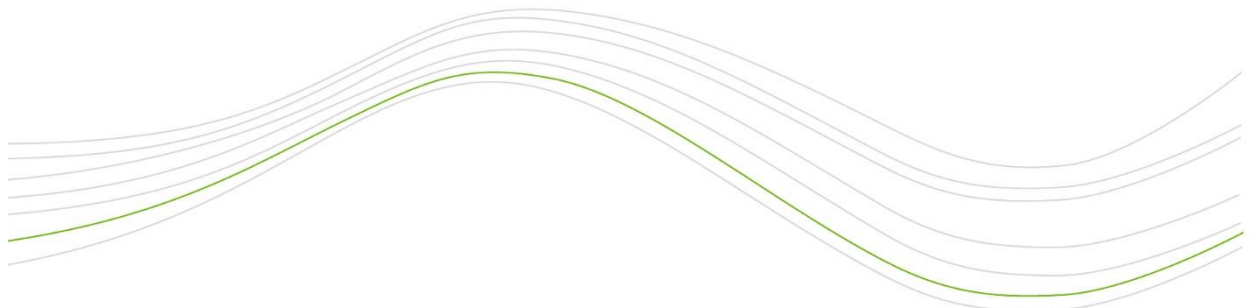
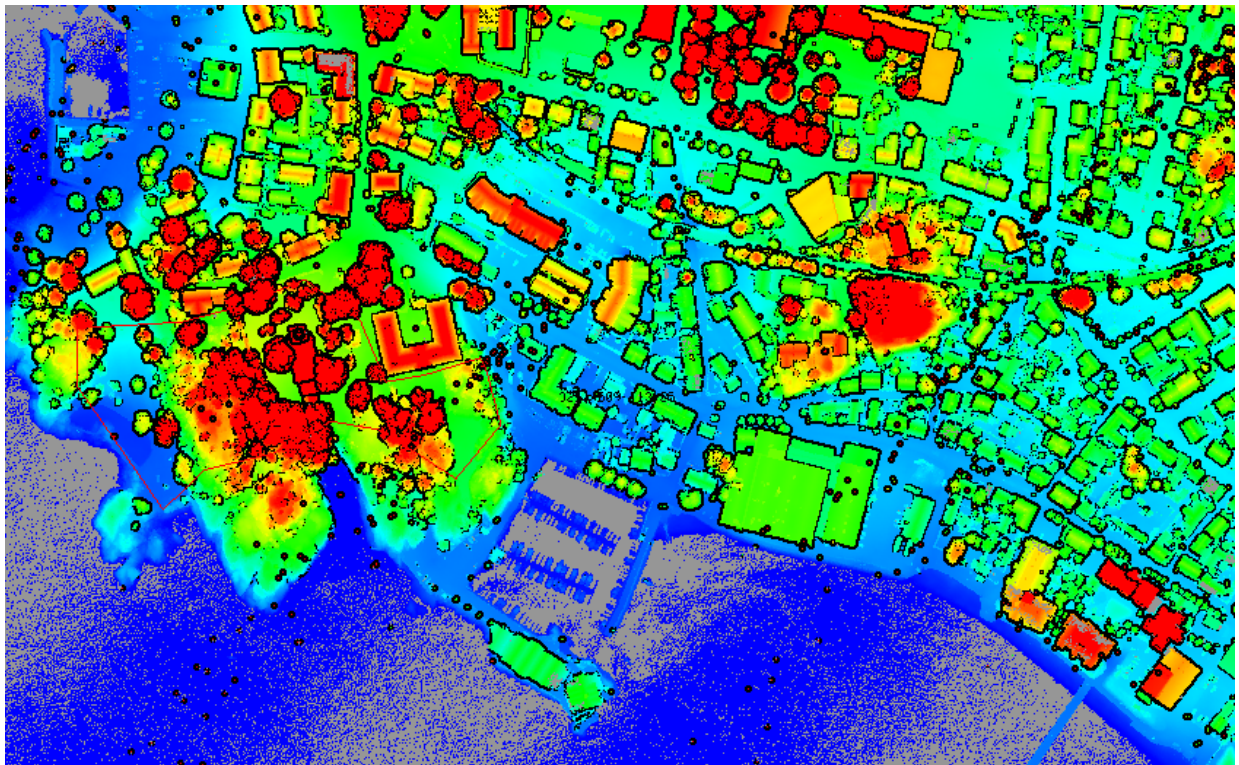




Kartverket

RAPPORT /PUBLIKASJON /VEILEDER

Test kvalitetsforskjell på laserskanning 2, 5 og 10 pkt/m²



RAPPORT

Test kvalitetsforskjell på laserskanning 2, 5 og 10 pkt/m²

Dato: Juni 2023

Forfatter/redaktør: Ivar Oveland

Bidragstere: Steinar Kjellevik Karlsen, Andre Torsnes

Innhold

1	Bakgrunn.....	1
2	Bestilling	1
3	Nøyaktighet og penetrering for ulike vegetasjonstyper.	3
3.1	Forklaring av tabellen.....	3
3.2	Tabell resultater	4
4	Andre momenter.....	8
4.1	Støypunkter.....	8
4.2	Utvidet skanner vinkel	10
4.3	Ledning.....	11
4.4	Fotavtrykk Riegl Q1560	13
4.5	Parametersetting Riegl VQ-1560 II-S	14
4.6	Evaluerings av nøyaktighet med feltmålinger.....	15
4.6.1	Resultat.....	19
4.7	Vektorisering av bygg.....	20
4.8	Vektorisering Vegdekkekanter og Trafikkøyer	25
5	Konklusjon.....	29
6	Vedlegg.....	30
6.1	Larvik	30
6.2	Arendal.....	35
6.3	Vaksdal.....	41
6.4	Trondheim.....	47

1 Bakgrunn

Nasjonal detaljert høydemodell (NDH) har hatt standarden 2 pkt./m², ca. 230 km², i tillegg ca. 53.500 km² med 5 pkt./m² (resten er matching av omløpsfoto i høyfjellsområder) 5 pkt. er finansiert av samarbeidspartene utenom NDH. I nye Geovekst-prosjekter for å kvalitetsheve NDH, er normalen nå 5 og i noen tilfeller 10 pkt./m². Det er ønskelig med en grundig gjennomgang (et testprosjekt) hvor vi undersøker kvalitetsforskjellen på hhv. 2, 5 og 10 pkt./m².

2 Bestilling

Forskningsspørsmålet til bestillingen er:

Hva er oppnådd kvalitetsgevinst ved økt punkttetthet?

Saksgrunnlaget gir retningslinjer for gjennomføringen av prosjektet.

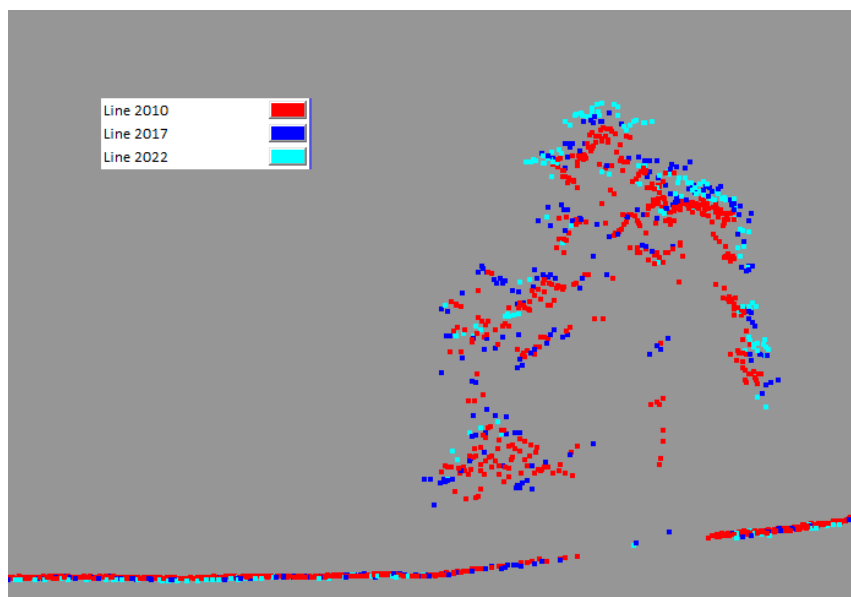
- Prosjektet med 10 pkt/m² blir satt som fasit
- Nøyaktighet på terrengmodell og overflatemodell, angitt ved gjennomsnittlig avvik og standardavvik ift. «fasit»
- Penetrering i ulike vegetasjonstyper, angitt i prosent av antall pulser som treffer bakken

Det skal undersøkes 5 ulike vegetasjonstyper på 5 lokasjoner:

1. Åpne harde flater (grus eller asfalt)
2. Åpne «myke» flater, med spredt vegetasjon (ikke åker med årsvekster)
3. Spredt vegetasjon (med enkelte trær)
4. Tett vegetasjon med løvtrær (hentet fra AR 5)
5. Tett vegetasjon med bartrær (hentet fra AR 5)

I gjennomføringen av prosjektet ble antall lokasjoner redusert til 4. I saksgrunnlaget åpner det for to ulike fremgangsmåter, kalt TIN og grid metoden. I det videre arbeidet blir TIN metodikken valgt. Grid metoden vil introdusere flere variabler knyttet til hvordan en etablerer et grid som anses å være utenfor forskningsspørsmålet i prosjektet. I undersøkelsen blir grid benyttet til å beregne volumforskjellen mellom de ulike tetthetene.

De ulike prosjektene går over flere år. Dette gjør at vegetasjonen har økt i høyde mellom de ulike datafangstdatoene. Det er derfor ikke lagt vekt på undersøkelser av overflatemodell ved analysen av ulike vegetasjonstyper. Se figur



Figur XX viser hvordan vegetasjonsveksten uttrykkes i laserdataene.

I etterkant av vedtaket i geovekst forum er det kommet utvidelser til prosjektet. Dette er knyttet til anvendelsesområder som geovekstpartene ser som relevante opp mot partenes bruksområder. Andre problemstillinger:

- Gjengivelse av ledning
- Hastighetsberegninger (NVE) – Ikke utført
- Bathymetrisk laser på land – Ikke utført
- Støypunkter
- Laser Skannervinkel
- Evaluering av nøyaktighet med feltmålinger
- Vektorisering av bygning
- Vektorisering direkte på tin modellen (vegvesenet)

3 Nøyaktighet og penetrering for ulike vegetasjonstyper.

3.1 Forklaring av tabellen

dz stdev (ref) og dz middel (ref)

For hvert område blir det valgt et referansedatasett. Som hovedregel blir det nyeste prosjektet med høyest tetthet valgt. Det blir så etablert en TIN for bakkepunktene til referansedatasettet. Deretter draperes bakkepunktene på til datasettet som skal analyseres ned på TIN modellen. Avstanden i høyde som skal til for å drapere punkten blir så registrert. Dette danner så grunnlaget for å etablere «dz stdev» og «dz middel». Verdiene er et produkt av standardavviket og midlere høydefeil til referansen og aktuelt datasett. Dette gjør at et stort standardavvik i referansen vil gjenspeile seg i estimert standardavvik for aktuelt datasett.

«ant 10cm med 0 pkt», «ant 10cm grid med 1 pkt» og «ant 10cm grid med flere enn 1 pkt»

Det ble etablert et rutenett av 10x10 cm ruter. Innenfor hver rute telles alle bakkepunktene. Antall ruter med 0 bakkepunkt vises i «ant 10cm med 0 pkt». Antall ruter med 1 bakkepunkt vises i «ant 10cm grid med 1 pkt» og antall ruter med flere enn et punkt vises i «ant 10cm grid med flere enn 1 pkt».

«forholdstall til ref. Antall»

Her vises forholdstallet mellom ruter med punkt og ruter med punkt i referansedatasettet. Eksempel: vi har totalt 600 ruter med ett eller flere bakkepunkt i referansedatasettet og 120 ruter med bakkepunkt i det aktuelle datasett som vi ønsker å sammenligne med. Forholdstallet blir da $120/600 = 0.2$.

«Forholdstall til antall grid»

Her vises forholdstallet mellom ruter med punkt og totalt antall ruter. Eksempel: vi har totalt 1000 ruter innenfor området. 500 av disse rutene har et eller flere bakkepunkt. Forholdstallet blir da $500/1000 = 0.5$.

3.2 Tabell resultater

Larvik

Laser data	år	laser skanner	Høydesystem	Flyhøyde (m)	tetthet (pkt/m2)	dato
NDH Larvik 5pkt 2017, LACH0001	2017	Riegl VQ-1560i	NN2000	1750	5	26.04.2017
Larvik 2010 – LACHVE02	2010	TopEye, S/N 7	NN1954, href2008a	450	10	3-7.06.2010
Grenland Vestfold 10 pkt 2022, LACHVT24-25	2022	Riegl VQ-1560ii-S	NN2000, Href2018B	2150	10	25.04.2022

Laser data	Vegetasjons-type	dz stdev (ref)	dz middel (ref)	ant 10cm med 0 pkt	ant 10cm grid med 1 pkt	ant 10cm grid med flere enn 1 pkt	forholdstall til ref. Antall	Forholdstall til antall grid
2017	Harde flater	0.09	0.02	864 650	40 440	168	0.50	0.05
2010		0.26	-0.02	822 277	80 882	1 329	1.00	0.10
2022(ref)				823 116	81 027	890	1.00	0.10
2017	Myke flater	0.09	0.00	1 910 218	127 790	1 318	0.76	0.07
2010		0.19	0.06	1 904 376	132 598	2 339	0.80	0.07
2022(ref)				1 869 912	167 762	1 678	1.00	0.09
2017	Spredt vegetasjon	0.02	0.04	1 449 157	74 805	338	0.40	0.05
2010		0.02	0.05	1 423 129	98 733	1 187	0.53	0.07
2022(ref)				1 334 923	184 986	4 404	1.00	0.14
2017	Løvtrær	0.17	0.03	22 341 054	1 272 892	6 811	0.57	0.06
2010		0.42	0.04	23 272 219	345 983	2 555	0.15	0.01
2022(ref)				21 358 508	2 238 804	23 445	1.00	0.11
2017	Bartrær	0.12	-0.03	4 685 627	120 007	924	0.26	0.03
2010		0.12	-0.04	4 553 825	251 421	1 312	0.55	0.06
2022(ref)				4 346 897	454 375	5 286	1.00	0.11

Kommentar til Larvik datasettet

I dette området var det ikke tilgjengelig 2 pkts løsning. Derimot fantes der et eldre 10 punkts løsning. Dette prosjektet er skannet med et eldre Riegl system montert inn i et TopEye system. Ut fra resultatene har dette systemet svak penetreringsevne av vegetasjon. Dette kommer også tydelig frem i forholdstallene til 2010 prosjektet. Når en sammenligner 2022 og 2017 ser vi at 2017 er noe svak på penetrering av Bartrær sammenlignet med 2022 datasettet.

Arendal

Laser data	år	laser skanner	Høydesystem	Flyhøyde	tetthet	dato
LACGAA86, Arendal	2008	ALS50-II	NN2000	900	2	03.05.2008 og 06.06.2008
LACHAA51, Risør, Tvedestrand, Arendal og Grimstad	2015	Riegl LMS Q-1560	NN2000, href2008a	1430	5	13-16.04.2015
LACHAG25, Arendal laser	2022	Leica Geosystems, CityMapper, S/N: 95553	NN2000, HREF2018B_NN2000_EUR EF89	1600	10	20.04.2022

Laser data	Vegetasjons- type	dz stdev (ref)	dz middel (ref)	ant 10cm med 0 pkt	ant 10cm grid med 1 pkt	ant 10cm grid med flere enn 1 pkt	forholdstall til ref. Antall	Forholdstall til antall grid
2008	Harde flater	0.15	-0.01	1068670	15946	0	0.05	0.01
2015		0.04	-0.05	1022649	61572	590	0.20	0.06
2022(ref)				768955	270576	45330	1.00	0.29
2008	Myke flater	0.09	-0.03	1784803	40667	67	0.11	0.02
2015		0.08	-0.02	1744291	80798	448	0.21	0.04
2022(ref)				1446517	345620	33400	1.00	0.21
2008	Spredt vegetasjon	0.10	0.03	1123502	17666	0	0.07	0.02
2015		0.09	-0.04	1085281	55617	321	0.21	0.05
2022(ref)				875510	231412	34306	1.00	0.23
2008	Løvtrær	0.15	0.05	3553991	56841	34	0.14	0.02
2015		0.12	-0.02	3445456	164554	921	0.40	0.05
2022(ref)				3201118	389170	20658	1.00	0.11
2008	Bartrær	0.11	0.04	6870791	69936	0	0.07	0.01
2015		0.13	-0.02	6642290	297202	1575	0.32	0.04
2022(ref)				6005557	863208	72369	1.00	0.13

Kommentar til Arendal datasettet

Standardavviket øker i vegeterte områder. Nivået er bortimot tilsvarende for spredt, løvtrær og bartrær vegetasjonstypene. Det er benyttet 3 ulike instrumenter. Midlere avvik er innenfor forventede verdier. Antall grid punkter reduseres til 1/5 når en går fra 10 til 5 punkts løsning og 1/20 når en går fra 10 til 2 punktløsning.

Trondheim

Laser data	år	laser skanner	Høydesystem	Flyhøyde	tetthet	dato
Trondheim, BNO10028	2010	Optech ALTM Gemini,	NN2000 tref2010a	1200	2	10-17.07.2010
Trondheim kommune 2017	2017	Riegl VQ-1560i	NN2000, Href2016B	1750	5	10.10.2017
Trondheim 30pkt 2020	2020	Riegl VQ-1560ii	NN2000, Href2018B	1100	30	13.07.2020

Laser data	Vegetasjons-type	dz stdev (ref)	dz middel (ref)	ant 10cm med 0 pkt	ant 10cm grid med 1 pkt	ant 10cm grid med flere enn 1 pkt	forholdstall til ref. Antall	Forholdstall til antall grid
2010	Harde flater	0.16	0.13	733 235	19 782	22	0.19	0.03
2017		0.17	0.09	707 231	45 347	461	0.44	0.06
2020 (ref)				648 404	100 756	3 879	1.00	0.14
2010	Myke flater	0.11	0.08	163 134	5 123	5	0.25	0.03
2017		0.07	-0.03	157 922	10 244	96	0.50	0.06
2020 (ref)				147 377	20 423	462	1.00	0.12
2010	Spredt vegetasjon	0.05	0.07	1 116 980	21 480	39	0.25	0.02
2017		0.05	0.00	1 101 903	36 449	147	0.42	0.03
2020 (ref)				1 052 310	84 513	1 676	1.00	0.08
2010	Løvtrær	0.79	0.21	1 973 699	10 847	17	0.21	0.01
2017		0.35	-0.14	1 935 447	48 906	210	0.93	0.02
2020 (ref)				1 931 930	51 637	996	1.00	0.03
2010	Bartrær	0.21	0.08	6 133 379	53 223	89	0.22	0.01
2017		0.14	-0.01	6 049 718	136 387	586	0.57	0.02
2020 (ref)				5 948 396	233 520	4 775	1.00	0.04

Kommentar til Trondheim datasettet

Datasettet 2020 er brukt som referanse. Dette datasettet har en høy punkttetthet, men en meget dårlig gjennomtrengningsevne av vegetasjon. Både standravvik og midlere avvik har høyere verdier enn forventet. For de harde overflatene er det trolig skjedd en terrengendring. Dette kan tyde på at 2020 datasettet har redusert egnethet som referanse.

Vaksdal

Laser data	år	laser skanner	Høydesystem	Flyhøyde	tetthet	dato
LACHH001, Voss, Vaksdal DTM10	2010	Leica ALS50 -II	NN2000	ca 1250	2	05.09.2010
LACH0001, NDH Vaksdal 5pkt 2018	2018	Riegl VQ-1560i	NN2000	ca 1750	5	14.05.2018, 03.06.2018
LACHVL13, Vaksdal-Modalen 10pkt 2021	2021	Riegl VQ-1560i	NN2000	ca 1350	10	12.05.2021, 28.05.2021, 23.07.2021

Laser data	Vegetasjons-type	dz stdev (ref)	dz middel (ref)	ant 10cm grid med flere enn 1 pkt	forholdstall til ref. Antall	Forholdstall til antall grid
2010	Harde flater	0.07	0.02	116	0.33	0.03
2018		0.05	-0.03	1733	0.91	0.10
2021				1898	1.00	0.11
2010	Myke flater	0.07	-0.06	131	0.24	0.03
2018		0.03	-0.03	1572	0.79	0.08
2021				2109	1.00	0.11
2010	Spredt vegetasjon	0.08	0.00	139	0.21	0.02
2018		0.07	-0.01	2223	0.73	0.06
2021				5338	1.00	0.08
2010	Løvtrær	0.34	0.16	32	0.16	0.01
2018		0.24	-0.02	552	0.75	0.05
2021				1182	1.00	0.06
2010	Bartrær	0.22	0.11	0	0.12	0.01
2018		0.12	0.00	1712	0.75	0.07
2021				4058	1.00	0.10

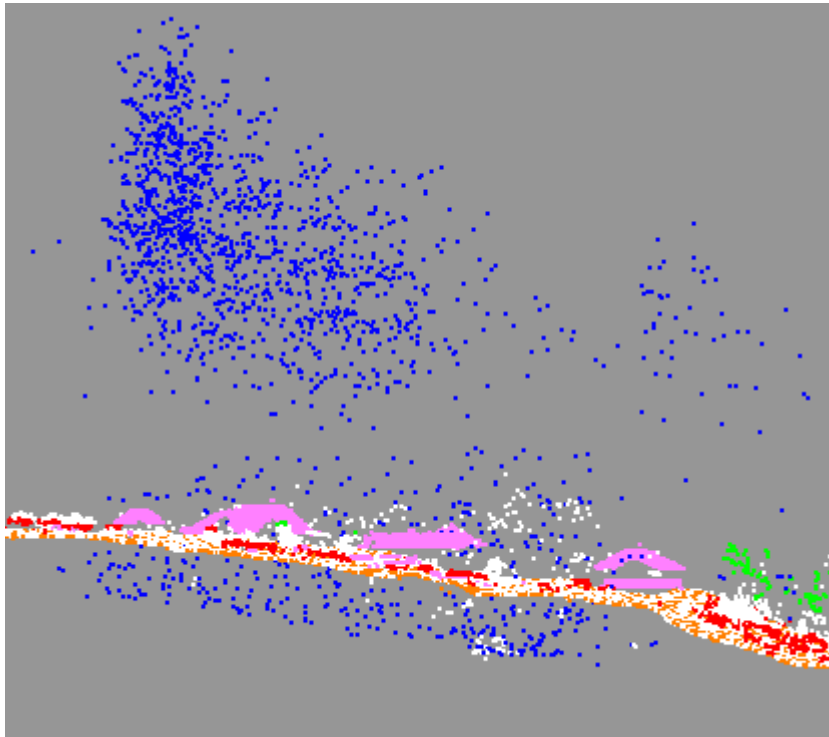
Kommentar til Vaksdal datasettet

Som Arendal datasettet har dette datasettet 2- 5 og 10 pkt. Forskjellen i antall bakketreff er mindre for dette datasettet sammenlignet med Arendal. Der er en vesentlig økning i standardavvik i vegeterte områder.

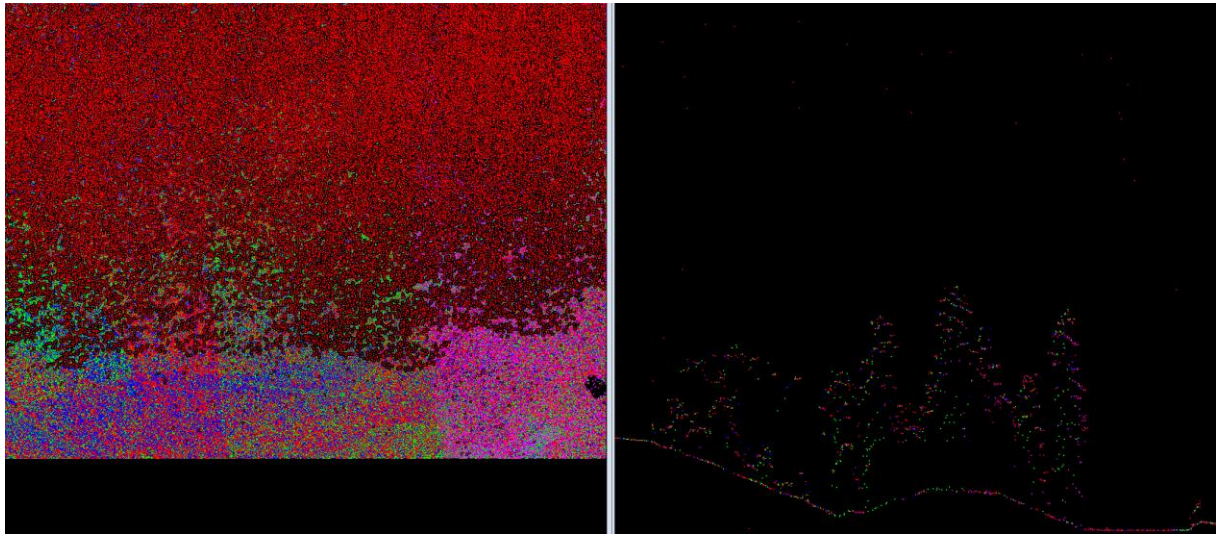
4 Andre momenter

4.1 Støypunkter

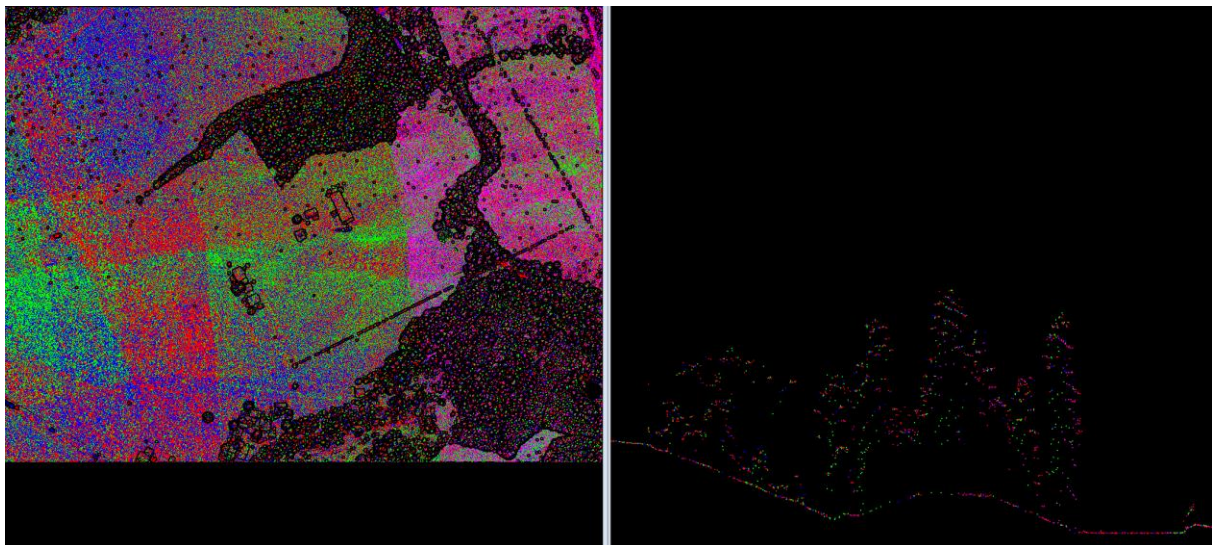
I en laser punktsky er det vanlig med en vis mengde støypunkter. Slike punkter kan forekomme der laserlyset har blitt reflektert fra mange overflater, også kalt «multipath». Andre årsaker kan være returer fra fugler, men også skyer eller luftlag med ulik gjennomsiktighet. I den senere tiden har mengder støypunkter økt. En årsak kan trolig relateres til økt flyhøyde og svakere signal støyforhold. I figuren under vises et eksempel på støypunkter fargelagt som blåe punkt. Mest sannsynlig er dette returer fra luftlag i nærheten av flyet, men siden lasersystemet har flere pulser i luften samtidig ser det ut som om støypunktet kommer fra et område nærme bakken. Dette skjer fordi systemet tror returen hører til i en annen pulsgruppe, tilsvarende heltallsfeil i GNSS verdenen.



Støypunkter som skyldes treff i atmosfæren



Gjengivelse av bakke fra en stripe med støy

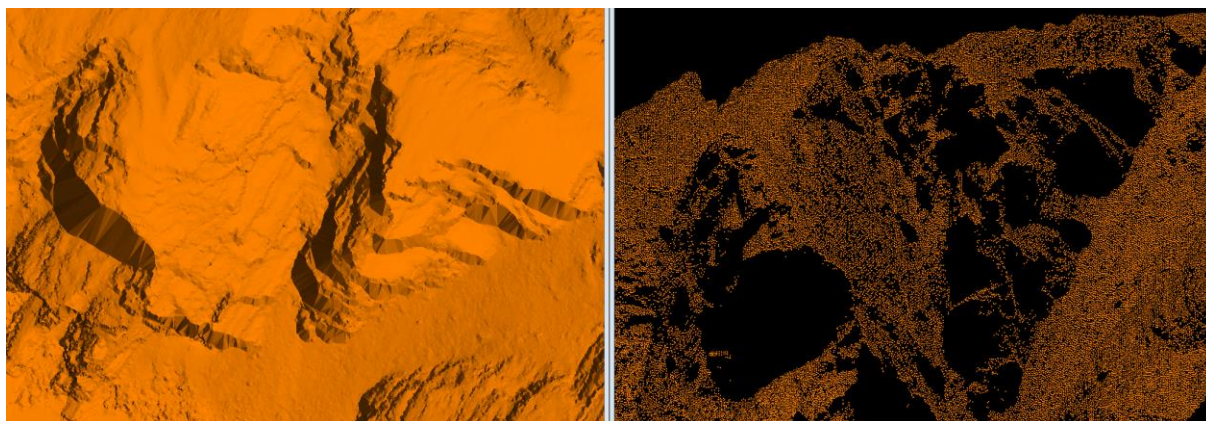
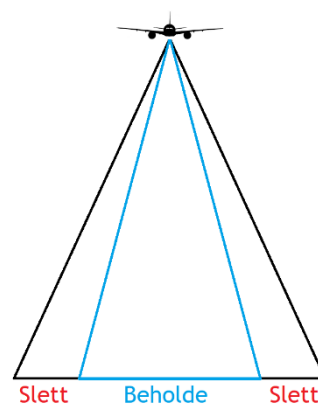


Gjengivelse av bakke fra en nabostripe uten støy

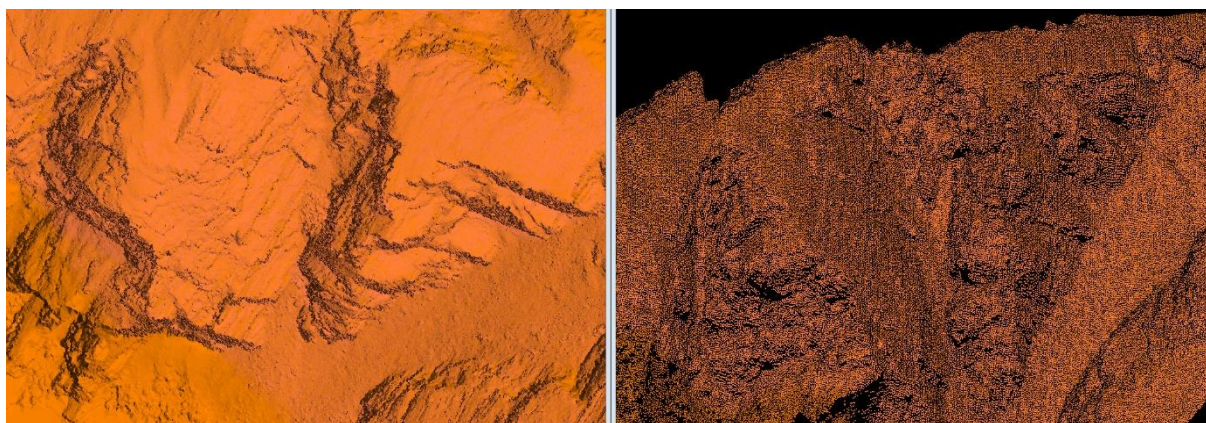
Støypunkter klassifiseres ved å analysere avstanden til nærliggende punkt. Dersom avstanden til nærmeste punkt er over en gitt terskel blir dette punktet klassifisert som støy. Metoden er robust for harde flater, men noe redusert gjengivelse av vegetasjon kan forekomme der støypunktene ligger på samme høydenivå som vegetasjonen.

4.2 Utvidet skanner vinkel

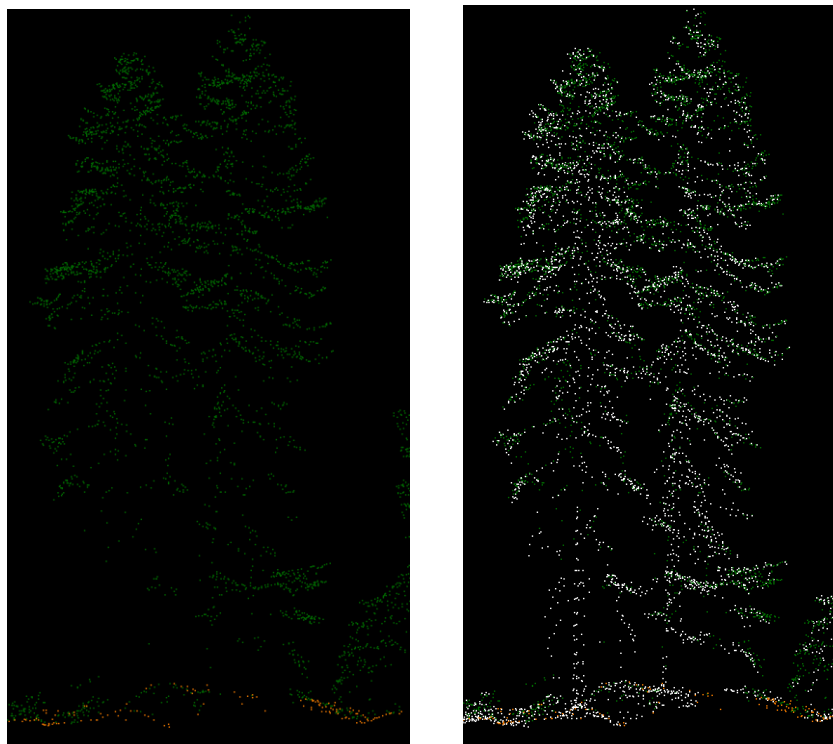
I dag skannes mesteparten av laserprosjektene i Norge med et lasersystem med roterende speil. Dette betyr at laseren skanner med en fast åpningsvinkel. Denne åpningsvinkelen er større enn kravet gitt i produktspesifikasjonen for punktsky 1.0. Dette løser leverandørene ved å slette laserpunkt som er skannet med en vinkel ut over dette kravet som er satt til 20 grader fra nadir. I enkelte situasjoner slår dette uheldig ut og vi mister punkter som kan ha stor betydning for gjengivelsen av bakkemodellen. Dette gjelder særlig der oppstikkende objekter skaper skyggeområder fra den ene flystripen men ikke fra nabostripen.



Skannevinkel 20 grader gir hull i skyggeområder for laseren.



Skannevinkel 25 grader dekker mesteparten av hullene i skyggeområdene.



Skannervinkel 20 grader – Skannervinkel 25 grader

Det er viktig å poengtere at løsningen ikke er å tillate større åpningsvinkel, men heller å åpne opp for å beholde all innsamlede laserpunkter.

4.3 Ledning

Gjengivelsen av ledning i laserpunktsky har i NDH vist seg å være redusert. I prosjektet er det undersøkt hvordan antall treff endrer seg med flyparameterne. Det er mange momenter som påvirker dette antall treff på ledning. Først og fremst er ledningens reflekteringsevne viktig, men også signal støyforholdet til lasersystemet med gitte skannerparametere er viktige. I analysen er det målt punkter på ledning i ett luftspenn på ca. 200-400 meter mellom to master for å sammenligne antall treff på ledning mellom prosjekter med ulik punkttetthet og flyparametre. Det er variasjon i sensortype og innstillinger på sensoren som også vil påvirke antall treff på ledning. I tillegg er det en egen modus i sensorsetting programvaren til Riegl (Riparameter) for treff på ledning som det kan velges om det skal hukes av for. I denne undersøkelsen er denne funksjonaliteten mest sannsynlig ikke benyttet.

Drammen

Prosjekt	Punkttetthet per m ²	År	Antall treff ledning	Lengde på ledning	Sensor	Flyhøyde AGL	Pulsfrekvens kHz
Viken vest	10	2022	845	259	Riegl VQ 1560II-S	2180	1600
Viken vest	5	2022	3250	256	Riegl VQ 1560II-S	2180	800
Drammen Eiker	5	2015	5838	256	Riegl Q1560	1370	400
Eiker	2	2008	1032	256	Optech ALTM Gemini	900	100

Sunnhordland høyspent, jordingslinje og faselinje

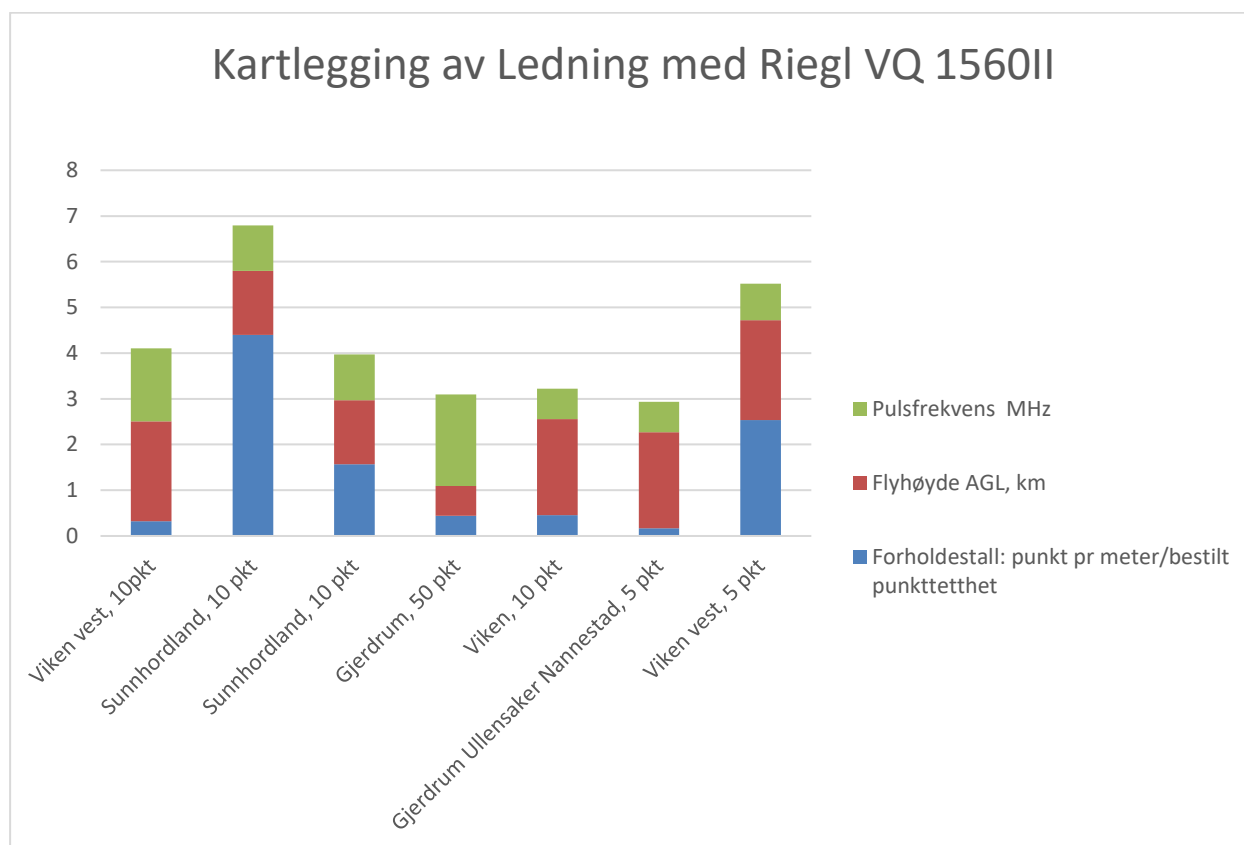
Prosjekt	Punkttetthet per m ²	År	Antall treff ledning	Lengde på ledning	Sensor	Flyhøyde AGL	Pulsfrekvens kHz
Sunnhordland	10	2021	17012	387	Riegl VQ 1560II	1400	1000
NDH Tysnes-Fusa	2	2016	1268	387	Riegl Q1560	2500	534
Sunnhordaland	2	2010	1950	387	Optech ALTM Gemini	1300	100

Sunnhordland lavspent? Bare faselinje

Prosjekt	Punkttetthet per m ²	År	Antall treff ledning	Lengde på ledning	Sensor	Flyhøyde AGL	Pulsfrekvens kHz
Sunnhordland	10	2021	7337	467	Riegl VQ 1560II	1400	1000
NDH Tysnes-Fusa	2	2016	40	467	Riegl Q1560	2500	534
Sunnhordaland	2	2010	858	467			

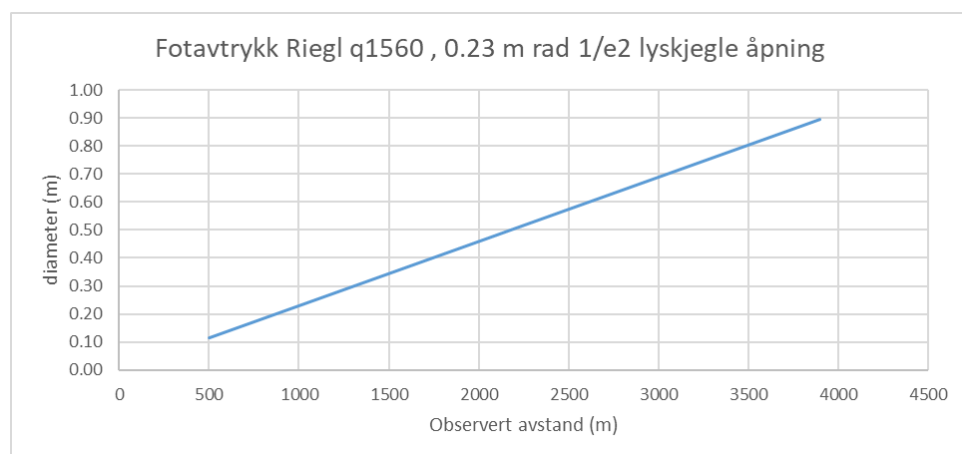
Gjerdrum

Prosjekt	Punkttetthet per m ²	År	Antall treff ledning	Lengde på ledning	Sensor	Flyhøyde AGL	Pulsfrekvens kHz
Gjerdrum	50	2021	5535	250	Riegl VQ 1560II	650	2000
Viken	10	2021	1134	250	Riegl VQ 1560II	2100	669
Gjerdrum Ullensaker Nannestad	5	2020	208	250	Riegl VQ 1560II	2100	669
NDH Akershus	2	2015	290	250	ALS 70-HP	936	392



Fra figuren over fremstår det at høyde over bakken (AGL) og pulsfrekvens under datafangst har stor betydning for antall treff på ledning.

4.4 Fotavtrykk Riegl Q1560

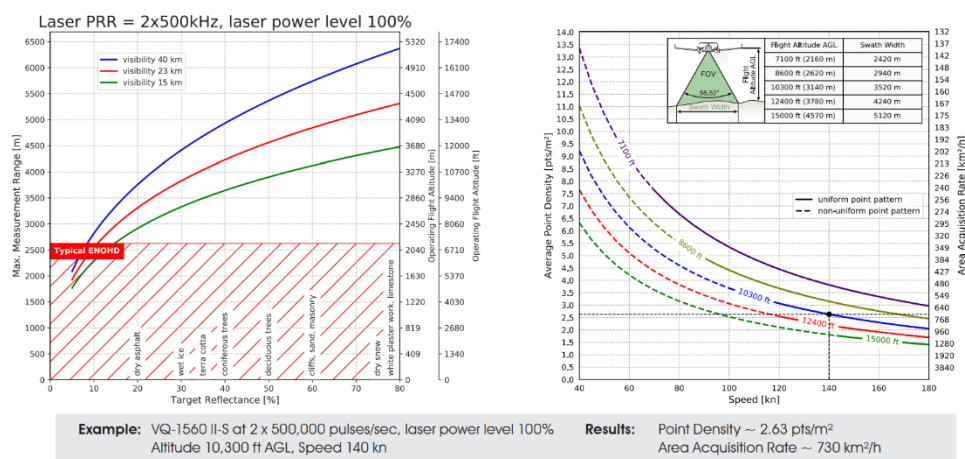


Figuren viser fotavtrykket som funksjon av observert avstand.

Fotavtrykket har betydning for detaljeringsgraden som er mulig å oppnå.

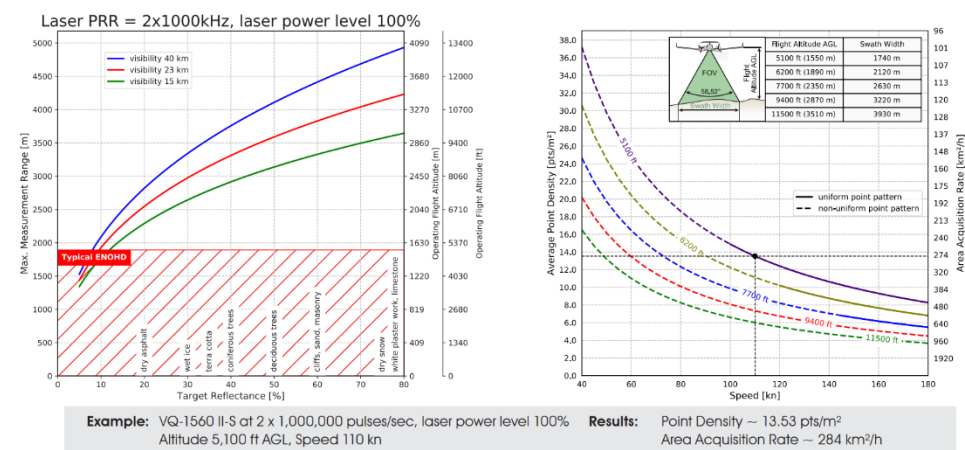
4.5 Parametersetting Riegl VQ-1560 II-S

Det mest brukte lasersystemet i Norge er trolig Riegl VQ-1560 II-S. Som eksempel på parametersetting og virkningen av dette er det tatt utgangspunkt i dette instrumentet.



[Produktblad for Riegl VQ-1560 II-S](#)

I produktbladet for Riegl VQ-1560 II-S vil en kunne samle inn en 2.6 pkt/m² prosjekt fra 3520 meter over terrenget med en innsamlingshastighet på 730 km²/timer. Ulempen er at tørr asfalt i mange tilfeller ikke vil komme med i punktskyen under normale norske forhold.



[Produktblad for Riegl VQ-1560 II-S](#)

I den andre enden av skalaen har kan vi få 13.5 pkt/m² fra 1550 meter. Et godt kompromiss vil være en mellomting mellom disse ytterpunktene, men svaret vil endre seg med teknologiutviklingen.

4.6 Evaluering av nøyaktighet med feltmålinger

Landmåler: Kristine Sveindal, Kristiansand Kommune

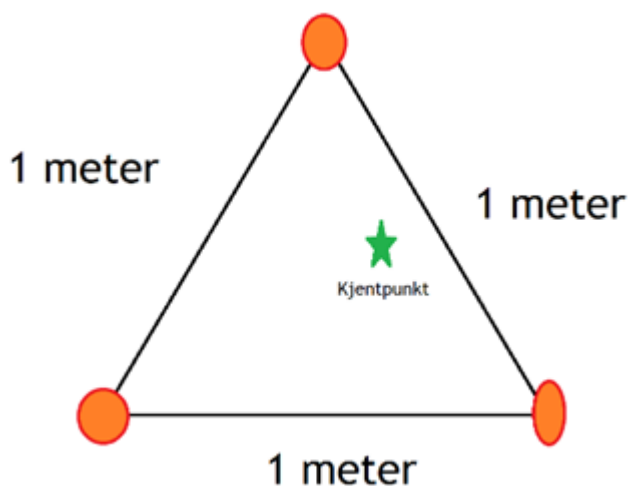
Dato: 13.05.2020

Målemetode: Totalstasjon, RTK GNSS, Terrestrisk laserskanner

Målested: Flat underlag i ulike vegetasjonstyper

Datum: Euref89, UTM32, NN2000

Evalueringemetode: Sammenligningen mellom feltmålinger og laserdataene ble utført i Tscan fra Terrasolid. Det ble etablert et TIN fra bakkeklassifiserte laserdata. Høydeavstanden til feltmålinger ble etablert ved å drapere feltmålingene ned på tin modellen. Feltemålinger der avstanden i tin modellen var lengre enn 1 meter ble ekskludert. Antall ekskluderte målinger blir et uttrykk for tettheten til bakkemodellen fra laser punktskyen.



Lokasjoner feltmålinger



Tett granskog, uten bunnvegetasjon.



Lav Gran, i plantefelt



Høy lauvskog/bjørk med lav bunnvegetasjon



Lav Furu



Grass/plen



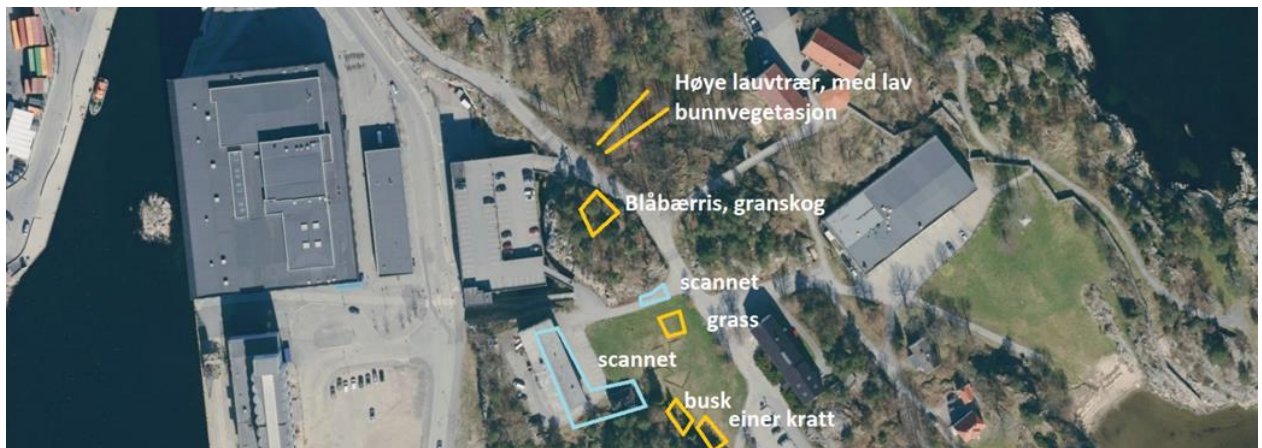
Siv



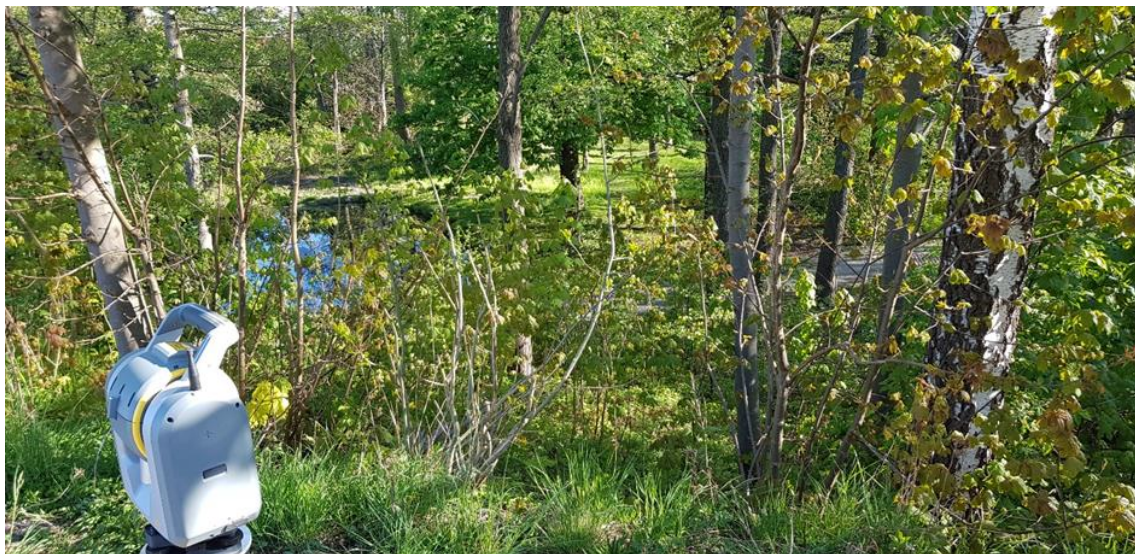
Lav Lauvskog



Siv, ca 1.5 meter høyt.



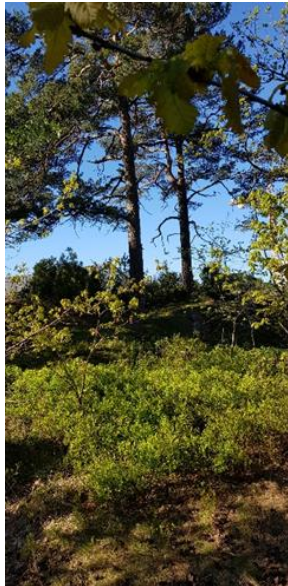
Høy lauvskog med lav bunnvegetasjon, Gran med bunnvegetasjon (blåbærris), Plen, tett parkvegetasjon (busk), Einer kratt.



Høy Lauvskog med lav bunnvegetasjon



Einer kratt og tett busk.

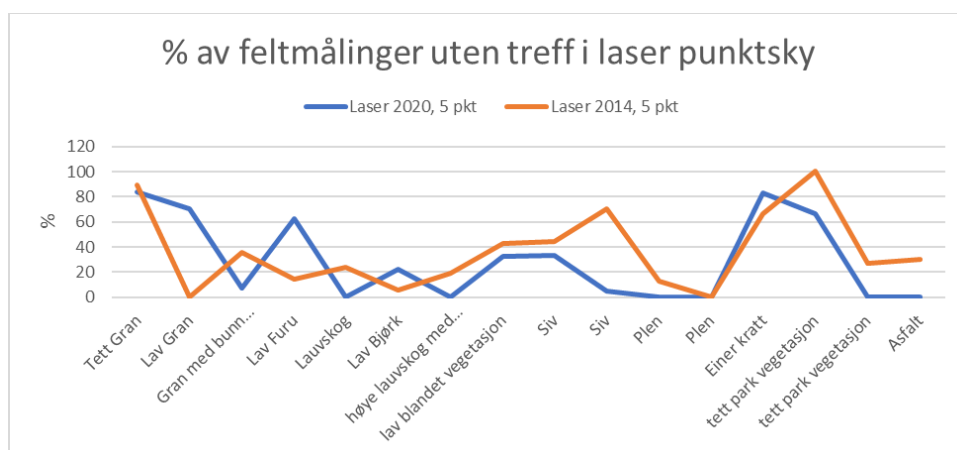
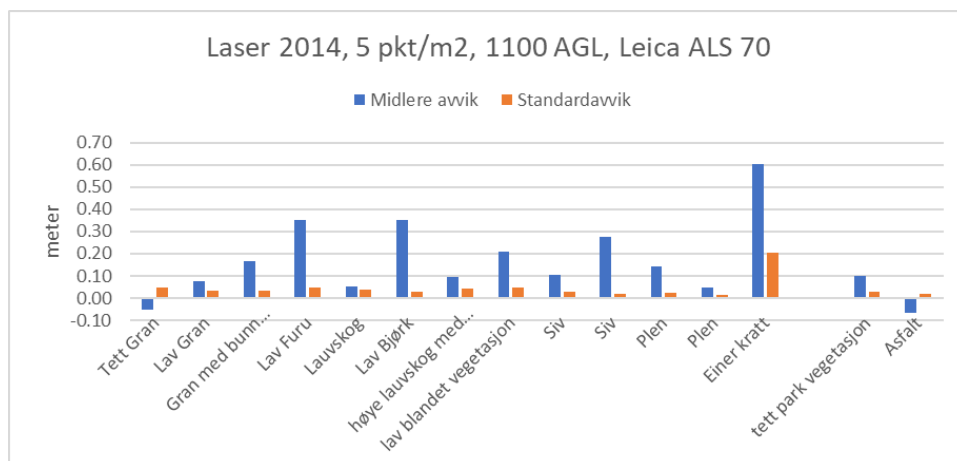
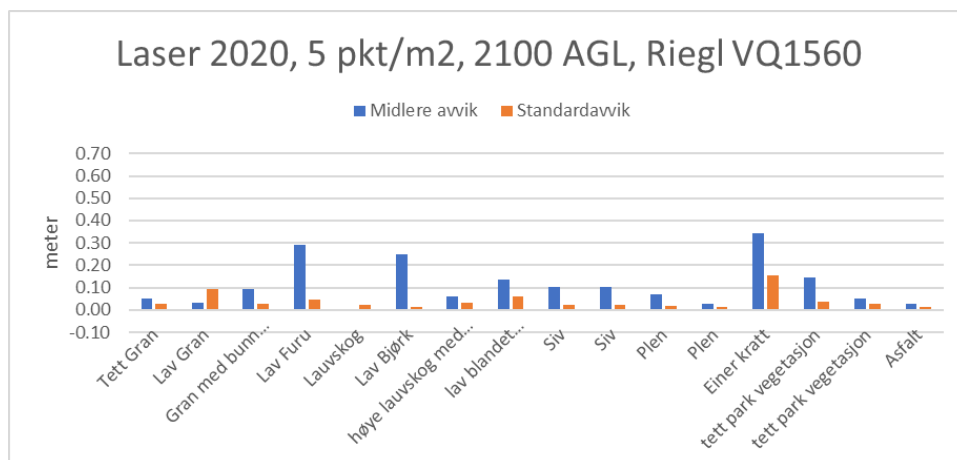


Blandet skog med bunnvegetasjon (blåbærris)



tett lav parkvegetasjon

4.6.1 Resultat

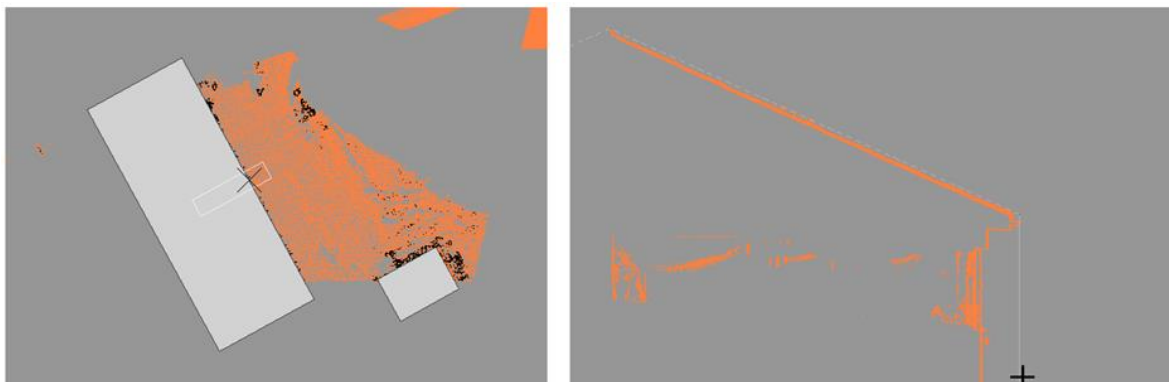


4.7 Vektorisering av bygg

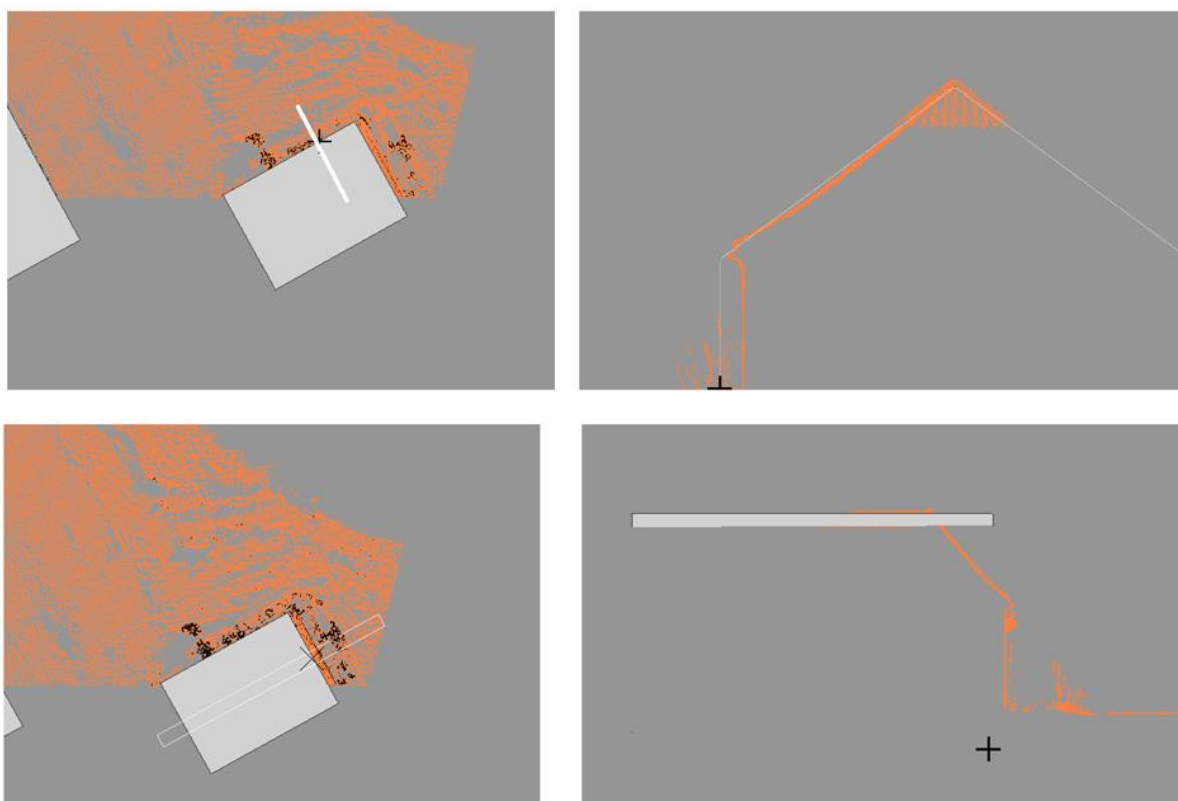
Programvaren Tscan fra Terrasolid har funksjonalitet for å lage 3D volumobjekter av bygninger. Dette er testet på laserdataene fra 2014 og 2020 over Kristiansand og sammenlignet med terrestrisk laserskanning.



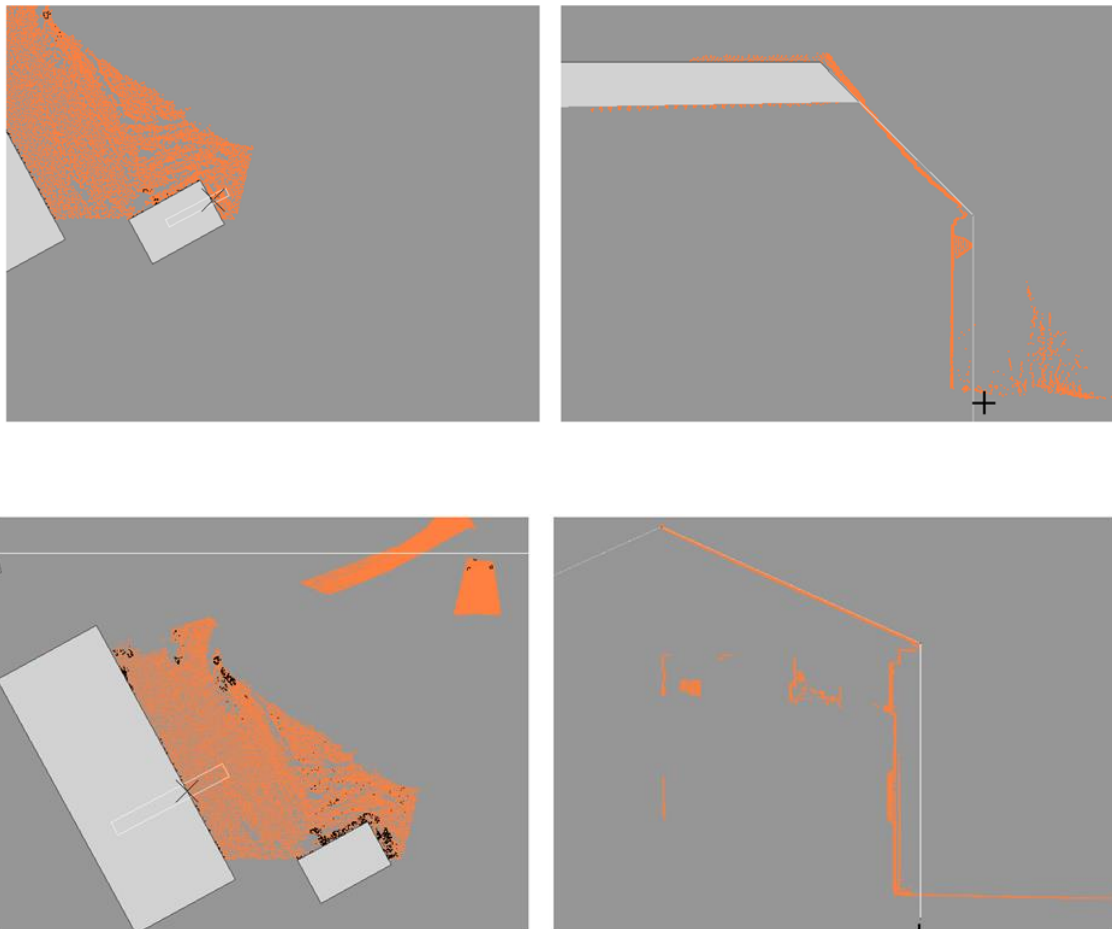
Bygning Laser 2014, 5 pkt/m2, 1100 AGL, Leica ALS 70



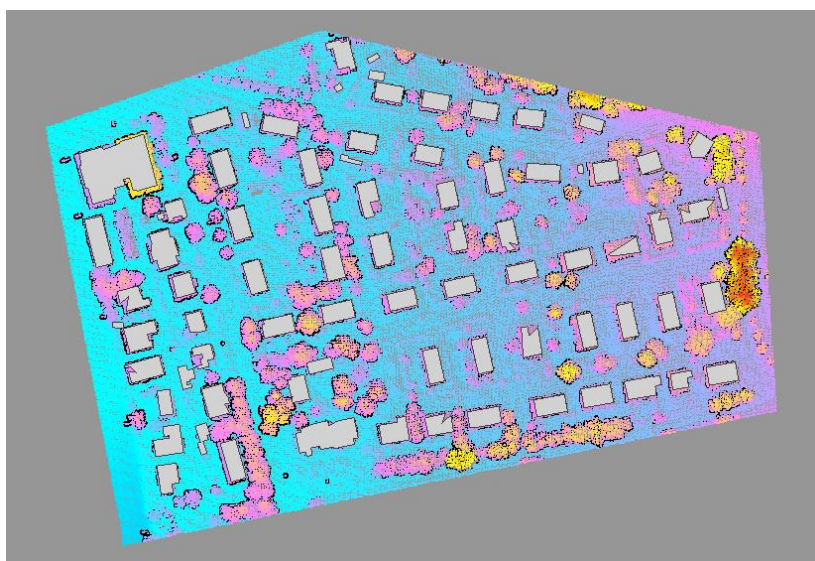
Orange = bakkeskanning , grå strek = automatisk vektorisering fra 2014 5 pkt



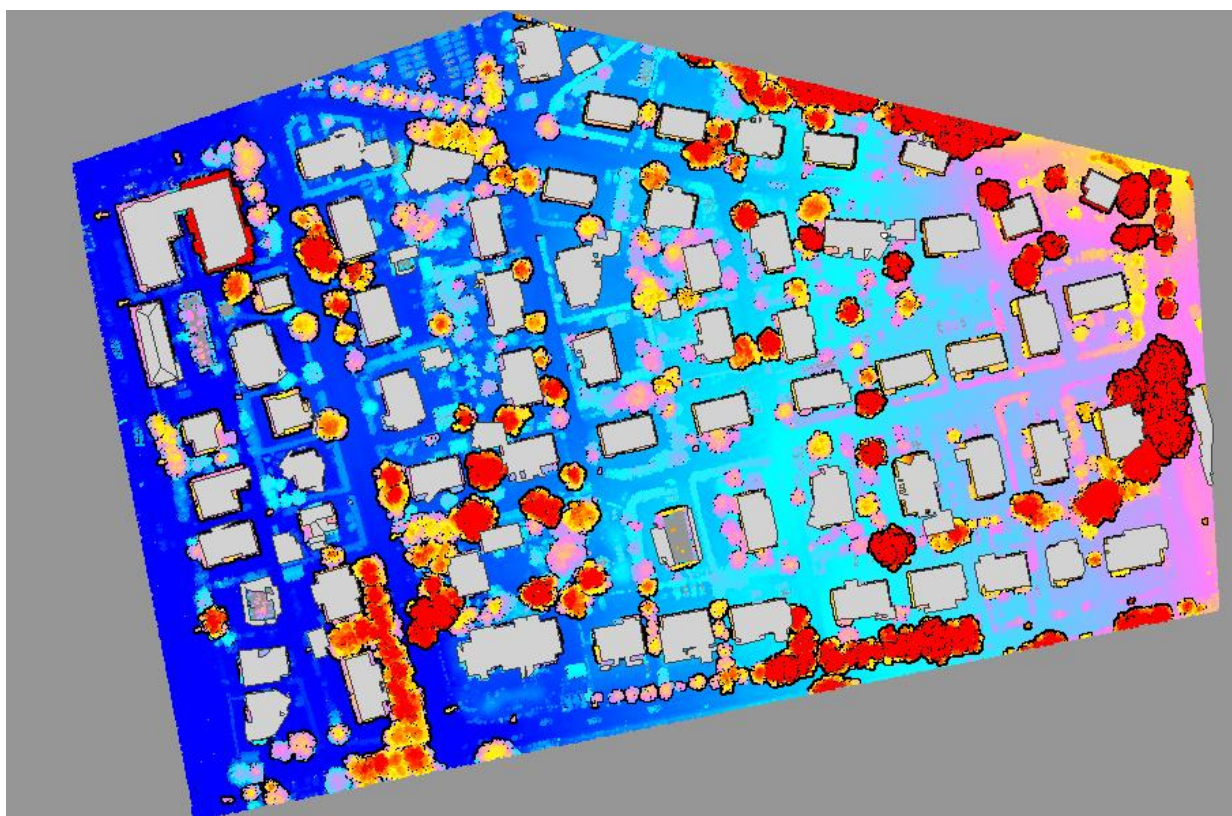
Bygning Laser 2020, 5 pkt/m2, 2100 AGL, Riegl VQ1560



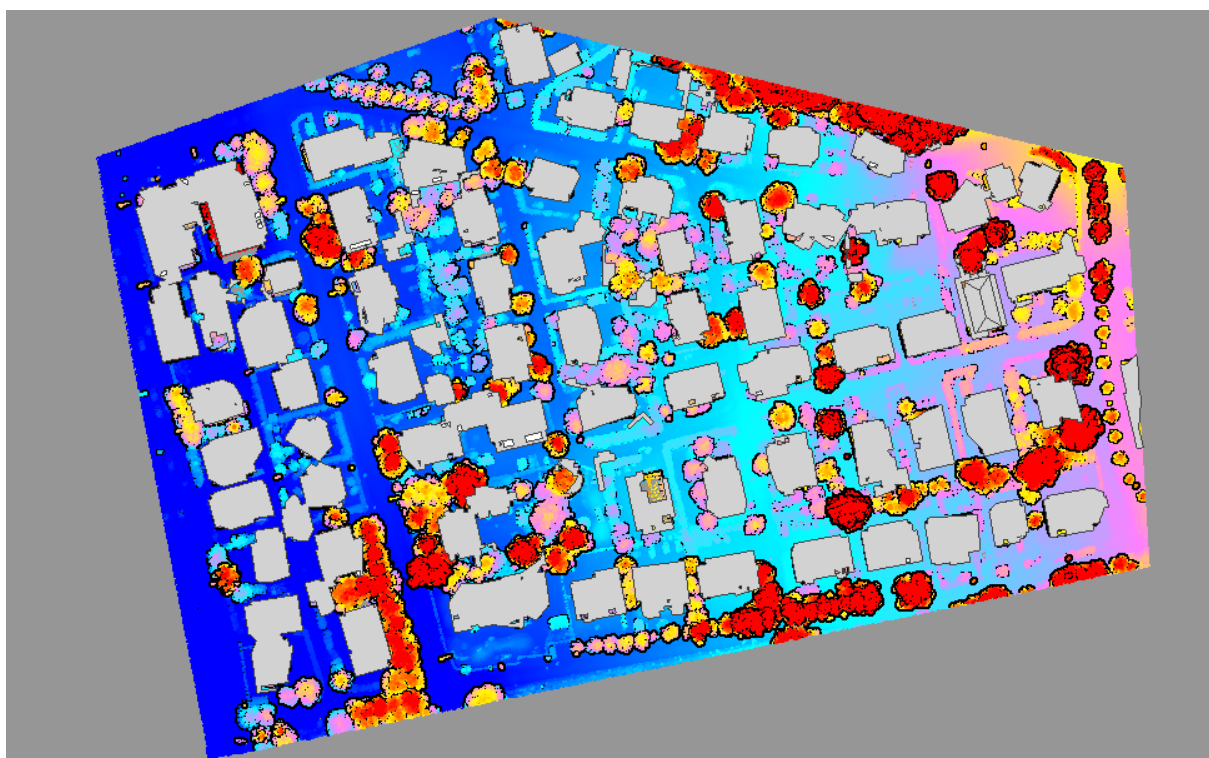
Vektorisering av bygg Trondheim datasettet



2 pkt 2010



20 pkt 2017



67 pkt 2020

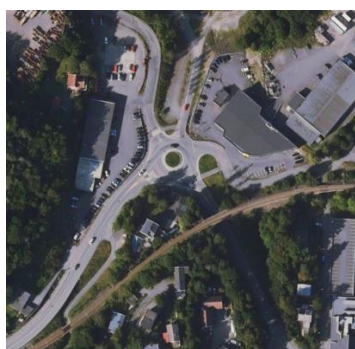
Arendal 2022, 10 pkt Bygningsvektorisering



4.8 Vektorisering Vegdekkekant og Trafikkøy

For å undersøke vektorisering direkte på TIN modellen er det tatt utgangspunkt i datasettet fra Arendal.

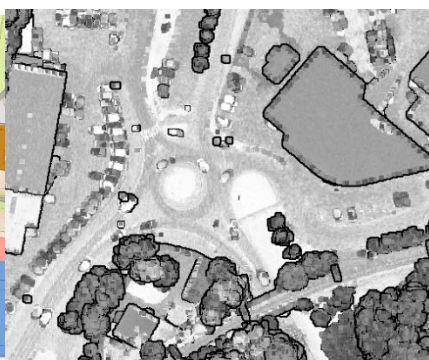
Laser data	år	laser skanner	Høydesystem	Flyhøyde	tetthet	dato
LACGAA86, Arendal	2008	ALS50-II	NN2000	900	2	03.05.2008 og 06.06.2008
LACHAA51, Risør, Tvedestrand, Arendal og Grimstad	2015	Riegl LMS Q-1560	NN2000, href2008a	1430	5	13-16.04.2015
LACHAG25, Arendal laser	2022	Leica Geosystems, CityMapper, S/N: 95553	NN2000, HREF2018B_NN2000_EUR EF89	1600	10	20.04.2022



Ortofoto



FKB-Data

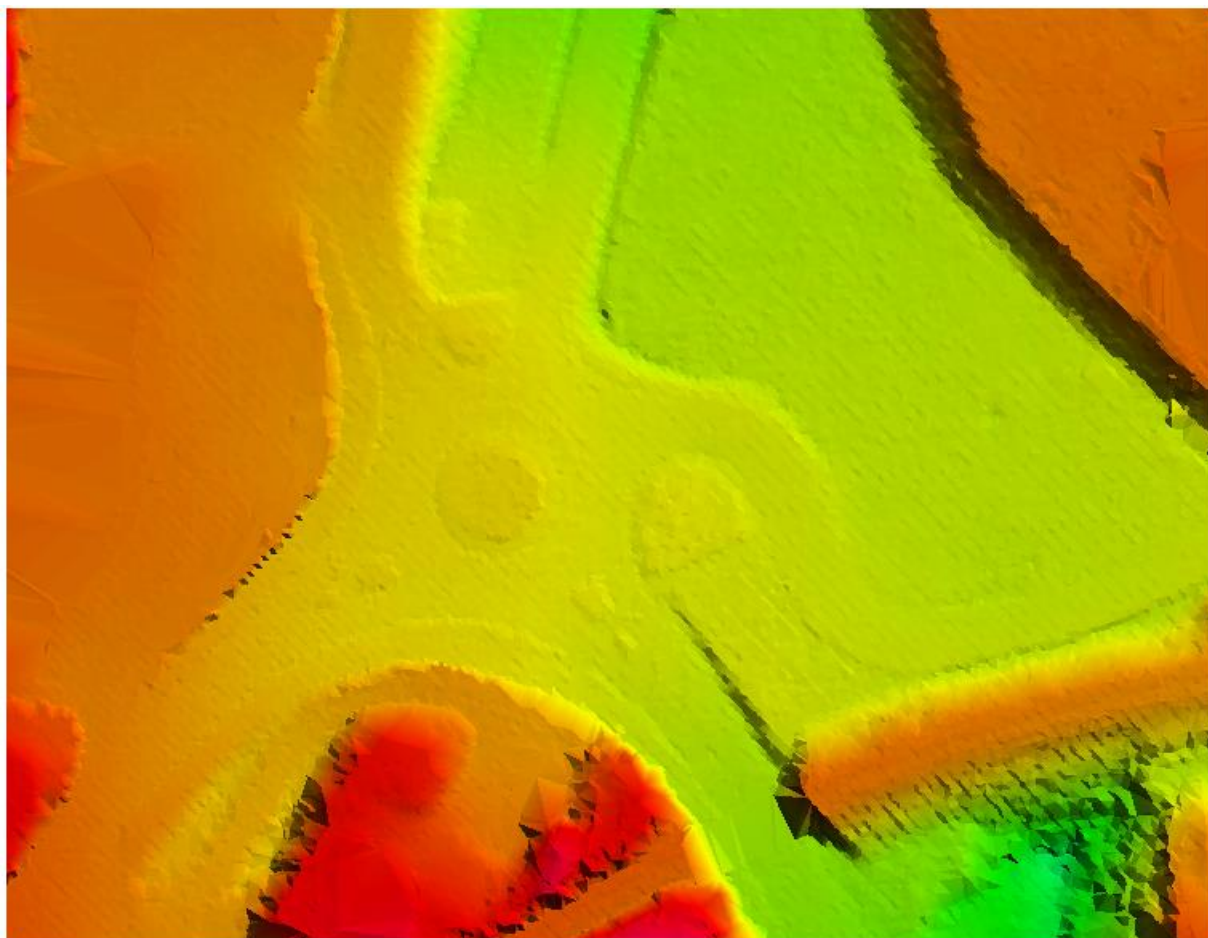


Laser - reflektans

Kommentar til vektorisering av FKB-VEG

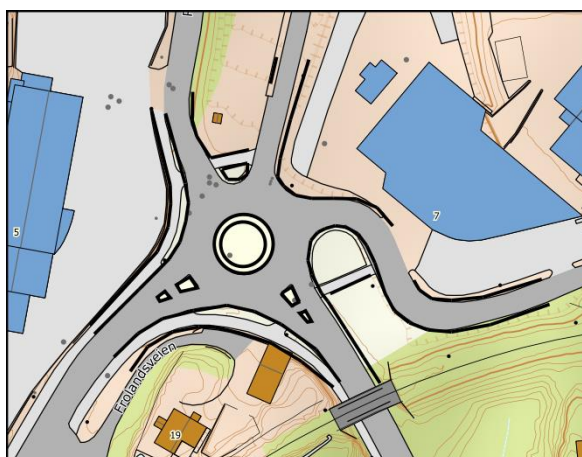
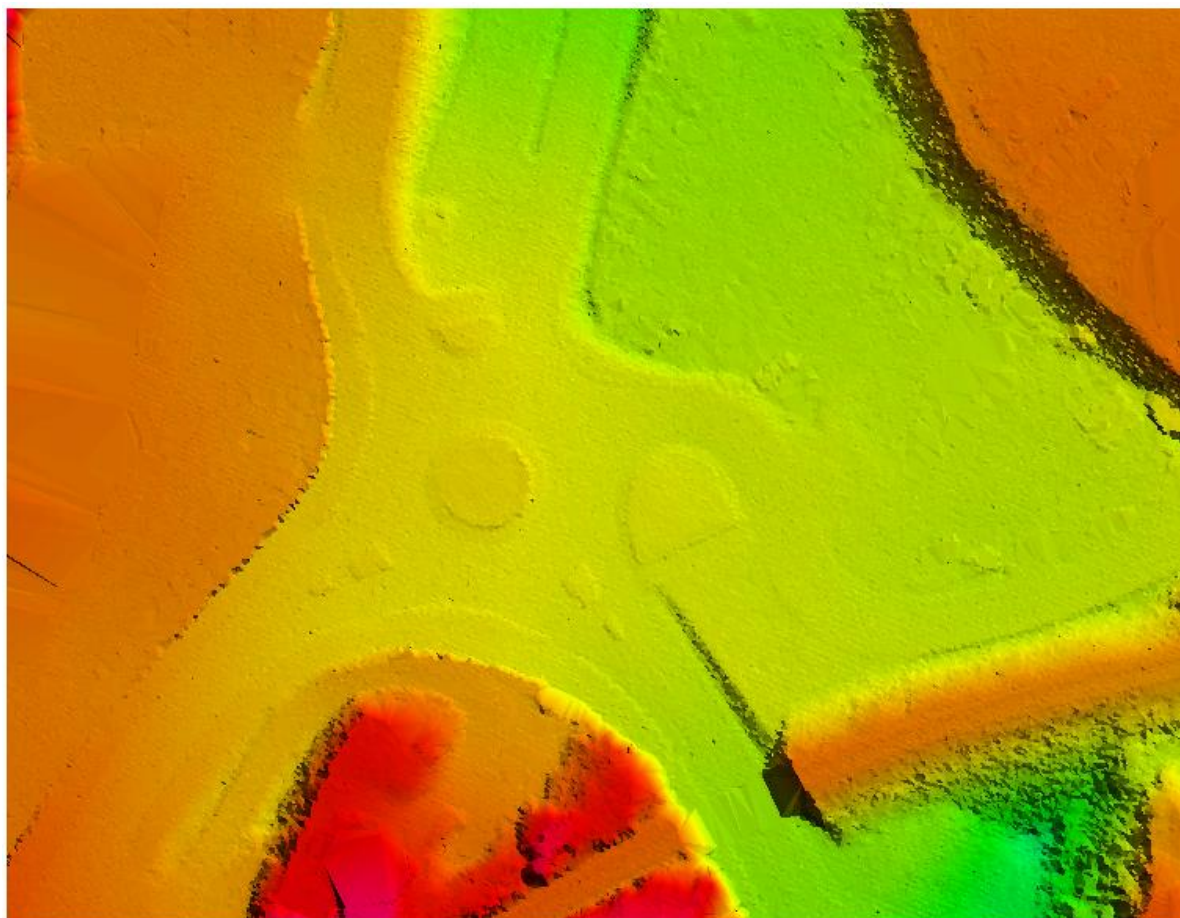
Generelt er det vanskelig å se hva slags objekt som de ulike synlige kantene i TIN modellen representerer, med støtte fra flybilder blir dette enklere. Lasermålingenes reflektansbilde kan også gi en god støtte. Vektorisering krever kontrast i høyde. Dette gjør at tydelige kanter er enklere å vektorisere sammenlignet med mere glattere overganger. Med 10 punkt får en veldig detaljert overflate. Små detaljer i terreng kommer tydeligere frem. Dette gjør at det er lettere å kjenne igjen objekttypen og digitalisere objektet nøyaktig.

2008 2pkt skyggerelieff



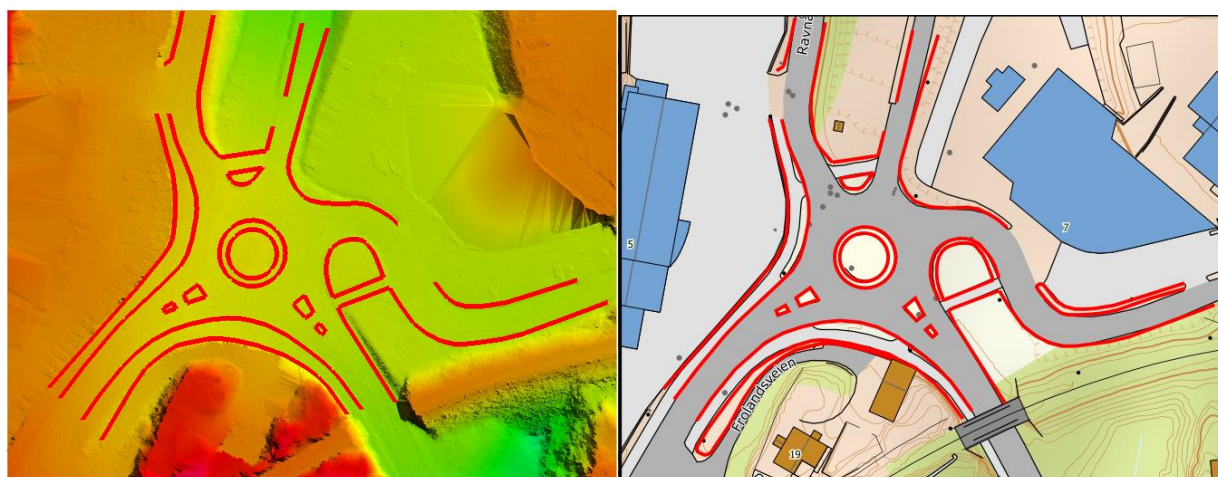
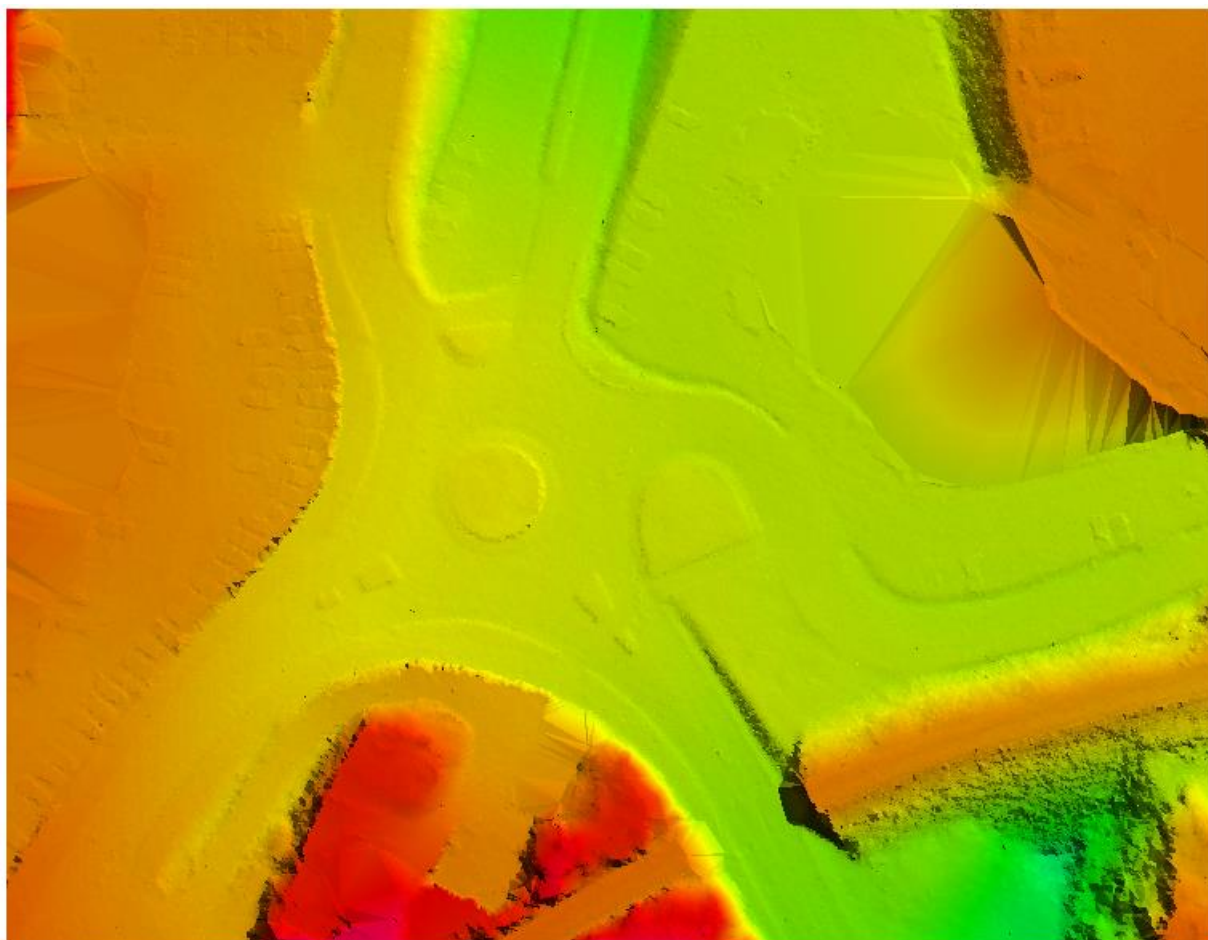
Vektorisering fra 2 pkt 2008 skyggerelieff

2015 5pkt skyggerelieff



Vektorisering fra 5 pkt 2015 skyggerelieff

2022 10pkt skyggerelieff



Vektorisering fra 10 pkt 2022 skyggerelieff

5 Konklusjon

De siste 20 årene har det vært en enorm utvikling som gjør at det i dag er mulig å samle inn data mer effektivt enn det som noen gang har vært mulig. Det finnes i dag en rekke ulike lasersystemer hvor alle har ulike egenskaper. Viktige momenter er signal støyforholdet til systemet og hvordan dette endrer seg med pulsrepetisjonsfrekvensen (antall laserskudd sendt ut pr sekund fra lasersystemet). Egenskapene knyttet til signal støyforhold i områder med lav refleksivitet som asfalt hvor spredningen i høyde kan være en indikasjon på signal støyforholdet. I prosjekter med lavt signal- støyforhold vil det være vanskeligere å skille objekter med svake returer fra bakgrunnsstøyen. Dette gir seg tydelig utslag ved detektering av kraftlinjer. Dersom singlet fra ledningen er for svakt vil systemet ha problemer med å skille ledningsreturen fra bakgrunnsstøyen. I slike tilfeller vil ledningen ikke gi retur.

Den største påvirkningsfaktoren til Penetreringsevne i vegetasjon er vekstsesonen. Ved en rangering vil deretter signal støyforhold og punkttetthet komme like etter.

Andre faktorer som er viktig er laserskuddets fotavtrykk på bakken (avhengig av lyskjeglens åpningsvinkel og observert avstand). Fotavtrykket er viktig for å sikre uavhengige observasjoner og vil ha betydning for den detaljeringsgraden som er mulig å oppnå.

Posisjon og orienteringsnøyaktighet til systemet er viktig for sluttproduktet. Dette virker det som om leverandørene har kontroll på. Et viktig prinsipp bør være at flyhøyden er proporsjonal med nøyaktighetskravet vi stiller til endelig navigasjonsløsning (GNSS + IMU + laser matching).

Anbefalte skanneparametre og punkttetthet vil variere med bruksområdet. Der en ønsker stor detaljrikdom og muligheten til å vektorisere fra punktskyen bør en redusere fotavtrykket og maksimere signal støyforholdet til lasersystemet. Dette betyr å redusere flyhøyden for å få ned fotavtrykket. Samtidig bør pulsfrekvensen reduseres for å bedre signal støyforholdet. Dette ser vi tydelig ved kartlegging av kraftledninger. Særlig for signal støyforhold er et punkt som stadig er i utvikling fra instrumentprodusentene og er i kontinuerlig endring. I tilfellene hvor en kun ønsker å benytte arealbasert metode for skogtaksering så er fotavtrykk eller signal støyforhold mindre viktig. I slike tilfeller vil en høy flygning gi et best kost nytteforhold.

Kvalitetsgevinsten som oppnås med økt punkttetthet må ses i sammenheng med fotavtrykk og signal støyforhold. Der dette er optimalisert vil en økt punkttetthet gi en punktsky med høy detaljeringsgrad og gode muligheter for digitalisering av FKB objekter. Der det ikke er optimalisert vil mulighetene for flerbruk bli redusert.

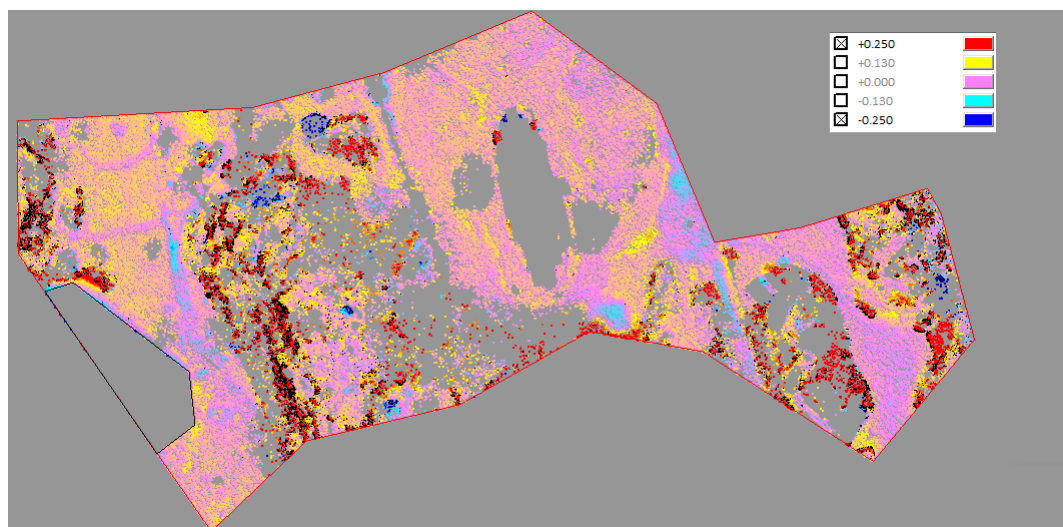
6 Vedlegg

6.1 Larvik

Oversiktsplott over Larvik

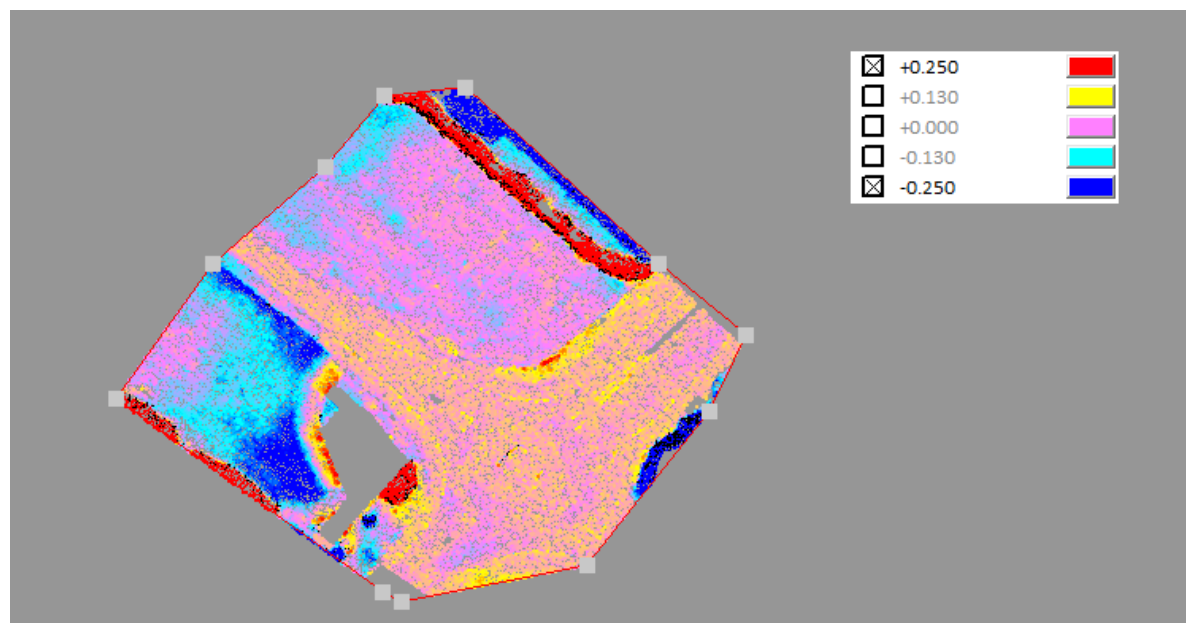


Myke Flater

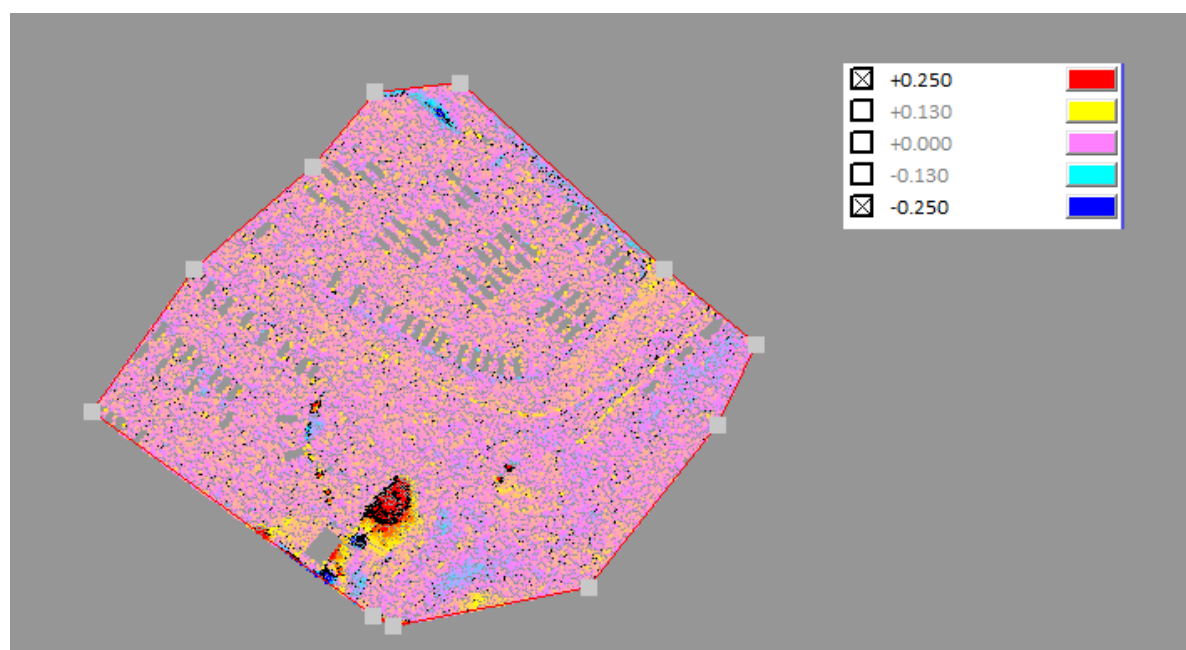


2022 vs 2010 DTM

Harde flater

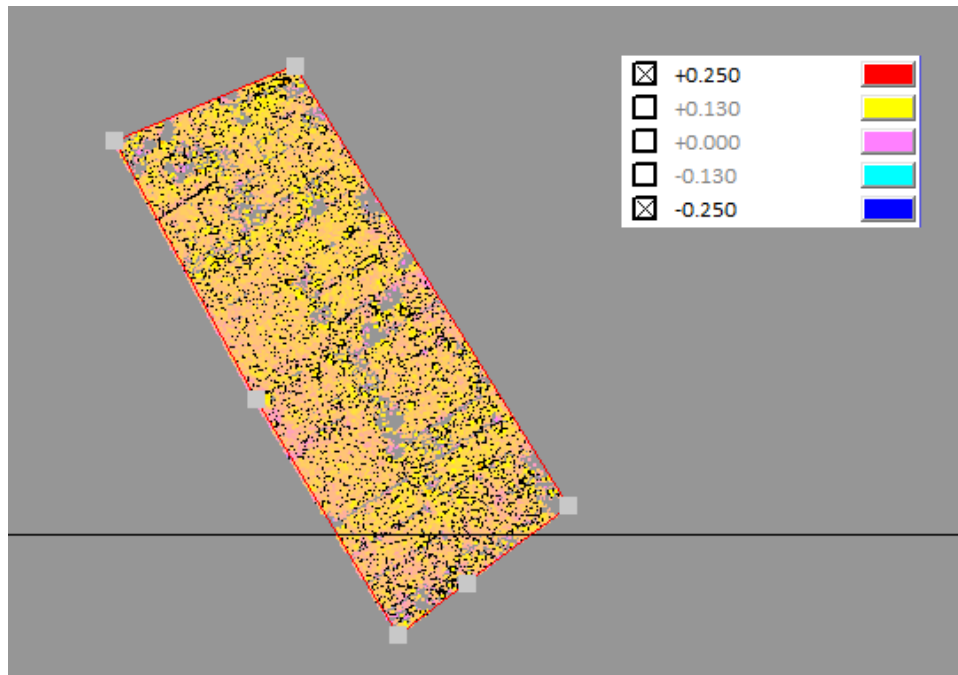


2022 vs 2010 DTM

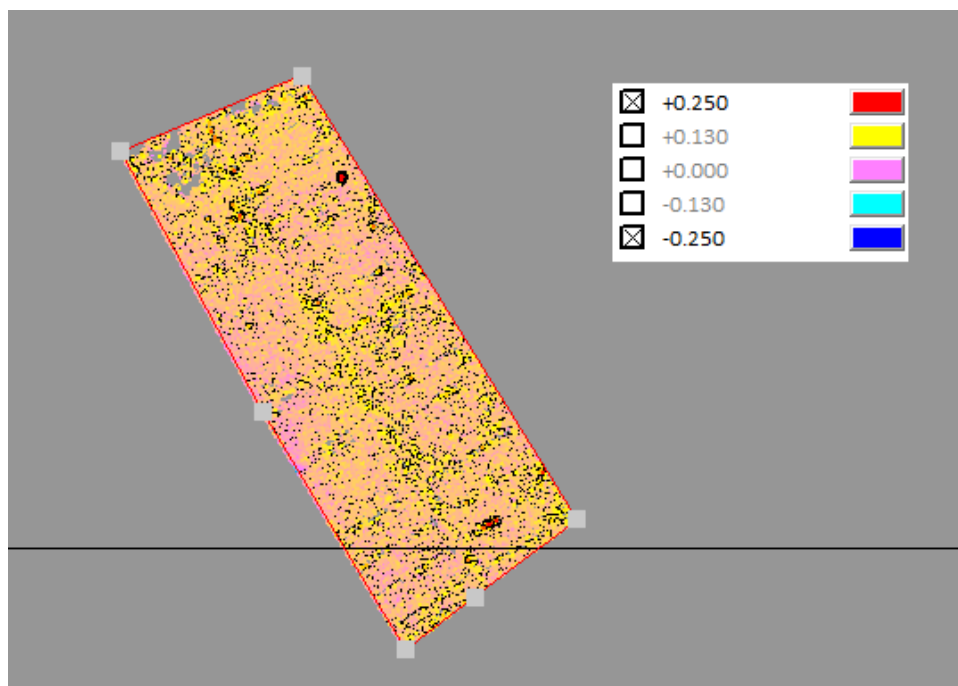


2022 vs 2017 DTM

Spredt vegetasjon

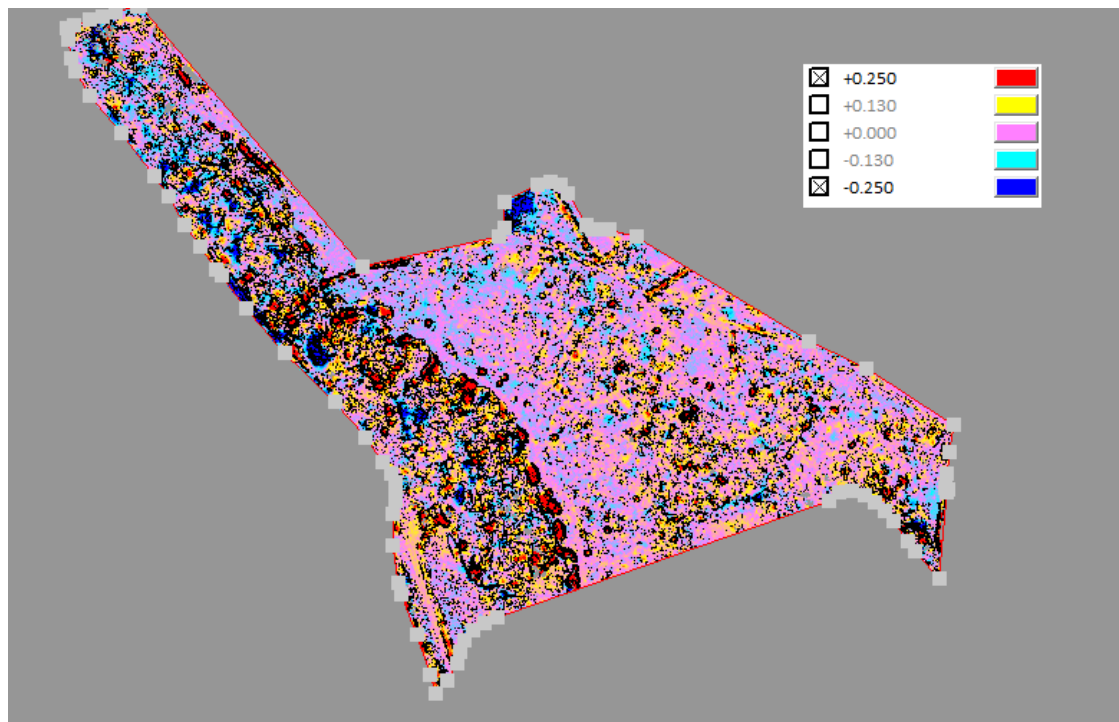


2022 vs 2010 DTM

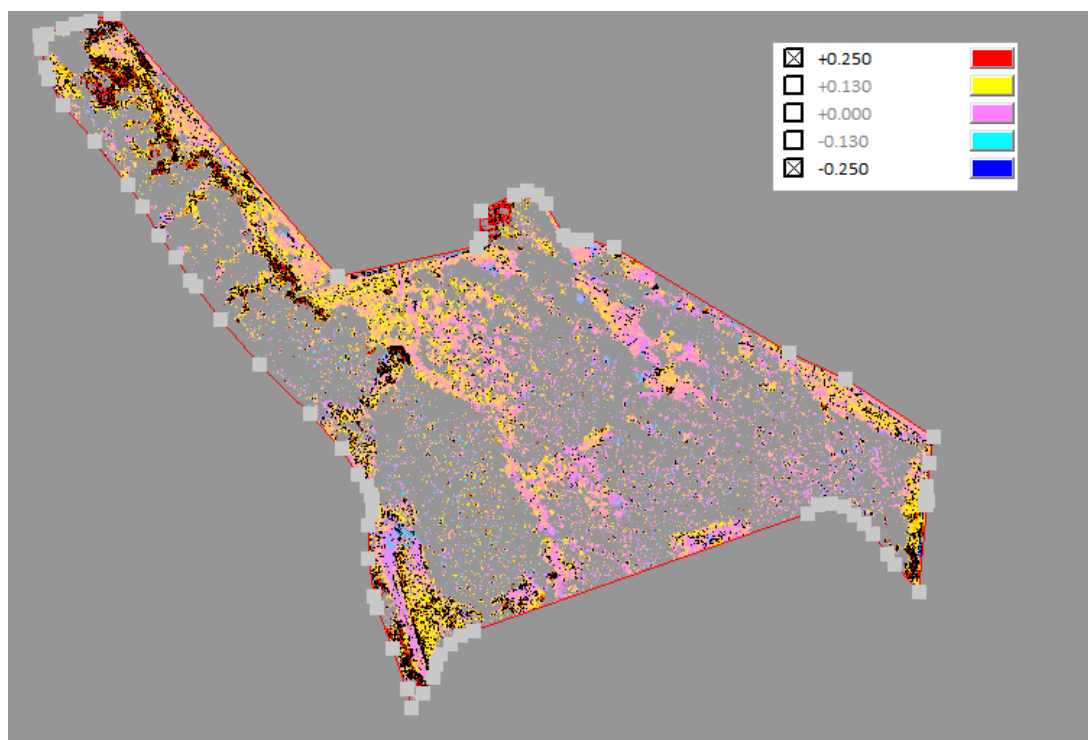


2022 vs 2017 DTM

Bartrær

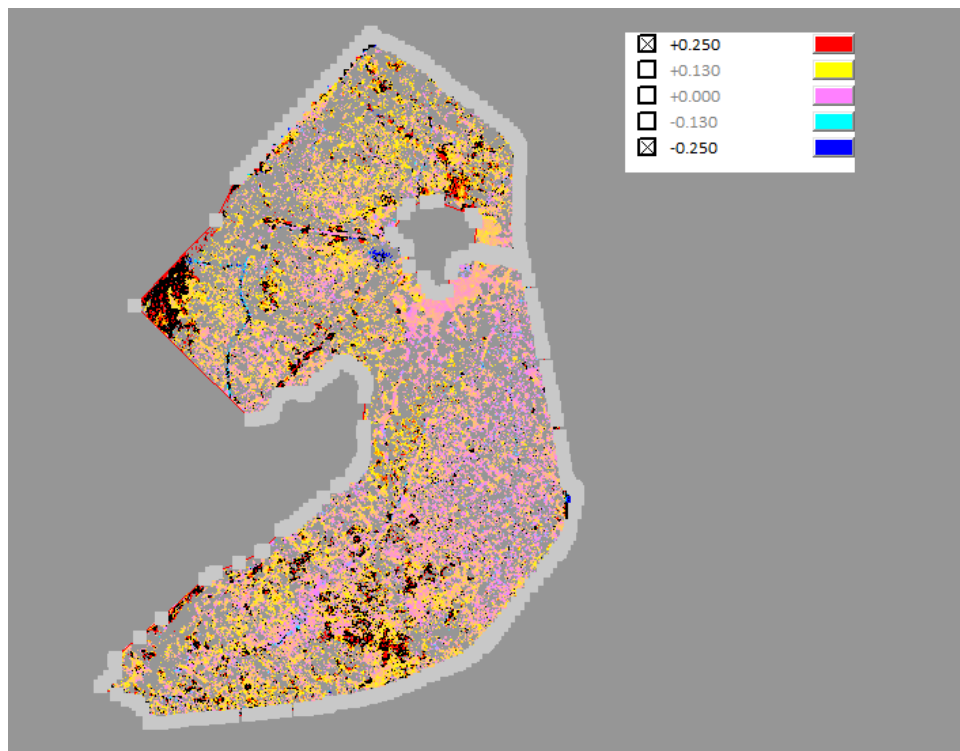


2022 vs 2017 DTM

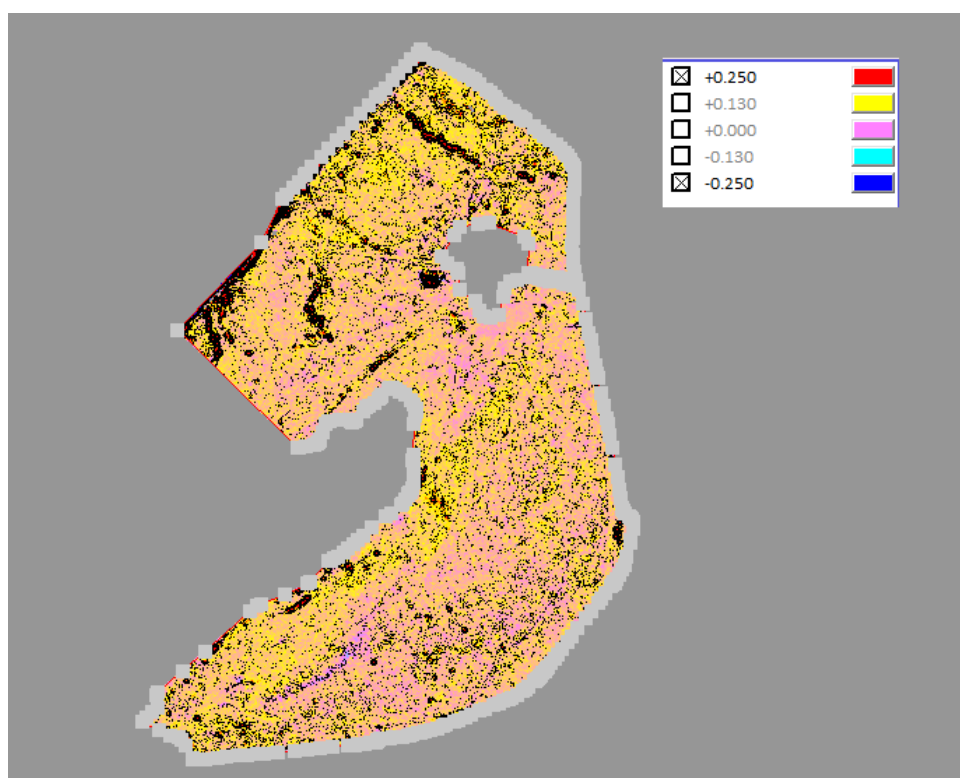


2022 vs 2010 DTM

Løvtrær



2022 vs 2010 DTM



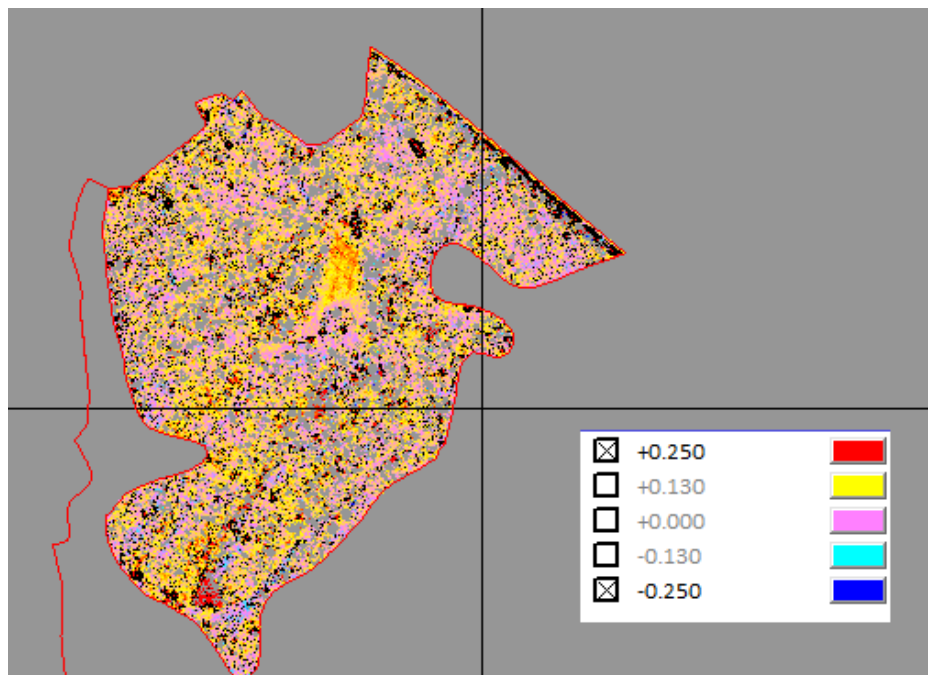
2022 vs 2017 DTM

6.2 Arendal

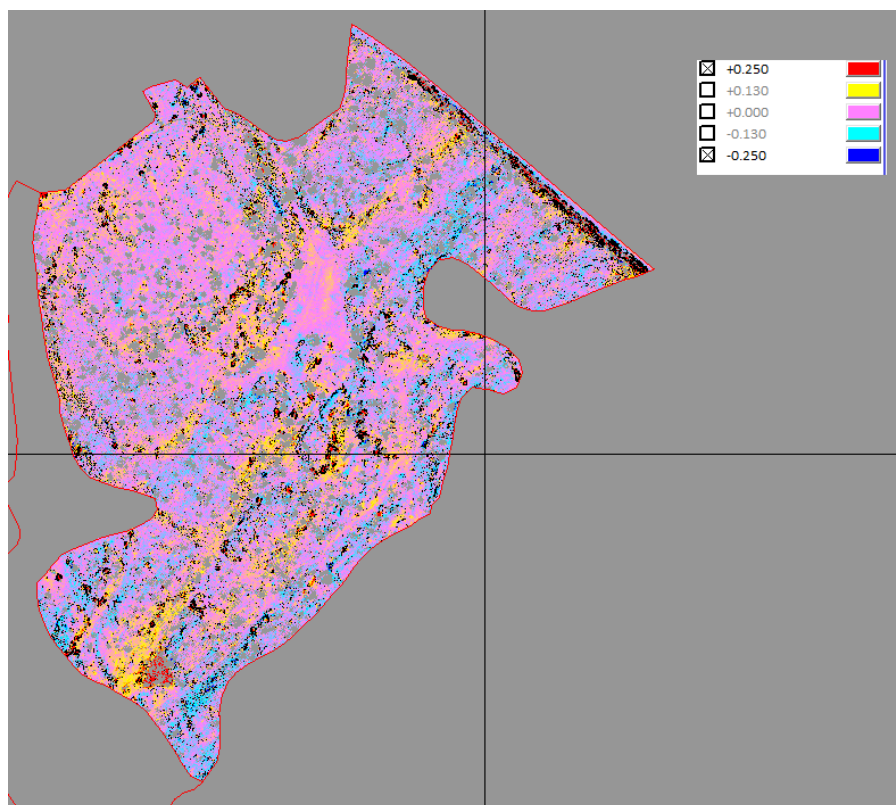
Oversiktsplott over Arendal



Bartrær

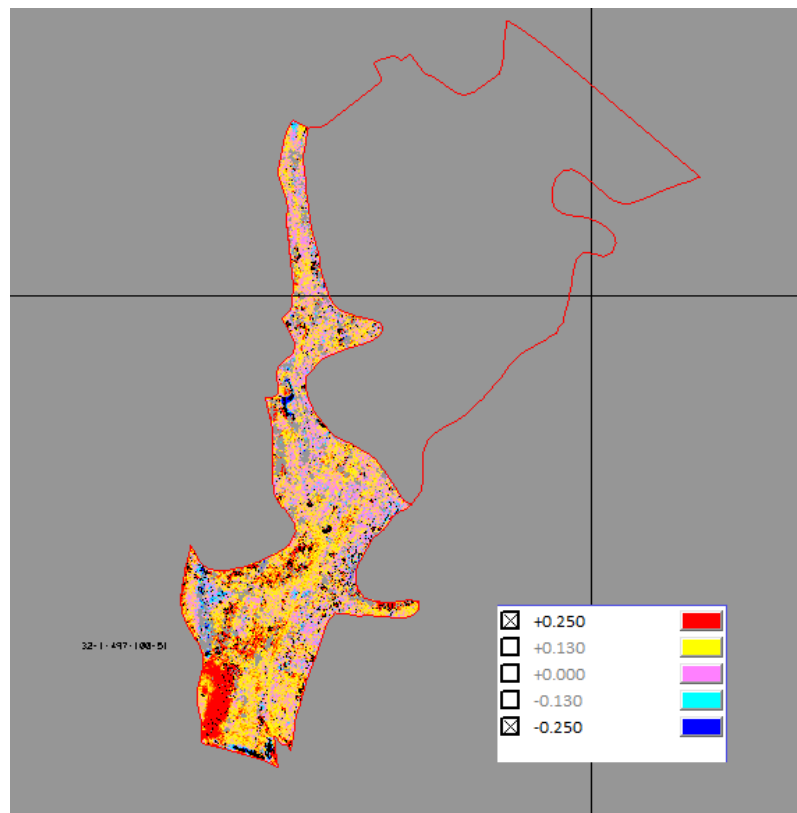


2022 vs 2008 DTM

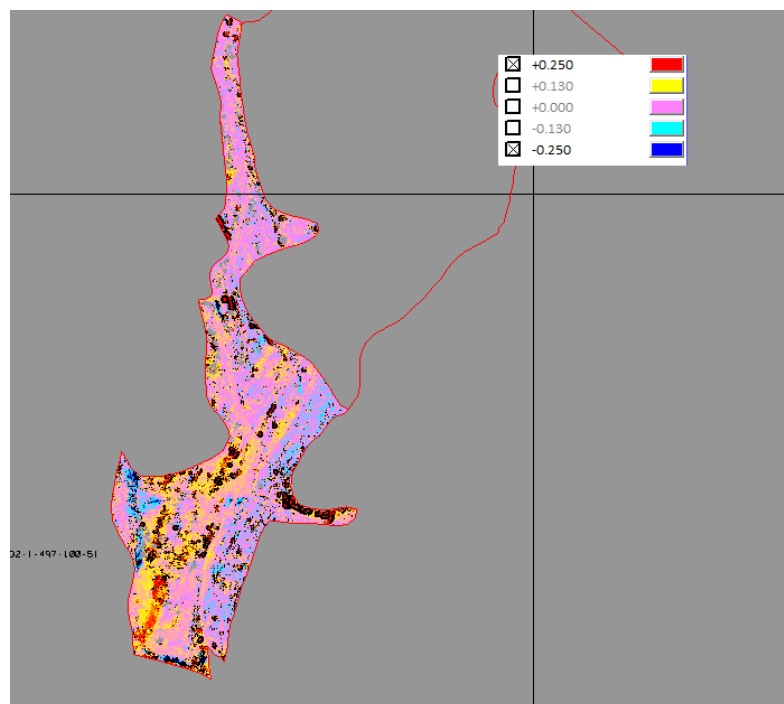


2022 vs 2015 DT

Løvtrær

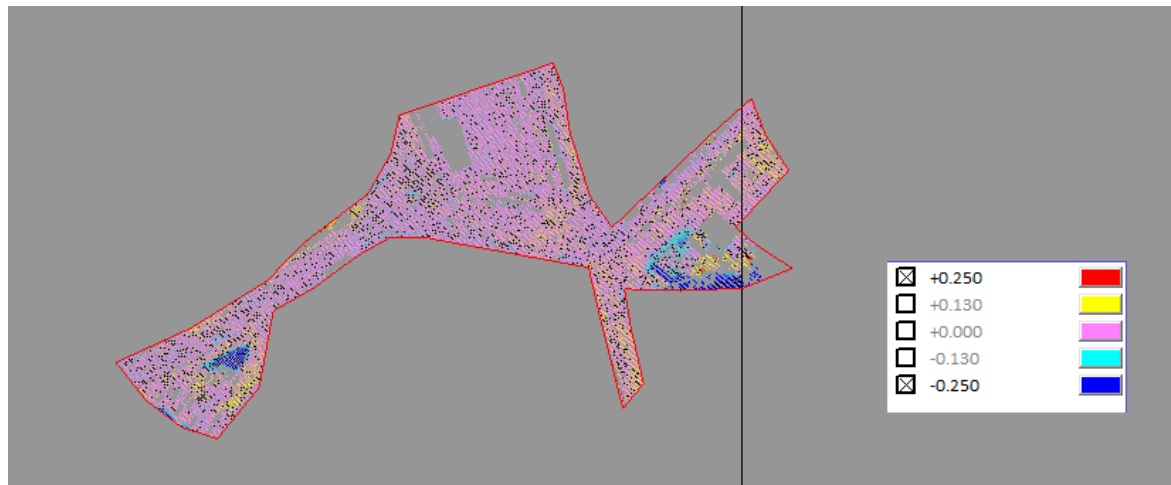


2022 vs 2008 DTM

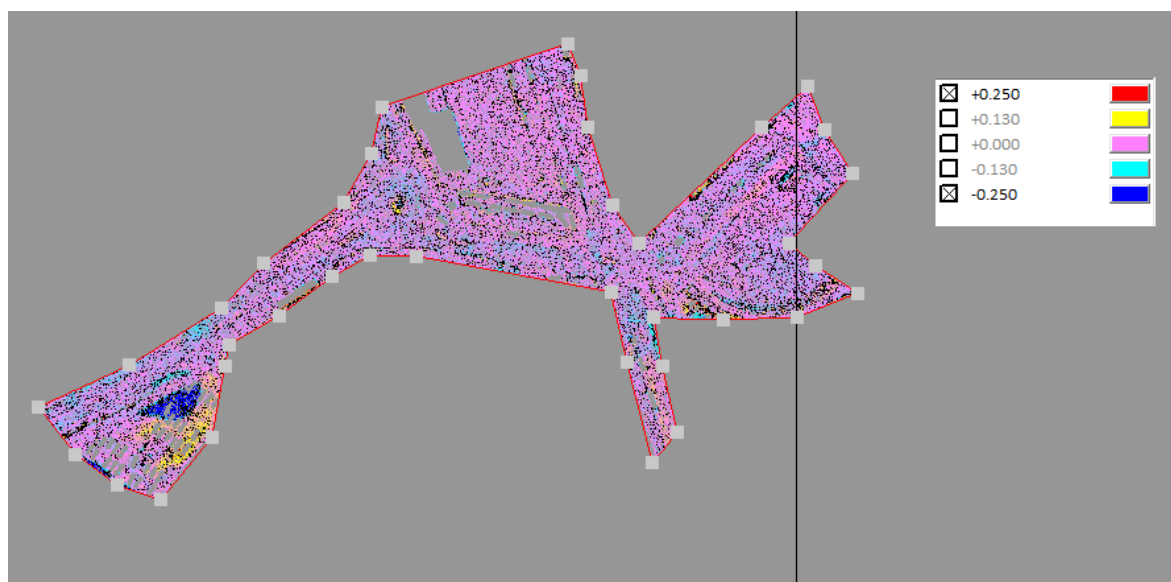


2022 vs 2015 DTM

Harde flater

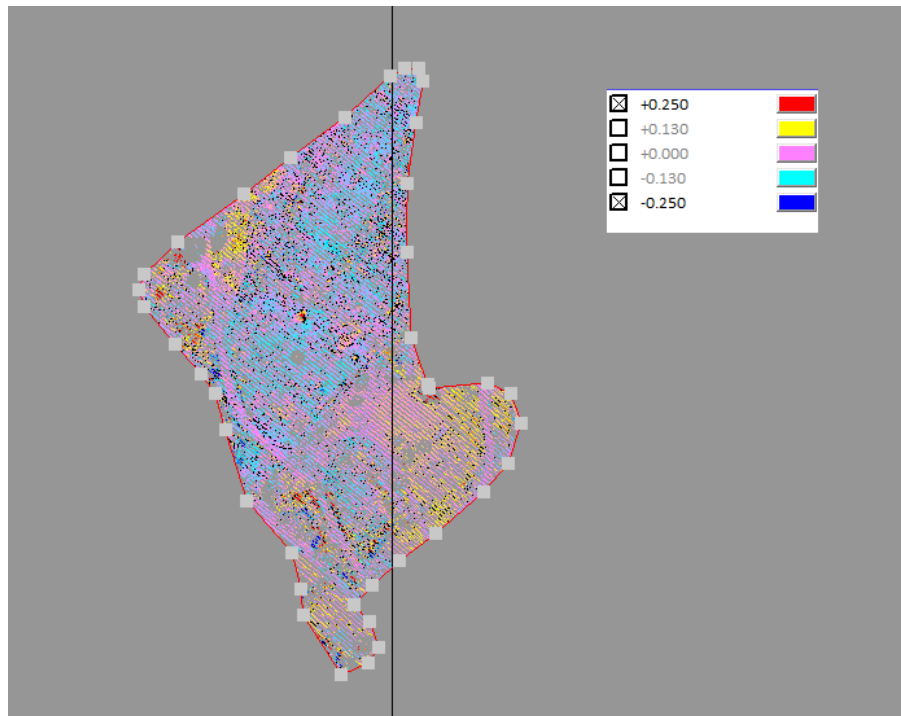


2022 vs 2008 DTM

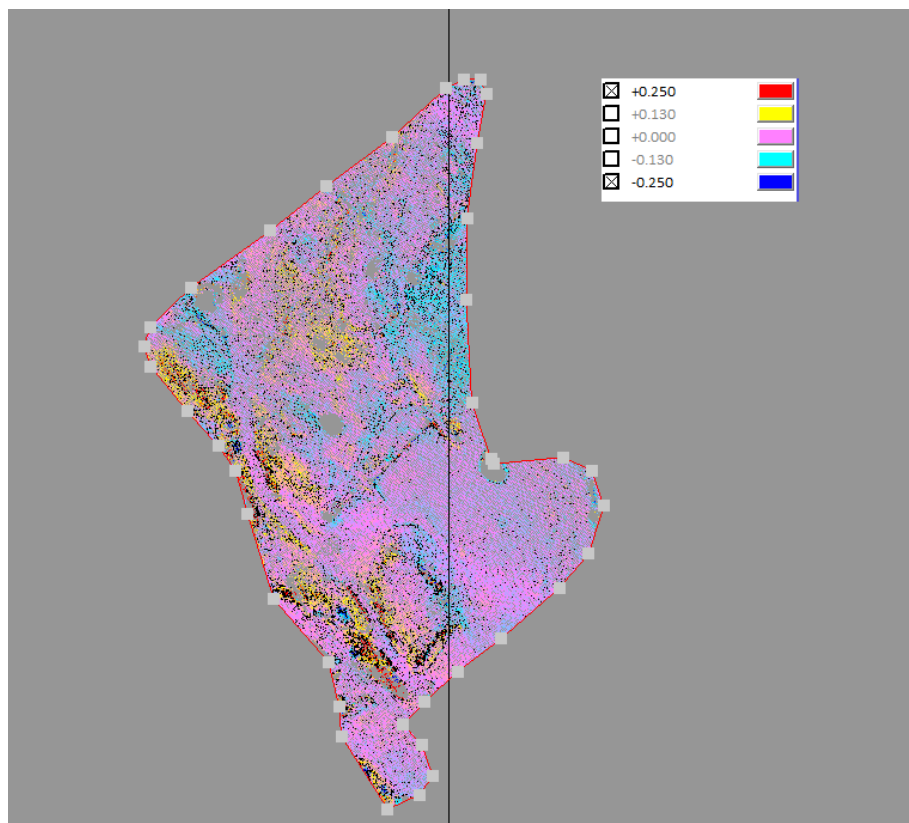


2022 vs 2015 DTM

Myke flater

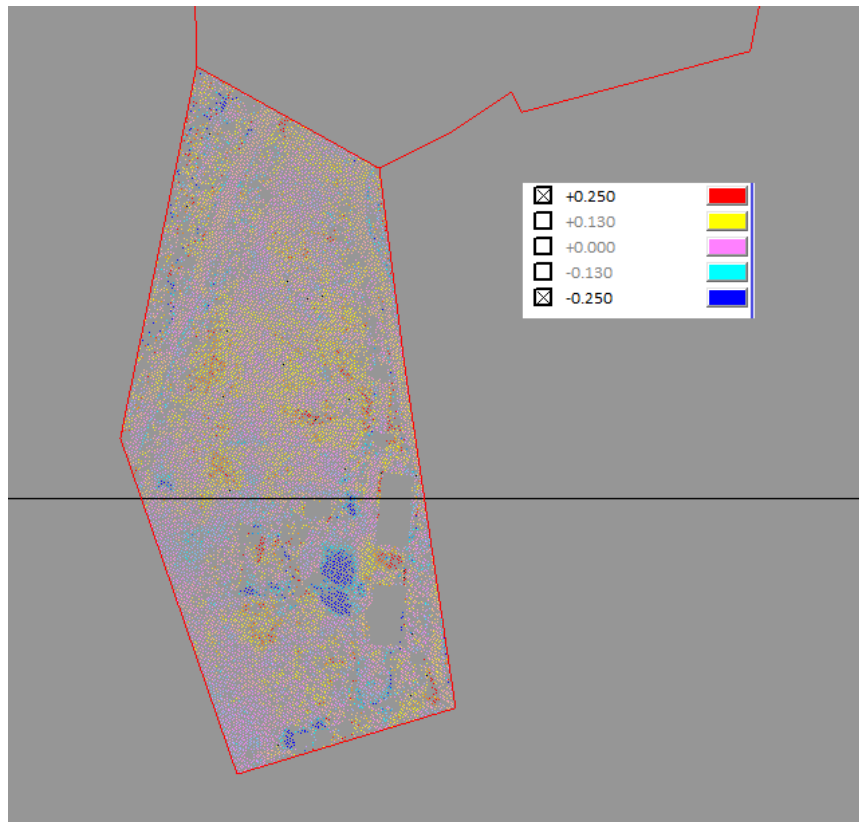


2022 vs 2008 DTM

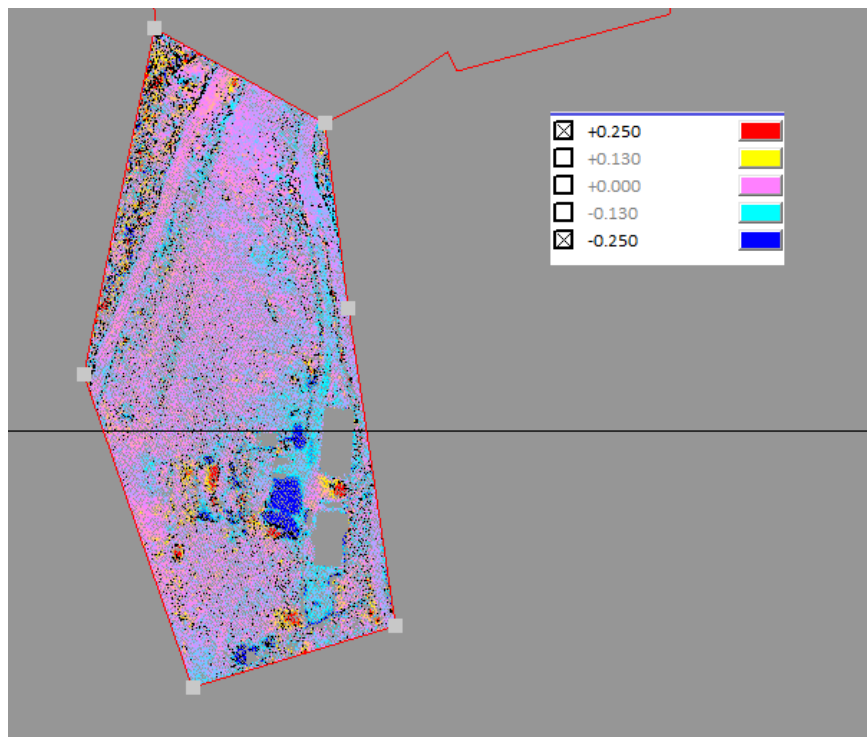


2022 vs 2015 DTM

Spredt vegetasjon



2022 vs 2008 DTM



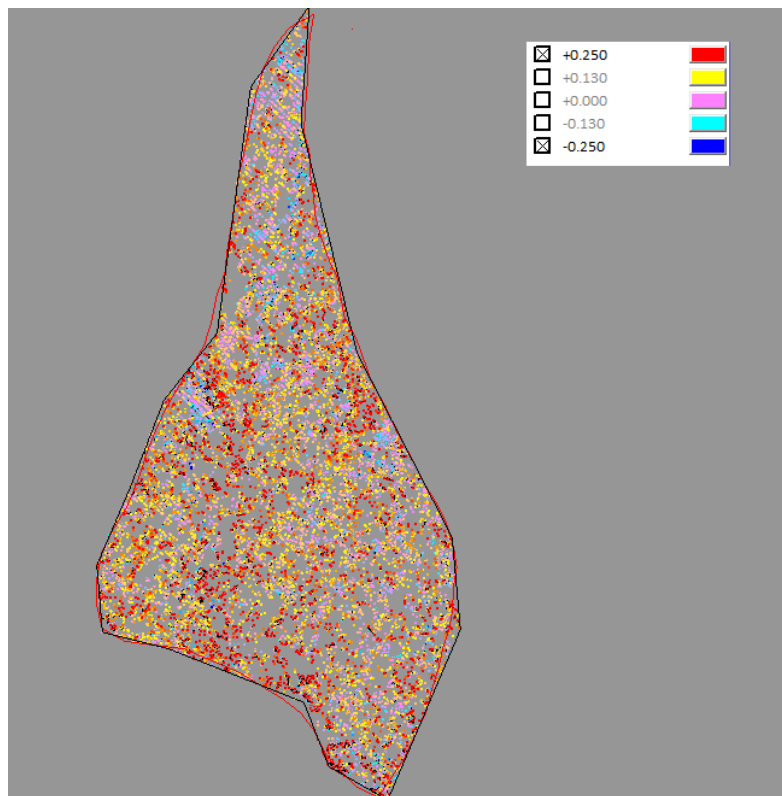
2022 vs 2015 DTM

6.3 Vaksdal

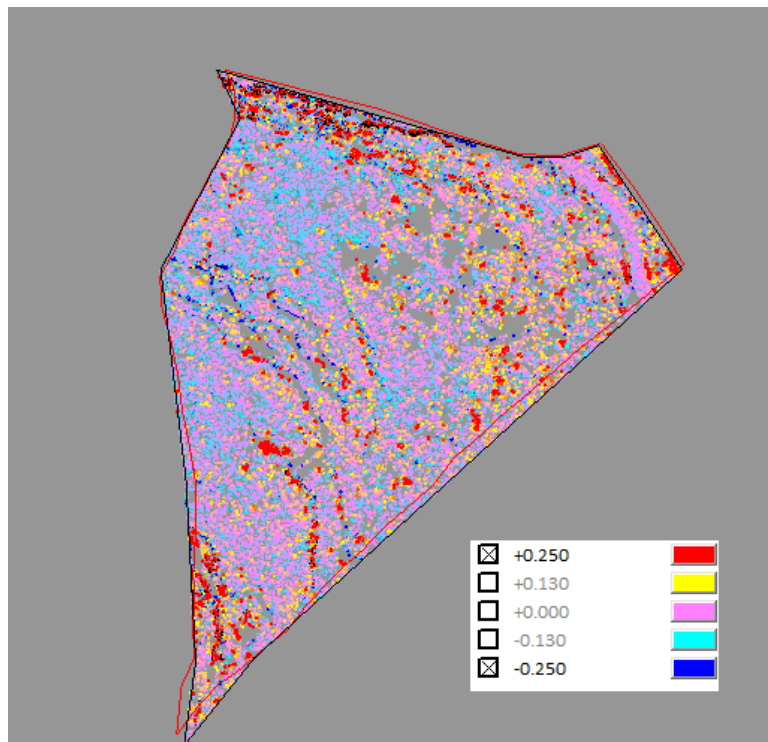
Oversiktsplott over Vaksdal



løvskog

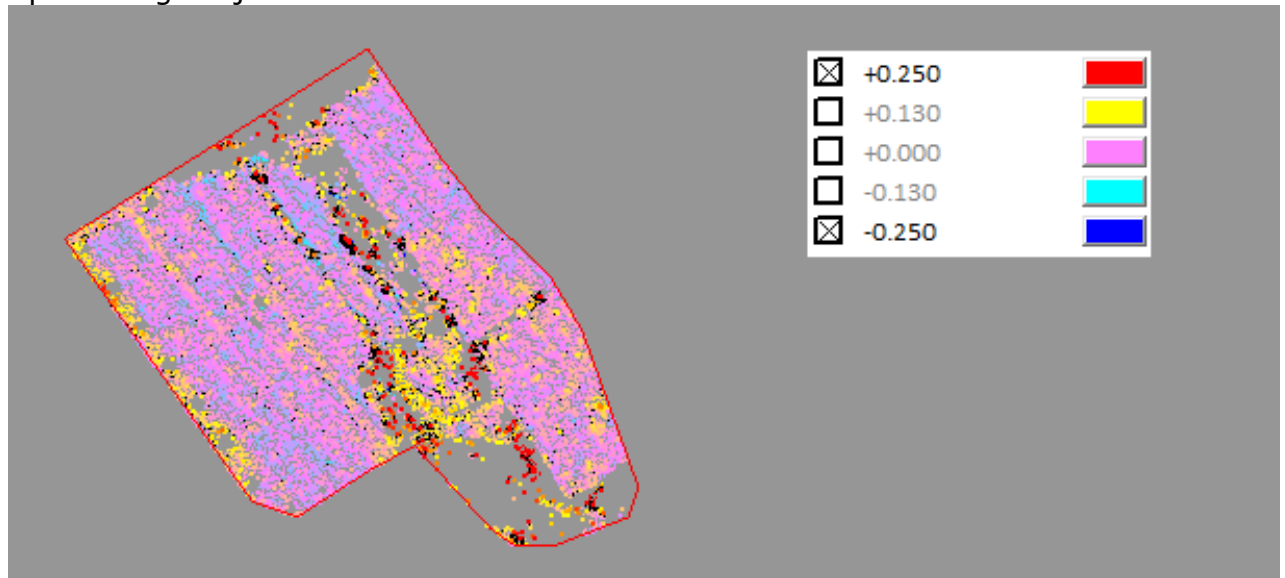


2021 vs 2010 DTM

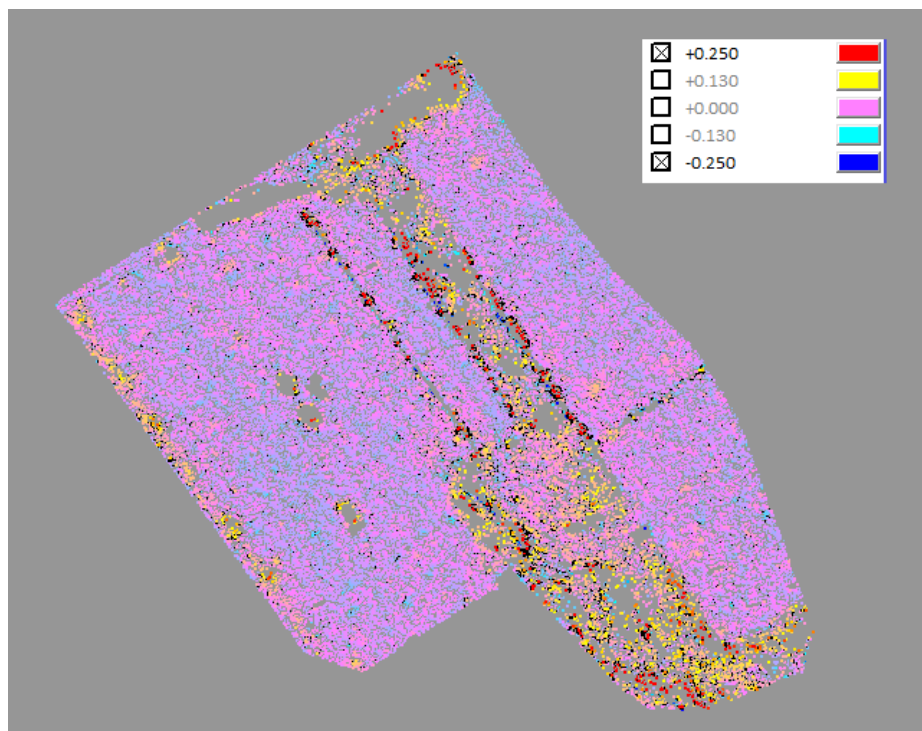


2021 vs 2018 DTM

Spredt Vegetasjon

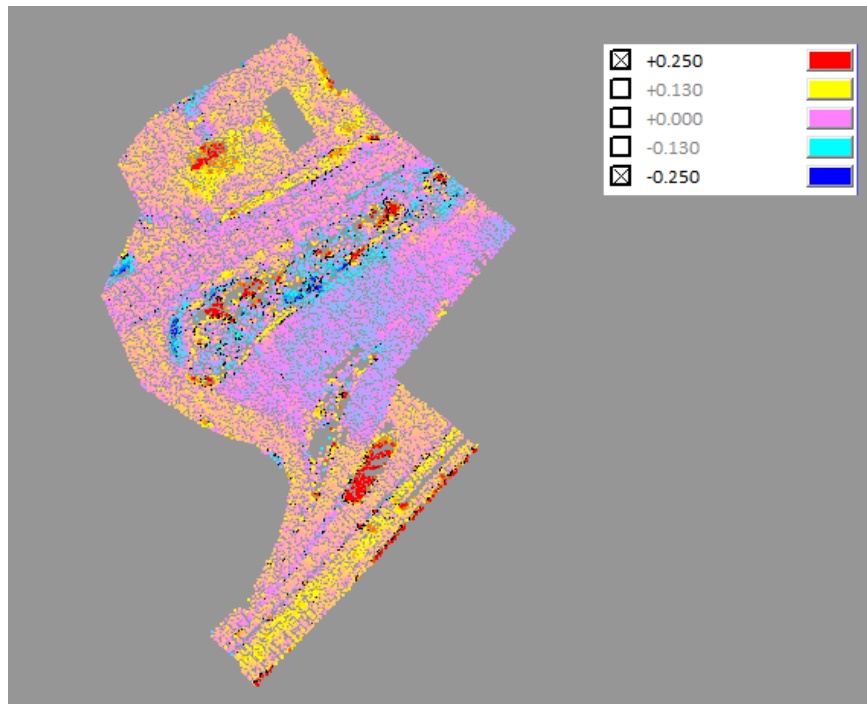


2021 vs 2010 DTM

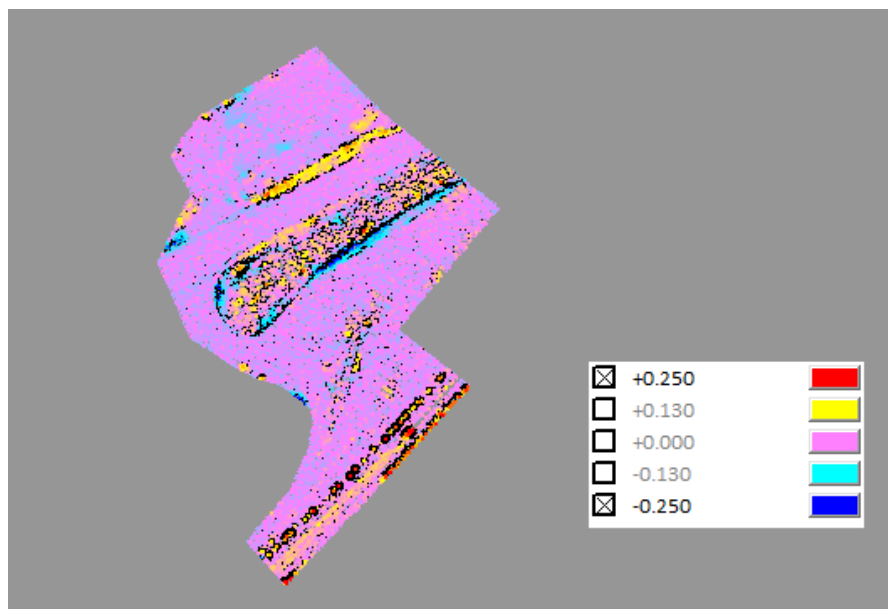


2021 vs 2018 DTM

Hard Flate

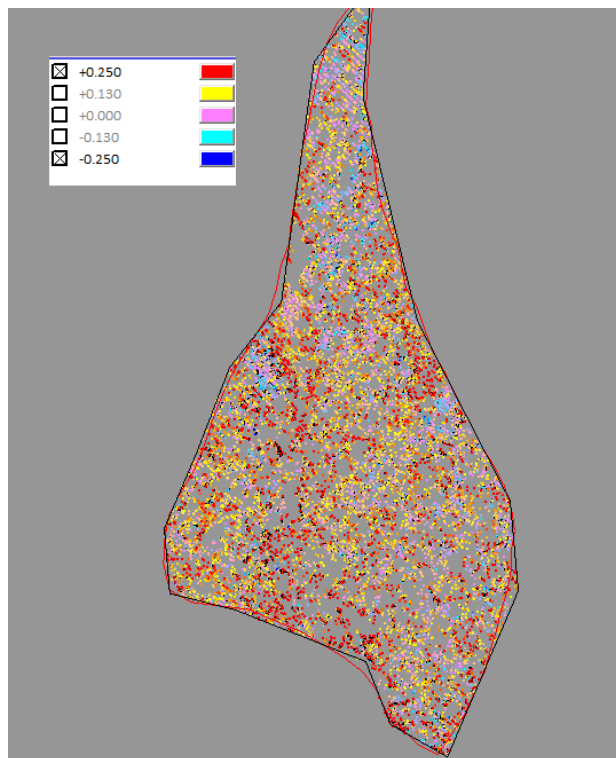


2021 vs 2010 DTM

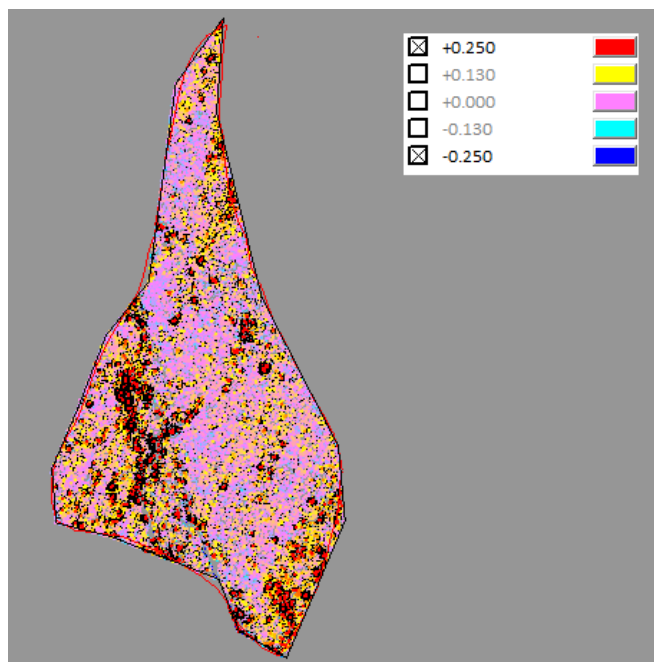


2021 vs 2018 DTM

Barskog

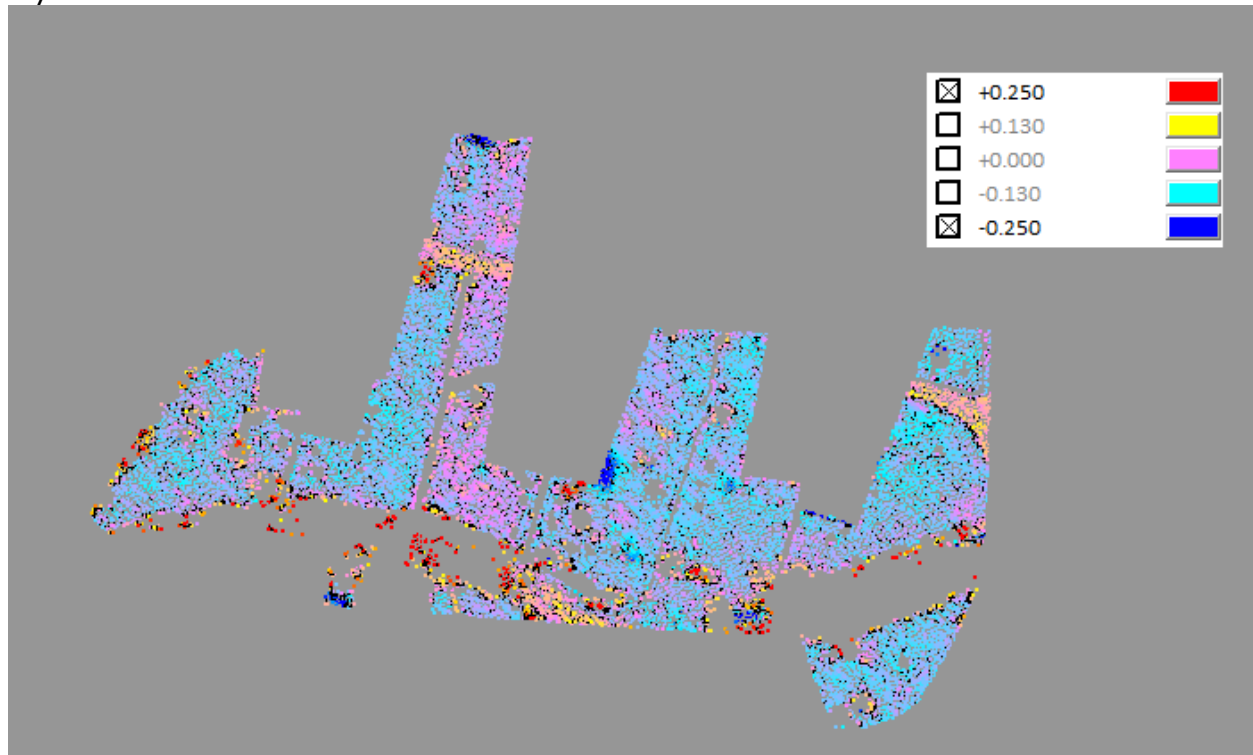


2021 vs 2010 DTM

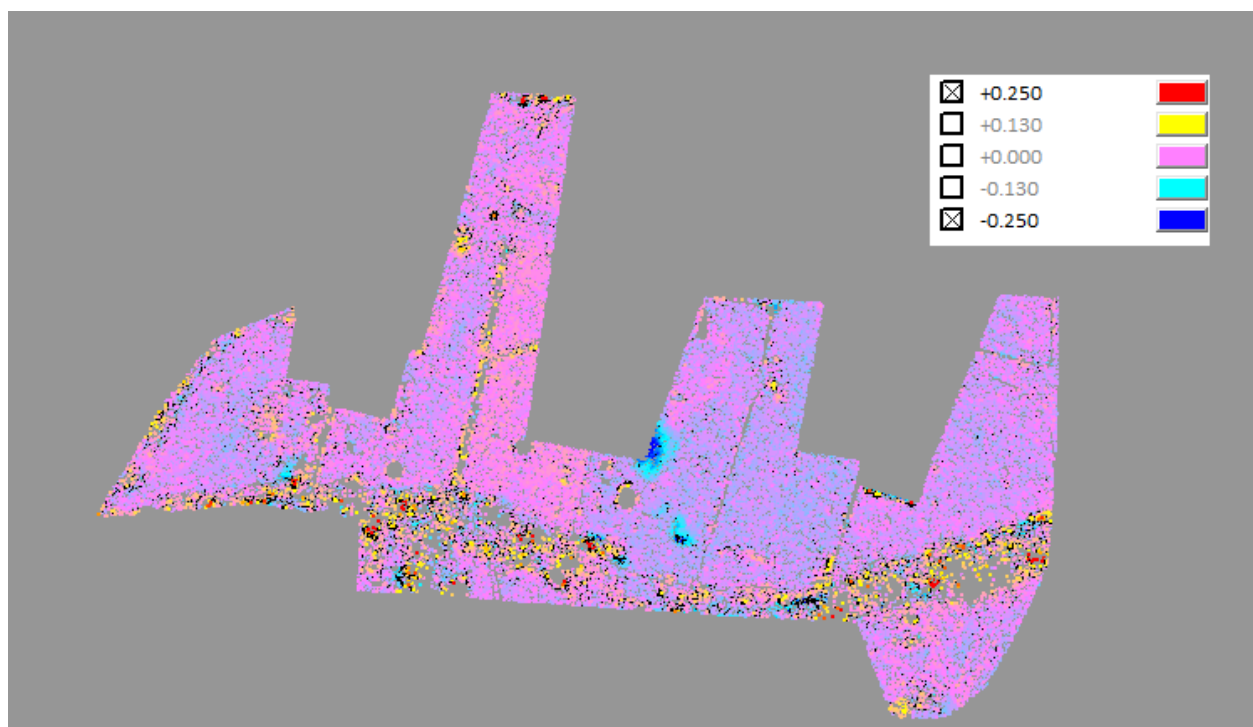


2021 vs 2018 DTM

Myke Flater



2021 vs 2010 DTM



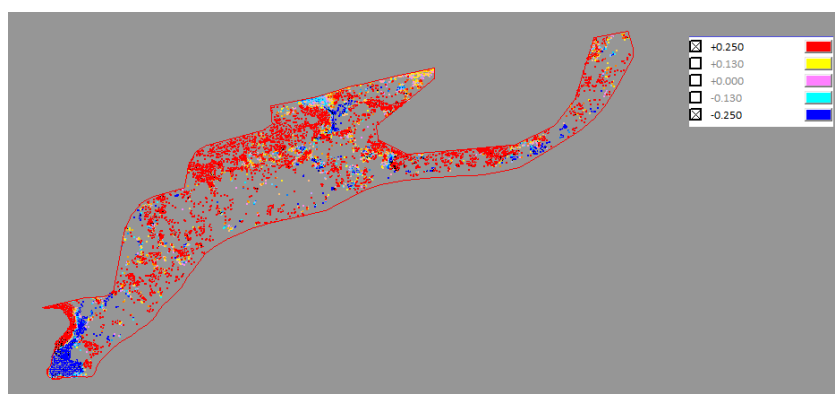
2021 vs 2018 DTM

6.4 Trondheim

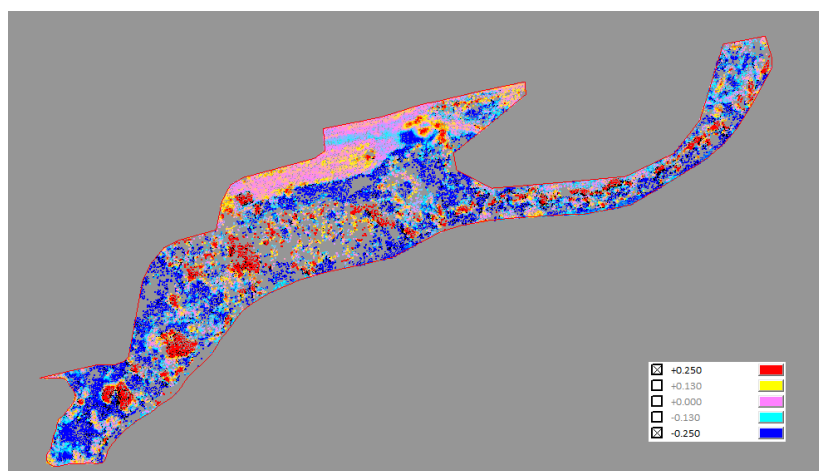
Oversiktsplott over



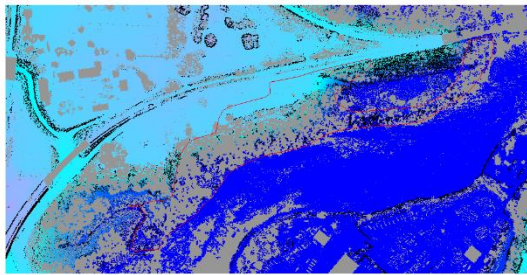
Løvtrær



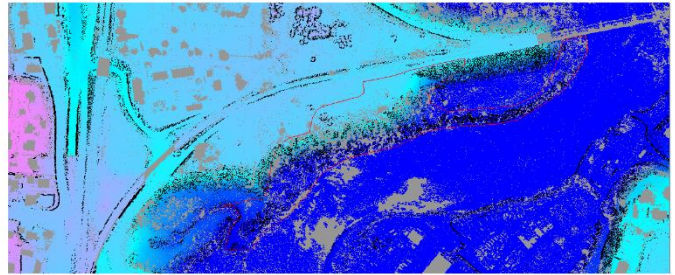
2020 vs 2010 DTM



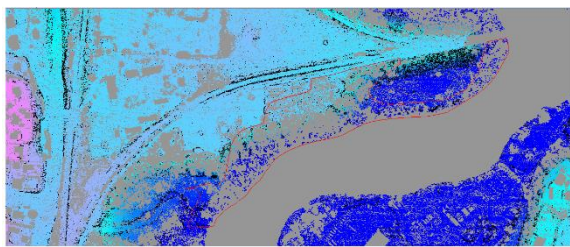
2020 vs 2017 DTM



2020, 30 pkt



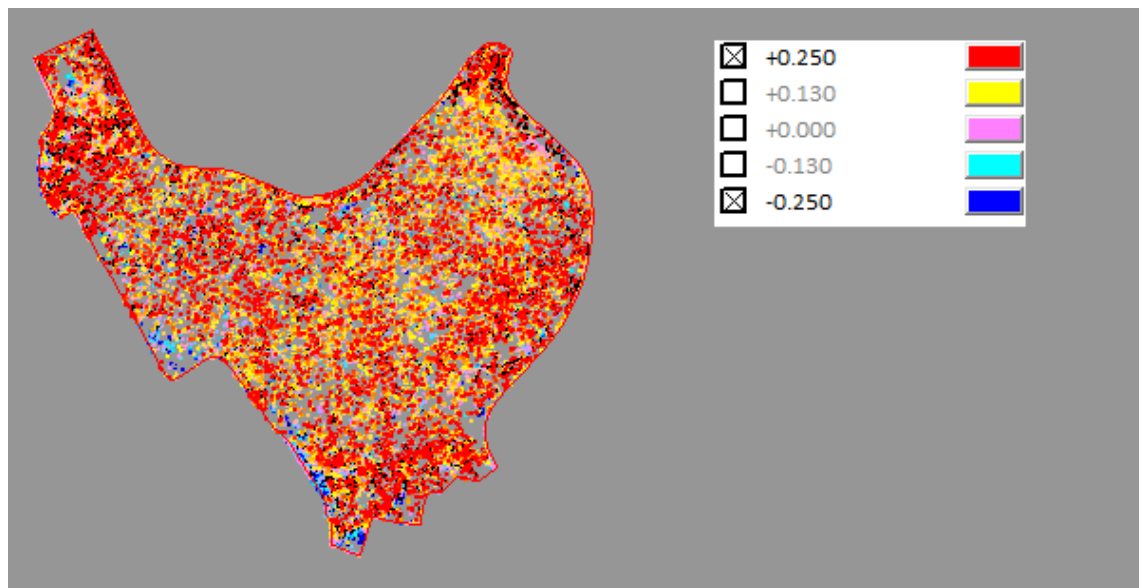
2017, 5 pkt



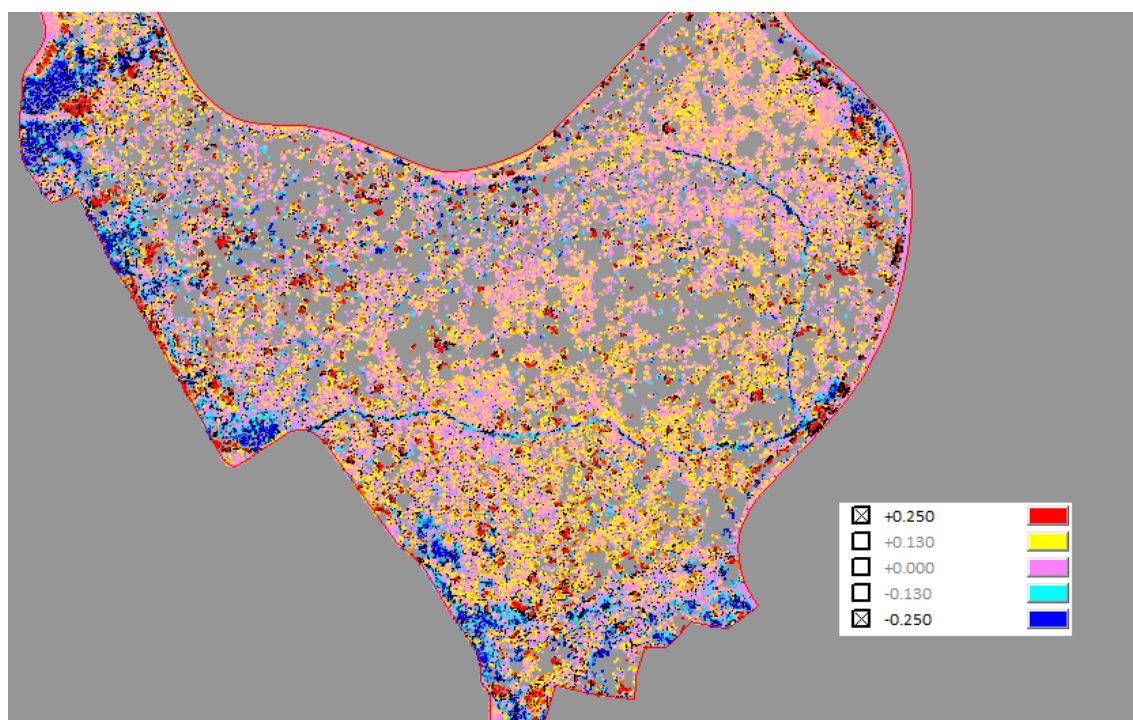
2010, 2 pkt

Bakkepunkt løvskog, ulik tetthet

Bartrær

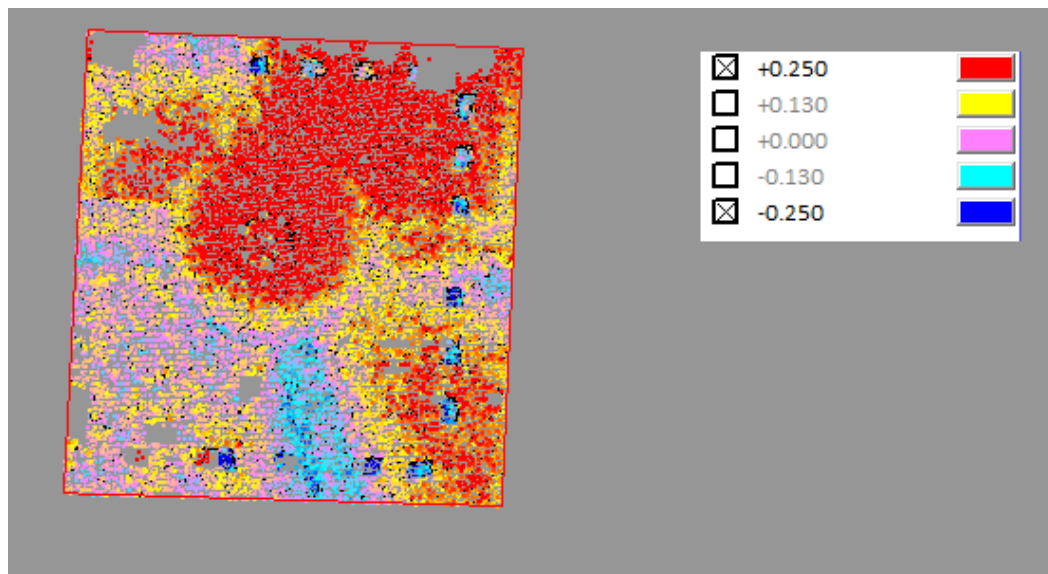


2020 vs 2010 DTM

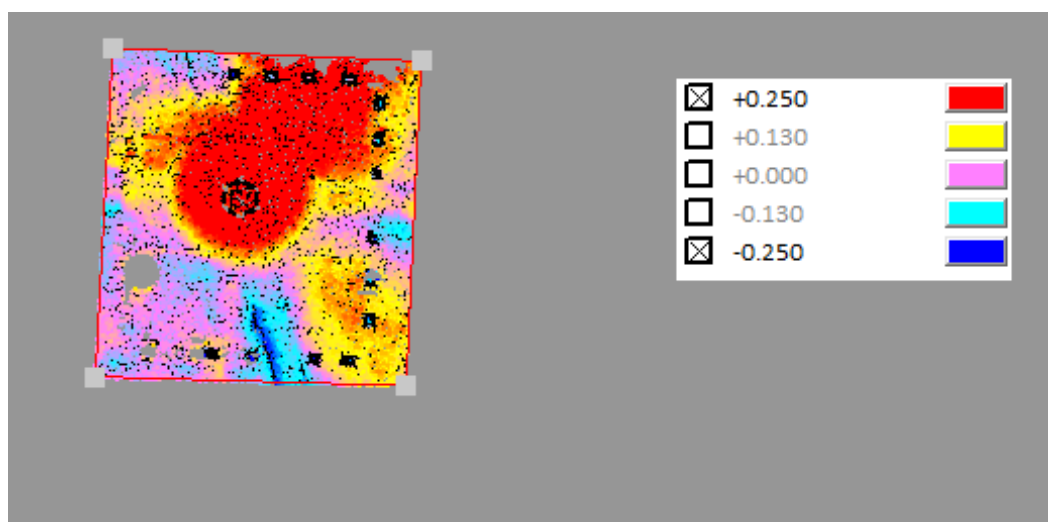


2020 vs 2017 DTM

Hard overflate

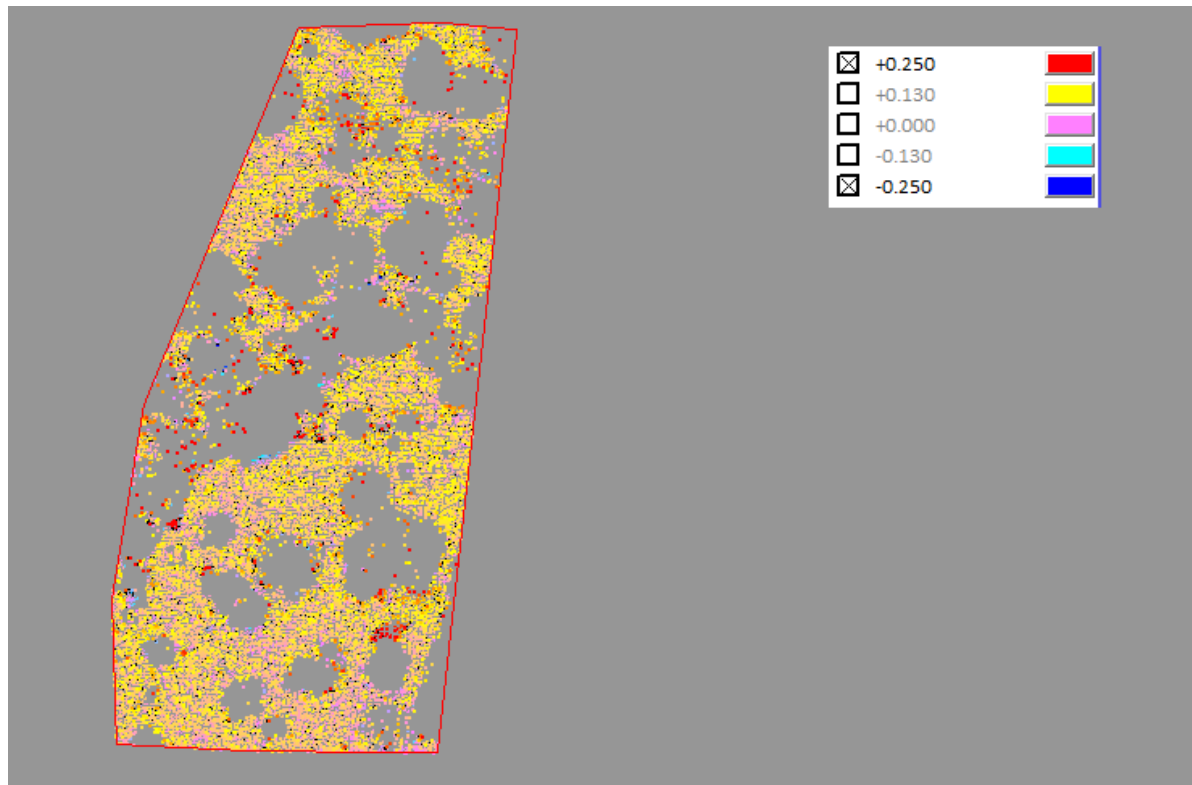


2020 vs 2010 DTM

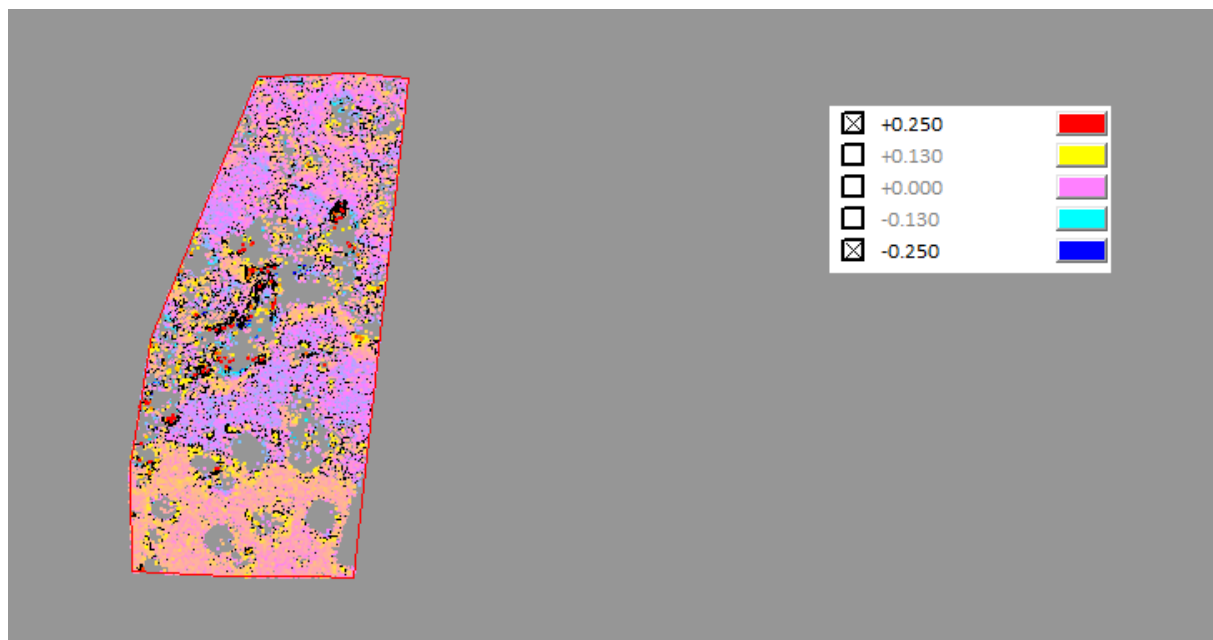


2020 vs 2017 DTM

Spredt Vegetasjon

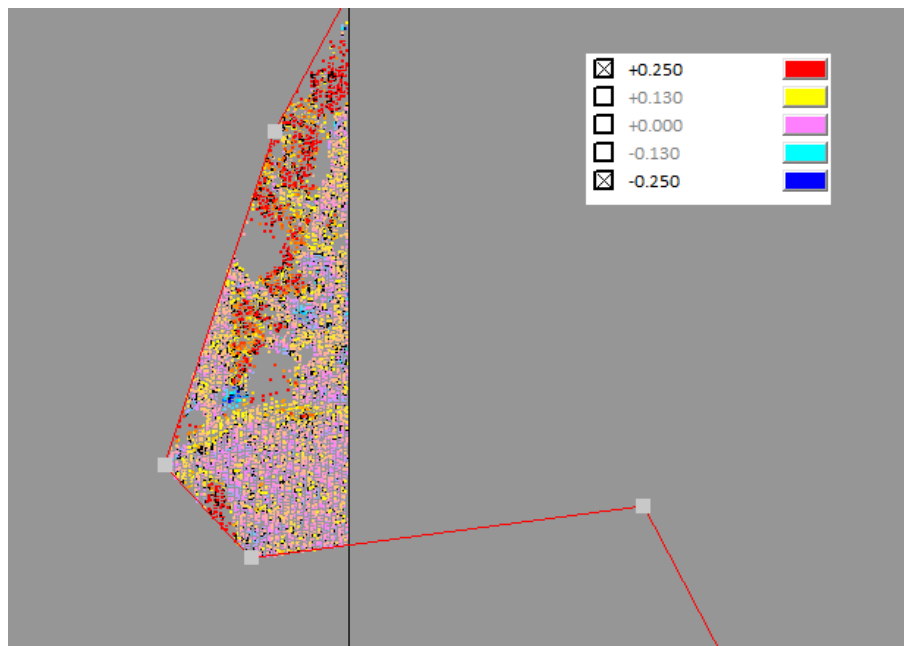


2020 vs 2010 DTM

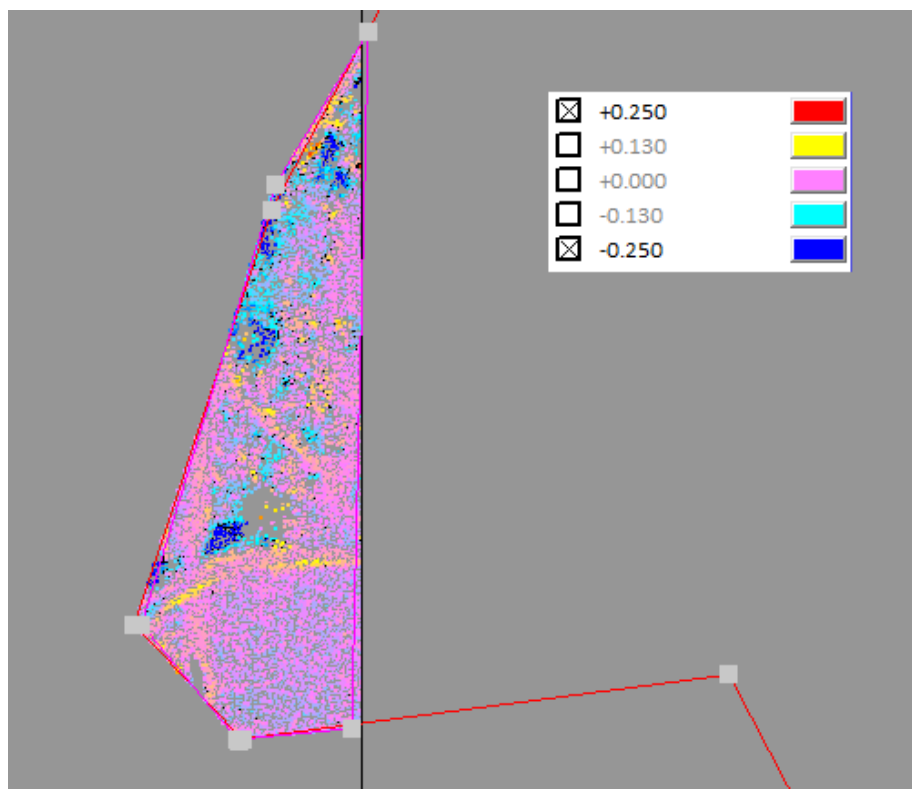


2020 vs 2017 DTM

Myke flater



2020 vs 2010 DTM



2020 vs 2017 DTM