	
[mm]			[mm]				[mm]				
1	246.9	279	32	256	223	225	-31	256	253	254	-2
2	222.9	255	32	232	190	191	-41	230	224	226	-4
3	202.6	235	32.3	209	157	160	-49	207	204	206	-1
4	177.5	208	30.4	185	131	138	-47	190	178	179	-11
5	154	183	28.9	163	113	117	-46	155	142	144	-11
6	130	157	26.9	139	80	90	-49	140	124	126	-14
7	104.9	130	25	115	51	66	-49	117	99	100	-17
8	81.1	104	22.8	93	38	46	-47	94	76	78	-16
9	53.6	75	21.3	71	35	37	-34	77	62	67	-10
10	28.7	48	19.2	47	17	20	-27	48	34	37	-11
err:			27.1	err:			-41.2	err:			-9.7

Verifikacija merilne metode – meritve gladine na sotočju pri deročem toku

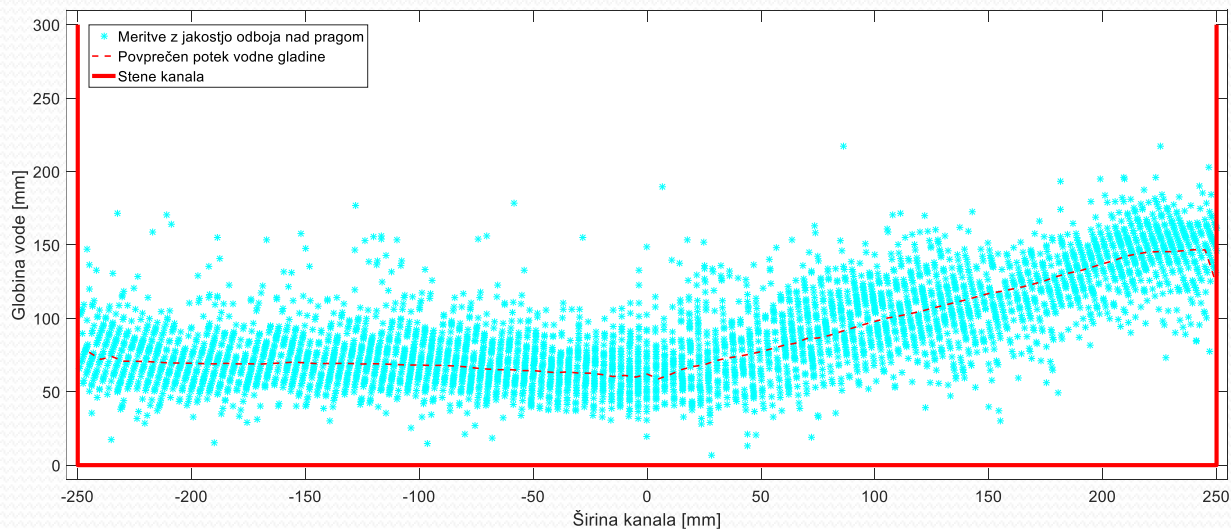


Verifikacija merilne metode – meritve gladine na sotočju pri deročem toku

Oblak točk znotraj kanala brez upoštevanja jakosti odboja

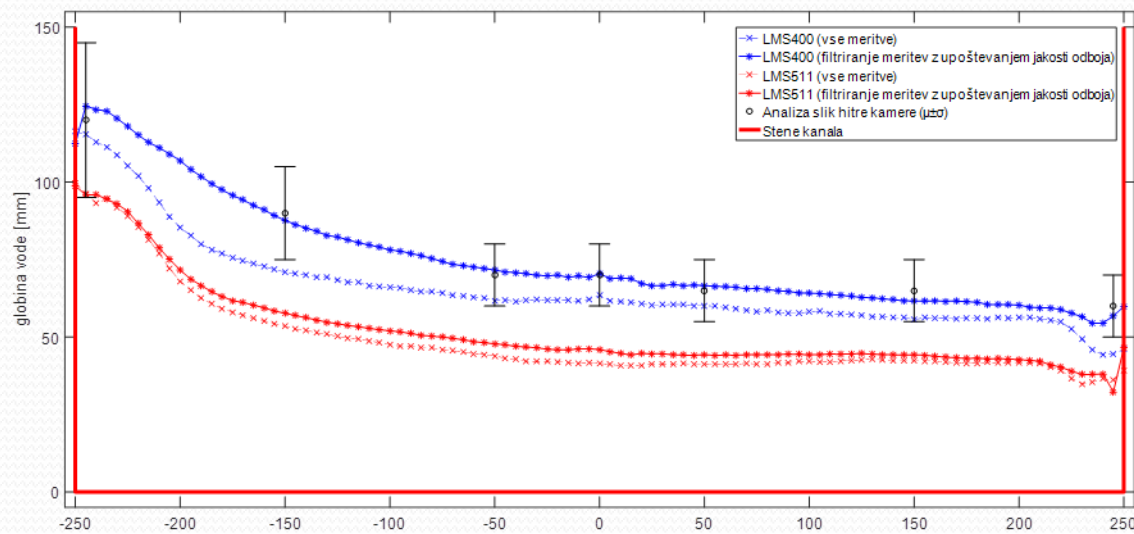


Oblak točk znotraj kanala z upoštevanjem jakosti odboja

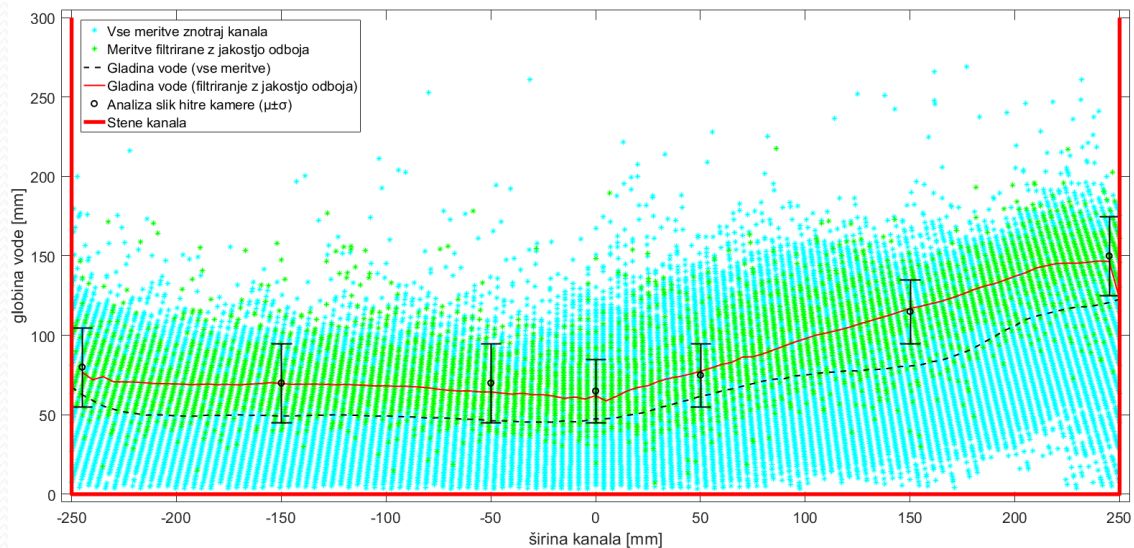


Verifikacija merilne metode – meritve prečne gladine na sotočju pri deročem toku

Izvrrednoten potek gladine



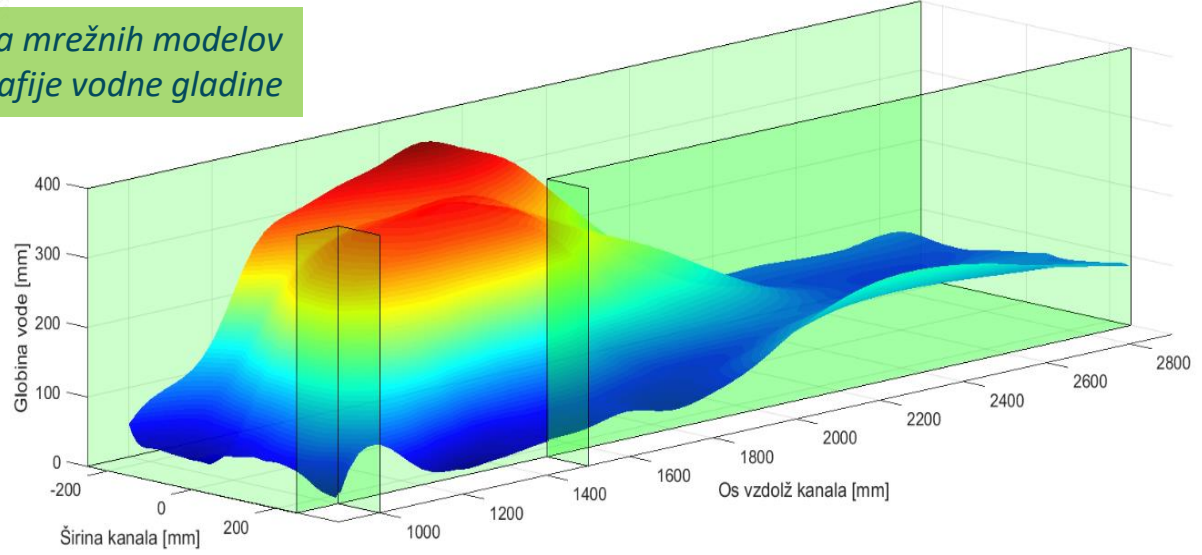
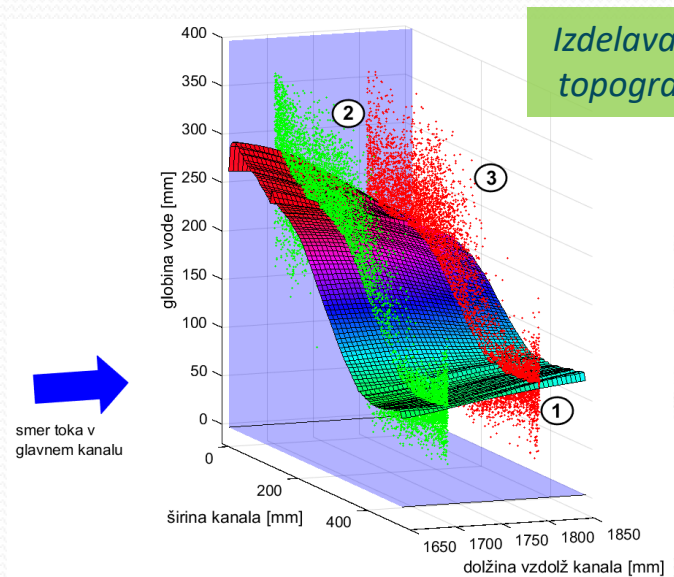
Ocena fluktuacij vodne gladine



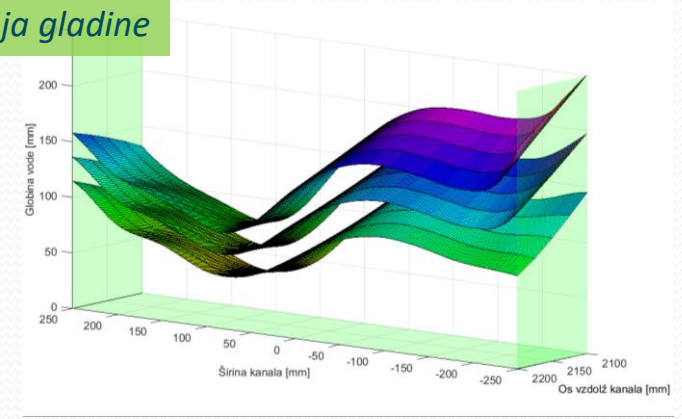
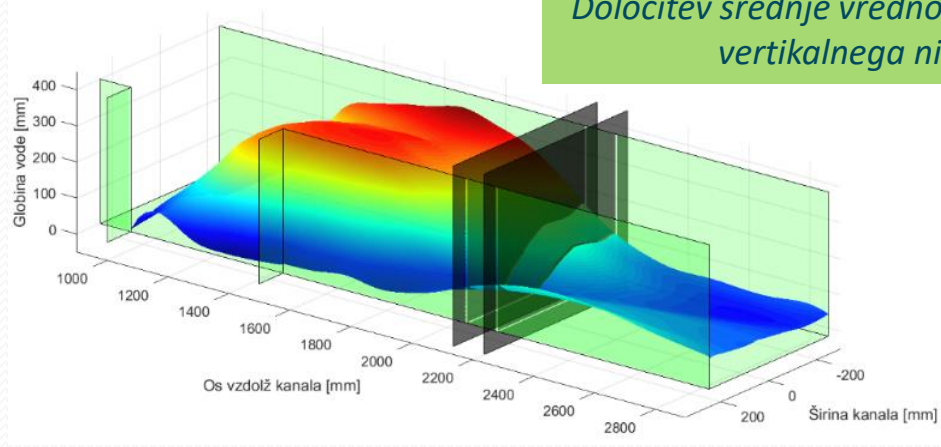
Primerjava nivoja in fluktuacij izmerjenih s hitro kamero!

Topografija vodne gladine na območju sotočja dveh deročih dotokov

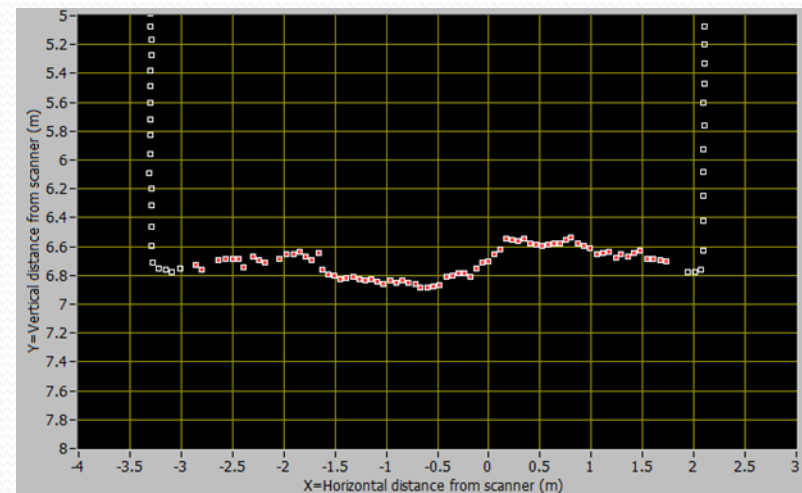
Izdelava mrežnih modelov topografije vodne gladine



Določitev srednje vrednosti in ovojnice vertikalnega nihanja gladine



LIDAR meritve vodne gladine v praksi – odzračevalni jašek 2. agregata HE Doblar I



<i>meritev</i>	<i>Meritev LMS</i>	<i>Kota spodnje vode</i>	<i>Standardna deviacija</i>
<i>[-]</i>	<i>[m]</i>	<i>[m n.v.]</i>	<i>[m]</i>
1	6.8	105.43	0.09
2	6.79	105.44	0.09
3	6.78	105.45	0.09
4	6.78	105.45	0.1
5	6.78	105.45	0.09
6	6.77	105.46	0.1
7	6.79	105.44	0.09
8	6.78	105.45	0.1
9	6.77	105.46	0.1
10	6.78	105.45	0.1

Pogoji za uspešne meritve vodne gladine in prednosti pred ostalimi metodami

- ❖ Uspešne meritve je mogoče opraviti z dodajanjem **delcev** za povečanje kalnosti in difuznega odboja
- ❖ V primeru izrazitega **dvofaznega toka** je merilna metoda primerna tudi za meritve čiste vode
- ❖ Potrebna natančna presoja surovega oblaka točk, poznavanje merilne opreme in previdnost pri uporabi pri manj izrazitih dvofaznih tokovih
- ❖ Filtriranje podatkov z upoštevanjem **jakosti odboja**

Prednosti:

- ❖ Možnost **brezkontaktnih** meritev z veliko časovno in prostorsko ločljivostjo (tj. brez posega v vodni tok)
- ❖ Natančna izmera **topografije** vodne gladine pri kompleksnih hidravličnih pojavih s turbulentnim tokom in močno vertikalno ter horizontalno **dinamiko**
- ❖ **Robustnost** merilne metode z razmeroma enostavno obdelavo podatkov
- ❖ Obdelava surovega oblaka točk meritev z laserskim skeniranjem omogoča konstruiranje topografije vodne gladine,
- ❖ topografija gladine omogoča nadaljnje **analize tokovnih razmer**, določitev struktur vodnega toka ipd.
- ❖ že prve izkušnje z meritvami na **terenu** !



Hvala za pozornost