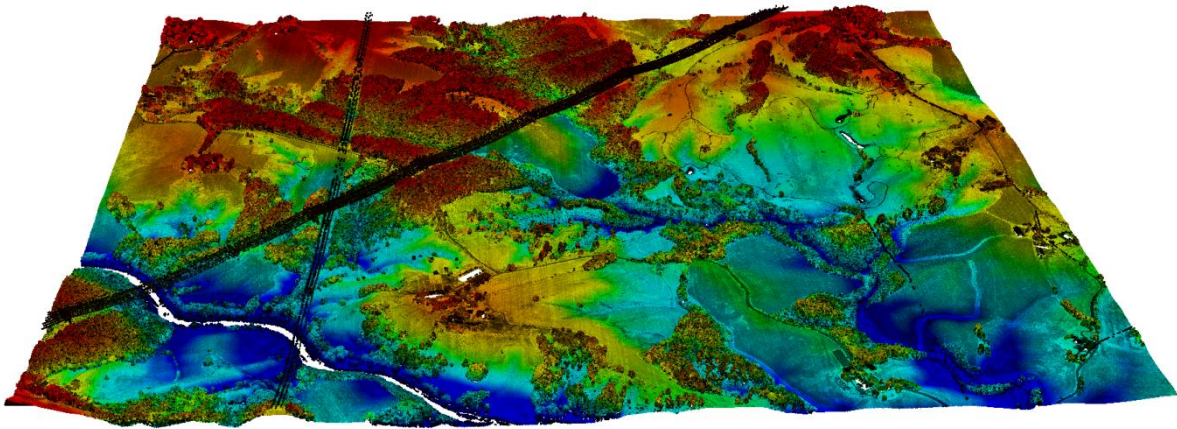


# Rapport

---

## Testprosjekt laserskanning

- Hvordan bestilt punkttetthet og skannetidspunkt påvirker antall bakketreff og nøyaktighet



15.05.2013

## Innhold

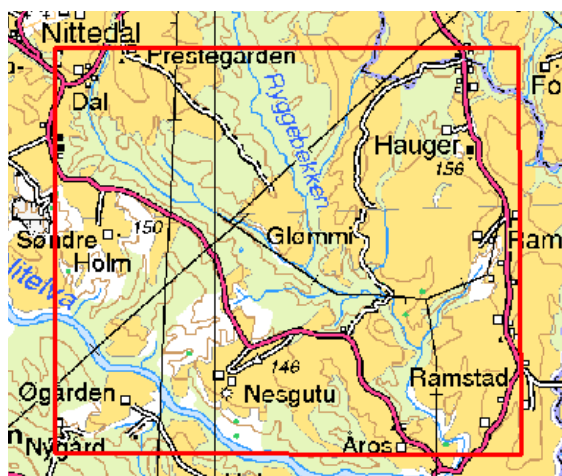
1. Innledning .....	3
2. Punkttetthet på bakken .....	5
3. Andel bakketreff .....	7
4. Stedfestingsnøyaktighet mot referansemodell .....	10
4.1 Bekkedal (myr) – antatt frodig undervegetasjon .....	11
4.2 Dyrket mark – ikke tresket i september (men glissen og dårlig vekst) .....	15
4.3 Tett granskog (plantefelt) .....	19
4.4 Tett løvskog .....	23
4.5 Kraftgate – antatt tett undervegetasjon .....	27
4.6 Vegskjæring .....	31
4.7 Parkeringsplass .....	35
4.8 Bekkedal med tett vegetasjon (blandingsskog) .....	39
5. Stedfestingsnøyaktighet mot landmålte data .....	43
5.1 Tett granskog .....	43
5.2 Tett undervegetasjon - ravine .....	44
5.3 Dyrket mark .....	45
5.4 Høgstflate – lav undervegetasjon .....	48
5.5 Tett løvskog .....	49
5.6 Parkeringsplass .....	50
6. Konklusjon .....	51
6.1 Antall bakketreff .....	52
6.2 Stedfestingsnøyaktighet .....	53
6.3 Videre arbeid .....	54
Tillegg A – Kontroll av stedfestingsnøyaktighet i høyde (målt mot referansemodell: April 10 pkt) .....	55
Tillegg B – Kontroll av stedfestingsnøyaktighet i høyde dyrket mark (målt mot referansemodell: April 5 pkt) .....	59
Tillegg C – Kontroll av stedfestingsnøyaktighet i høyde (målt mot landmålte kontrollpunkt) .....	60

## 1. Innledning

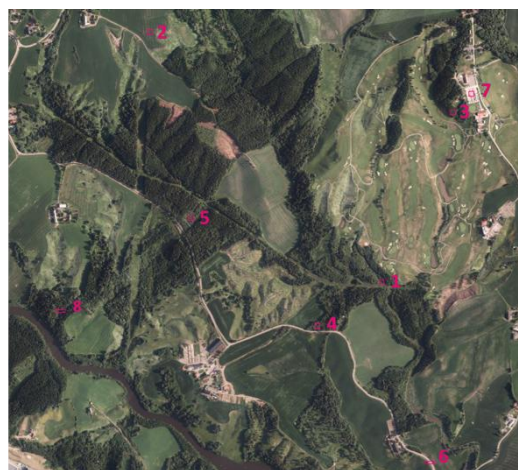
I Geovekst gjennomføres det mange store laserskanningsprosjekter. Det er noe usikkerhet knyttet til hvilken punkttetthet man skal benytte og hvilket tidspunkt på året man skal laserskanne for å oppnå en bestemt kvalitet. Geovekst-forum besluttet derfor i 2011 å gjennomføre et testprosjekt for å få mer erfaring i hvordan punkttetthet og tidspunkt på laserskanning påvirker kvalitet på leverte data. Prosjektet gjennomføres med Statens kartverk Trondheim som oppdragsgiver og Terratec AS som leverandør av laserskanningen.

Terratec valgte selv ut prosjektområdet, som befinner seg i Nittedal kommune. Spesielle kriterier for valg av område var:

- Område skal ha varierende vegetasjon (barskog, løvskog, åker, ulike typer bunnvegetasjon)
- Område skal bestå av varierende terreng (flatt, jevn kupering, skarpe knekklinjer)
- Område skal bestå av minst en bekkedal og gjerne en elv der det er tett vegetasjon langs kantene
- Området skal bestå av veganlegg med fylling og skjæring



*Prosjektområdet i Nittedal*



*Beliggenhet av de 8 kontrollområdene*

Det var planlagt 4 skanninger av prosjektområdet:

- Før løvsprett
- Midten av juni
- Midten av august (før tresking av kornåker)
- Etter løvfall

Hvert av skannetidspunktene er skannet med fire ulike punkttettheter (1, 2, 5 og 10 punkt pr m<sup>2</sup>), totalt 16 skanninger. 10 punkts skanningen består av en dobbel skanning av 5 punkts planen.

<b>Skanning</b>	<b>Flydato</b>
April 1, 2, 5 og 10 punkt	28.04.2011
August 1, 2, 5 og 10 punkt	27.08.2012
September 1 og 2 punkt	10.09.2011
September 5 og 10 punkt	01.09.2011
Oktober 1 og 2 punkt	28.10.2011
Oktober 5 og 10 punkt	29.10.2011

*Gjennomførte skanninger 2011 og 2012*

På grunn av tekniske problemer og utfordrende vær i 2011, ble det ikke gjennomført skanninger i midten av juni og august. Dette medfører at vi spesielt manglet data for fullvokst åker. Skanningen fra september 2011 inneholder riktignok områder som ikke var tresket, men åkeren var glissen så resultatet gir ikke et riktig bilde av konsekvensene ved skanning av tett, fullvokst kornåker. Det ble derfor besluttet å utføre en skanning i august 2012 for å få et mer representativt datasett for skanning av åkerlandskap.

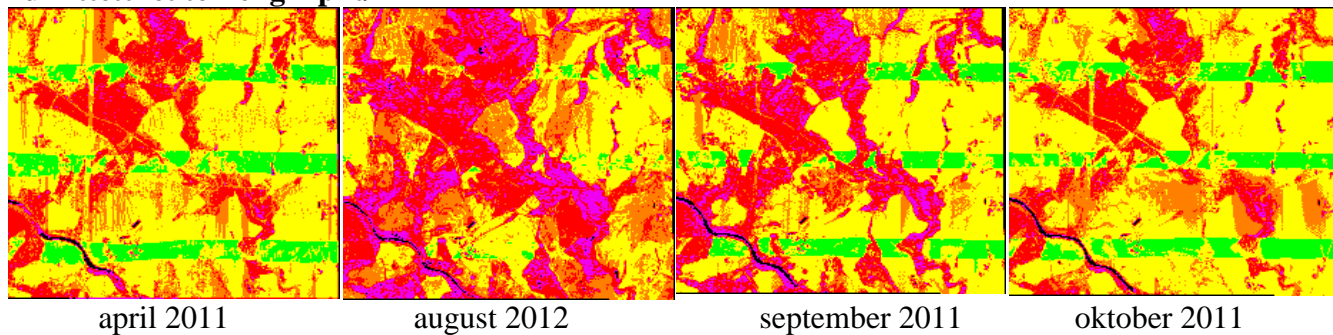
Denne rapporten omhandler en endelig analyse av punktgjennomtrengelighet (antall bakketreff) og stedfestingsnøyaktighet basert på skanningene utført i 2011 og 2012. Ortofotoet som er benyttet som bakgrunnsillustrasjon i rapporten er fra 2006 og beskriver dermed nødvendigvis ikke situasjonen på skannetidspunktet.

Hamar, juni 2013

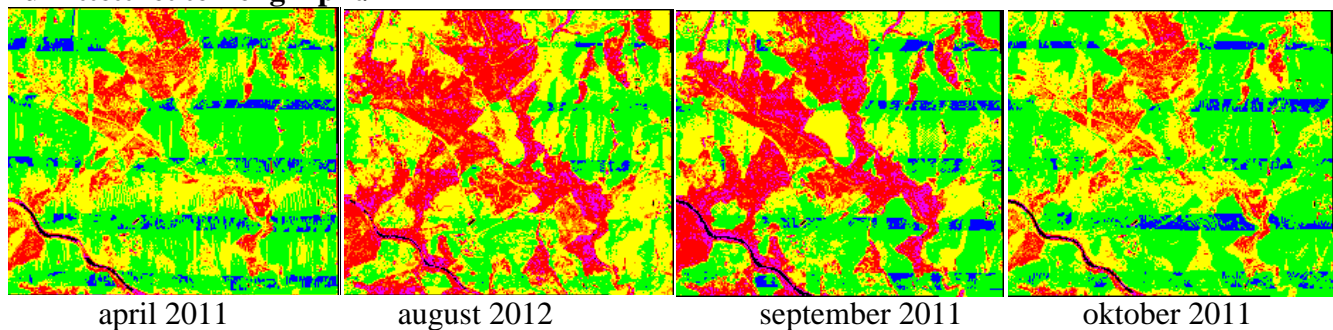
Håkon Dåsnes

## 2. Punkttetthet på bakken

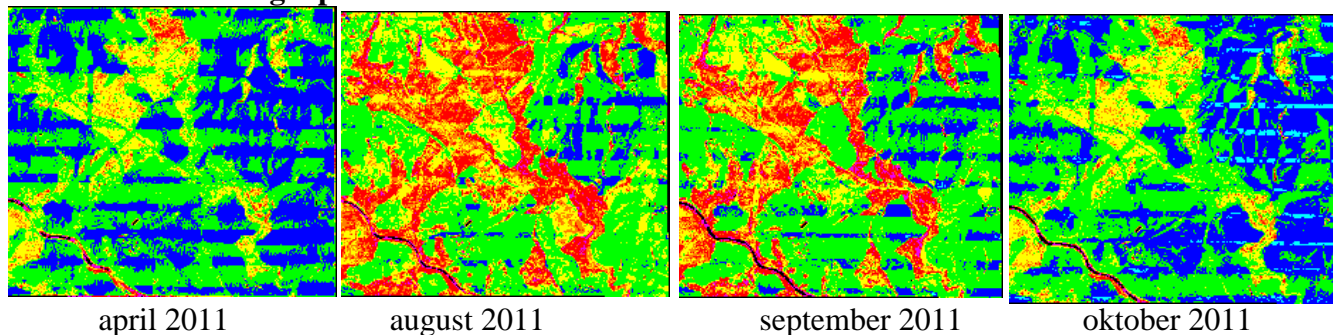
### Punkttetthet terreng 1 pkt/m<sup>2</sup>



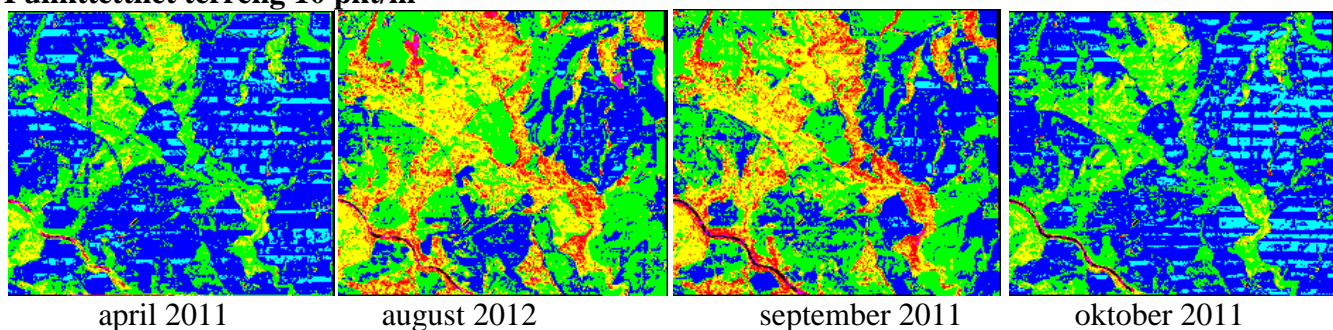
### Punkttetthet terreng 2 pkt/m<sup>2</sup>



### Punkttetthet terreng 5 pkt/m<sup>2</sup>



### Punkttetthet terreng 10 pkt/m<sup>2</sup>





Bildene over viser punkttettheten på bakken for de ulike skanningene. Punkttettheten er synliggjort med farger i henhold til tabellen under.

Farge	Punkttetthet	Fargeverdier		
		R	G	B
Lyseblå	> 10 punkt	0	255	255
Blått	5-10 punkt	0	0	255
Grønt	2-5 punkt	0	255	0
Gult	1-2 punkt	255	255	0
Orange	0.7-1 punkt	255	127	0
Rødt	0.2-0.7 punkt	255	0	0
Magenta	< 0.2 punkt	255	0	255
Svart	0 punkt	0	0	0

April og oktober skanningene ser ut til å ha omtrent lik punkttetthet på bakken, mens september og august skanningene har signifikant lavere punkttetthet. Det er verdt å merke seg at skanningen fra august 2012 har vesentlig lavere punkttetthet enn skanningen fra september 2011, spesielt gjelder dette 1 pkt skanningen.

### 3. Andel bakketreff

Telling av antall 1. retur og bakkepunkt innenfor de 8 kontrollområdene, ruter på 20x20 meter (to områder er på 10x40 meter).

På grunn av filtreringsalgoritmer benyttet under den automatiske bakkeklassifiseringen gir ikke telling av antall klassifiserte bakkepunkt (klasse 2) nødvendigvis et korrekt bilde av gjennomtrengningsevnen for de ulike skanningene. For 2, 5 og 10 punkts skanningene utført i 2011 har vi fått to leveranser med ulike parametere for filtrering. Den første leveransen er utført med parametre som er vanlig for Geovekst-leveranser. Som det fremgår av tabellene under blir en stor andel bakketreff filtrert bort fra bakkeklassen, spesielt i åpne veldefinerte områder med høy punkttetthet. I den andre leveransen er færre punkt filtrert bort og dette gir en markert økning i antall bakkepunkt, spesielt for 5 og 10 punkts skanningene i åpne veldefinerte områder.

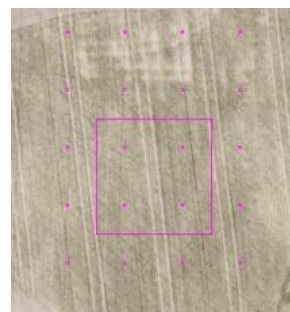
Det er også verdt å merke seg at antall 1. retur for enkelte kontrollområder er markert høyere enn bestilt punkttetthet, av flere årsaker:

- Minimum krav til punkttetthet gir en faktor på omtrent 1,5 i gjennomsnittlig punkttetthet
- Referanse-høyden er satt til absolutt laveste punkt i hver stripe
- I overlapsområdene blir punkttettheten høyere
- Flyhastigheten kan ha vært lavere enn planlagt

Område 1 - Bekkedal med undervegetasjon					
Skanning	Antall 1. retur	Antall bakkepunkt - 1. filtrering	% andel bakketreff - 1. filtrering	Antall bakkepunkt - 2. filtrering	% andel bakketreff - 2. filtrering
April - 1 pkt	1,20	0,99	83 %		
August - 1 pkt	1,06	0,39	37 %		
September - 1 pkt	1,01	0,61	61 %		
Oktober - 1 pkt	1,07	1,07	100 %		
April - 2 pkt	2,03	1,52	75 %	1,80	89 %
August - 2 pkt	2,11	0,63	30 %		
September - 2 pkt	2,36	0,41	17 %	1,15	49 %
Oktober - 2 pkt	2,33	1,31	56 %	1,64	70 %
April - 5 pkt	11,82	3,00	25 %	6,01	51 %
August - 5 pkt	16,33	1,22	7 %		
September - 5 pkt	14,37	1,51	11 %	2,52	18 %
Oktober - 5 pkt	17,04	2,68	16 %	5,85	34 %
April - 10 pkt	18,12	3,97	22 %	8,95	49 %
August - 10 pkt	21,63	1,88	9 %		
September - 10 pkt	20,16	1,55	8 %	2,36	12 %
Oktober - 10 pkt	21,94	3,10	14 %	7,42	34 %



Område 2 - Dyrket mark - utresket i september					
Skanning	Antall 1. retur	Antall bakkepunkt - 1. filtrering	% andel bakketreff - 1. filtrering	Antall bakkepunkt - 2. filtrering	% andel bakketreff - 2. filtrering
April - 1 pkt	0,76	0,76	100 %		
August - 1 pkt	1,13	0,95	84 %		
September - 1 pkt	1,14	0,99	87 %		
Oktober - 1 pkt	0,86	0,68	79 %		
April - 2 pkt	2,32	2,31	100 %	2,32	100 %
August - 2 pkt	2,94	1,26	43 %		
September - 2 pkt	2,23	1,25	56 %	1,45	65 %
Oktober - 2 pkt	2,49	2,47	99 %	2,49	100 %
April - 5 pkt	5,48	4,63	84 %	5,46	100 %
August - 5 pkt	5,96	2,09	35 %		
September - 5 pkt	5,74	1,82	32 %	2,55	44 %
Oktober - 5 pkt	6,86	5,76	84 %	6,84	100 %
April - 10 pkt	23,32	10,61	45 %	20,80	89 %
August - 10 pkt	16,78	3,01	18 %		
September - 10 pkt	23,51	3,10	13 %	5,52	23 %
Oktober - 10 pkt	26,65	12,14	46 %	21,80	82 %



Område 3 - Tett granskog					
Skanning	Antall 1. retur	Antall bakkepunkt - 1. filtrering	% andel bakketreff - 1. filtrering	Antall bakkepunkt - 2. filtrering	% andel bakketreff - 2. filtrering
April - 1 pkt	3,43	0,21	6%		
August - 1 pkt	3,76	0,16	4%		
September - 1 pkt	3,57	0,13	4%		
Oktober - 1 pkt	3,65	0,24	7%		
April - 2 pkt	2,03	0,29	14%	0,29	14%
August - 2 pkt	2,42	0,28	11%		
September - 2 pkt	2,26	0,17	7%	0,17	7%
Oktober - 2 pkt	1,90	0,20	10%	0,20	10%
April - 5 pkt	15,03	0,85	6%	0,96	6%
August - 5 pkt	7,40	0,27	4%		
September - 5 pkt	5,50	0,24	4%	0,26	5%
Oktober - 5 pkt	8,36	0,44	5%	0,50	6%
April - 10 pkt	20,65	1,26	6%	1,48	7%
August - 10 pkt	14,65	0,64	4%		
September - 10 pkt	12,39	0,46	4%	0,55	4%
Oktober - 10 pkt	14,92	0,94	6%	1,12	8%



Område 4 - Tett løvskog					
Skanning	Antall 1. retur	Antall bakkepunkt - 1. filtrering	% andel bakketreff - 1. filtrering	Antall bakkepunkt - 2. filtrering	% andel bakketreff - 2. filtrering
April - 1 pkt	1,07	0,74	69%		
August - 1 pkt	1,08	0,10	9%		
September - 1 pkt	1,34	0,17	13%		
Oktober - 1 pkt	0,97	0,77	79%		
April - 2 pkt	2,22	1,49	67%	1,55	70%
August - 2 pkt	2,19	0,20	9%		
September - 2 pkt	2,43	0,22	9%	0,23	9%
Oktober - 2 pkt	2,52	1,87	74%	2,08	83%
April - 5 pkt	16,79	4,10	24%	8,25	49%
August - 5 pkt	13,63	0,57	4%		
September - 5 pkt	15,71	0,42	3%	0,46	3%
Oktober - 5 pkt	17,31	4,09	24%	8,88	51%
April - 10 pkt	21,90	4,42	20%	9,99	46%
August - 10 pkt	19,17	0,84	4%		
September - 10 pkt	20,96	0,56	3%	0,65	3%
Oktober - 10 pkt	23,27	4,45	19%	11,02	47%



Område 5 - Tett undervegetasjon (kraftgate)					
Skanning	Antall 1. retur	Antall bakkepunkt - 1. filtrering	% andel bakketreff - 1. filtrering	Antall bakkepunkt - 2. filtrering	% andel bakketreff - 2. filtrering
April - 1 pkt	1,11	0,86	77%		
August - 1 pkt	1,41	0,43	30%		
September - 1 pkt	1,39	0,48	35%		
Oktober - 1 pkt	1,65	1,11	67%		
April - 2 pkt	2,45	1,60	65%	1,85	76%
August - 2 pkt	2,36	0,58	24%		
September - 2 pkt	1,92	0,42	22%	0,45	23%
Oktober - 2 pkt	2,32	1,35	58%	1,61	69%
April - 5 pkt	5,56	2,47	44%	3,55	64%
August - 5 pkt	6,49	0,83	13%		
September - 5 pkt	5,82	0,63	11%	0,72	12%
Oktober - 5 pkt	6,84	2,49	36%	3,72	54%
April - 10 pkt	18,40	4,32	23%	8,71	47%
August - 10 pkt	23,65	1,26	5%		
September - 10 pkt	22,73	0,72	3%	0,85	4%
Oktober - 10 pkt	21,14	3,58	17%	7,36	35%





Område 6 - Vegskjæring					
Skanning	Antall 1. retur	Antall bakkepunkt - 1. filtrering	% andel bakketreff - 1. filtrering	Antall bakkepunkt - 2. filtrering	% andel bakketreff - 2. filtrering
April - 1 pkt	1,06	1,05	99 %		
August - 1 pkt	0,89	0,81	91 %		
September - 1 pkt	1,33	1,23	92 %		
Oktober - 1 pkt	1,43	1,39	97 %		
April - 2 pkt	2,32	2,30	99 %	2,32	100 %
August - 2 pkt	3,26	2,45	75 %		
September - 2 pkt	2,83	2,30	81 %	2,47	87 %
Oktober - 2 pkt	2,33	2,31	99 %	2,33	100 %
April - 5 pkt	6,76	5,58	82 %	6,69	99 %
August - 5 pkt	5,95	3,22	54 %		
September - 5 pkt	8,15	5,38	66 %	5,68	70 %
Oktober - 5 pkt	19,34	8,95	46 %	15,95	82 %
April - 10 pkt	12,13	6,15	51 %	9,75	80 %
August - 10 pkt	10,83	4,64	43 %		
September - 10 pkt	39,80	5,11	13 %	8,41	21 %
Oktober - 10 pkt	25,21	9,89	39 %	19,96	79 %



Område 7 - Parkeringsplass					
Skanning	Antall 1. retur	Antall bakkepunkt - 1. filtrering	% andel bakketreff - 1. filtrering	Antall bakkepunkt - 2. filtrering	% andel bakketreff - 2. filtrering
April - 1 pkt	4,01	2,62	65 %		
August - 1 pkt	5,01	2,54	51 %		
September - 1 pkt	4,70	2,42	51 %		
Oktober - 1 pkt	4,18	1,99	47 %		
April - 2 pkt	2,16	2,11	98 %	2,15	100 %
August - 2 pkt	2,04	1,76	86 %		
September - 2 pkt	2,25	2,09	93 %	2,11	94 %
Oktober - 2 pkt	2,83	2,70	96 %	2,79	99 %
April - 5 pkt	5,13	4,53	88 %	5,08	99 %
August - 5 pkt	7,31	4,75	65 %		
September - 5 pkt	6,55	3,76	57 %	6,45	98 %
Oktober - 5 pkt	7,57	5,35	71 %	7,23	95 %
April - 10 pkt	11,34	7,34	65 %	10,54	93 %
August - 10 pkt	12,86	5,29	41 %		
September - 10 pkt	26,32	5,65	21 %	10,55	40 %
Oktober - 10 pkt	14,40	6,68	46 %	11,25	78 %



Område 8 - bekkedal					
Skanning	Antall 1. retur	Antall bakkepunkt - 1. filtrering	% andel bakketreff - 1. filtrering	Antall bakkepunkt - 2. filtrering	% andel bakketreff - 2. filtrering
April - 1 pkt	1,09	0,50	46 %		
August - 1 pkt	1,05	0,21	20 %		
September - 1 pkt	1,04	0,32	31 %		
Oktober - 1 pkt	0,98	0,48	49 %		
April - 2 pkt	1,72	0,75	44 %	0,78	45 %
August - 2 pkt	1,72	0,30	18 %		
September - 2 pkt	2,05	0,34	16 %	0,58	28 %
Oktober - 2 pkt	2,26	0,93	41 %	1,00	44 %
April - 5 pkt	5,38	1,67	31 %	2,10	39 %
August - 5 pkt	6,01	0,53	9 %		
September - 5 pkt	4,93	0,81	16 %	0,97	20 %
Oktober - 5 pkt	5,53	1,60	29 %	2,00	36 %
April - 10 pkt	10,46	2,36	23 %	3,37	32 %
August - 10 pkt	12,47	1,06	9 %		
September - 10 pkt	22,09	1,26	6 %	1,78	8 %
Oktober - 10 pkt	11,73	2,22	19 %	3,47	30 %





#### 4. Stedfestingsnøyaktighet mot referansemodell

Kontroll av stedfestingsnøyaktighet i høyde mot en referansemodell. 10 punkts skanningen fra april er antatt å gi den mest nøyaktige terrengmodellen og er derfor valgt som referansedatasett. De klassifiserte bakkepunktene for de øvrige skanningene er lagt over referansemodellen og det er beregnet standardavvik for hvert av de 8 testområdene. Terrengmodellen for referansedatasettet er etablert ved bruk av Xfactor+.

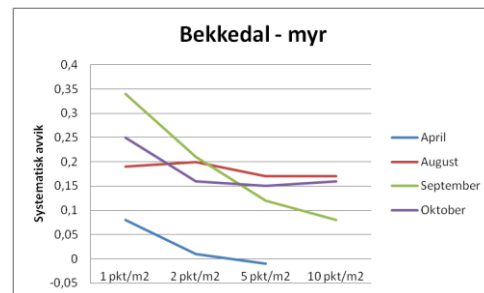
Avvikene for hvert enkelt punkt er visualisert med følgende fargekoding:

Avvik	Farge
0 – 10 cm	Mørk grønn *
10 – 30 cm	Lys grønn *
30 – 50 cm	Gul *
Over 50 cm	Rød *

## 4.1 Bekkedal (myr) – antatt frodig undervegetasjon

Her er det et tydelig systematisk avvik for skanningene i august, september og oktober. Det er spesielt 1 punkts skanningene fra september og oktober som skiller seg ut.

1 punkts skanningen fra august inneholder til sammenlikning færre bakkepunkt og her gir ikke økt punkttetthet noen reduksjon i høydeavviket.

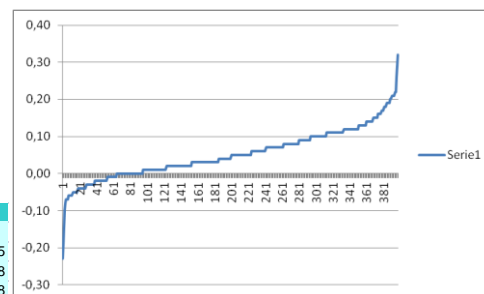


### April 1 punkt

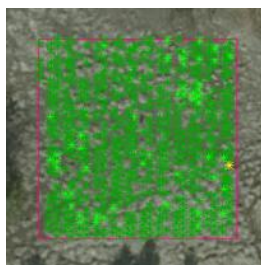


#### BREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,05
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,08
Antall observasjoner	398

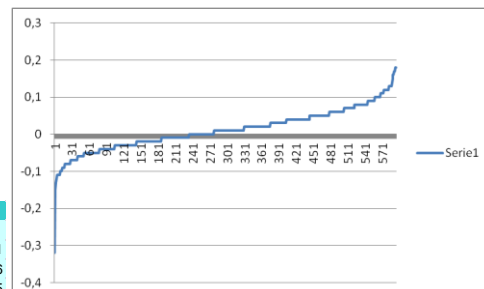


### April 2 punkt



#### BREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,06
Antall observasjoner	595

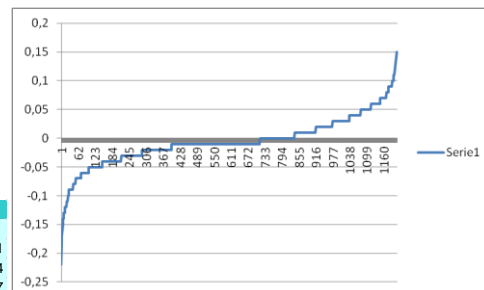


### April 5 punkt

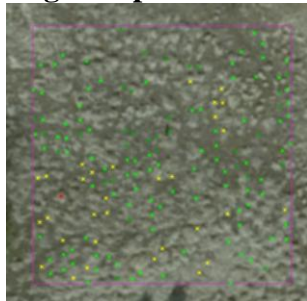


#### BREGNING AV STANDARDAVVIK

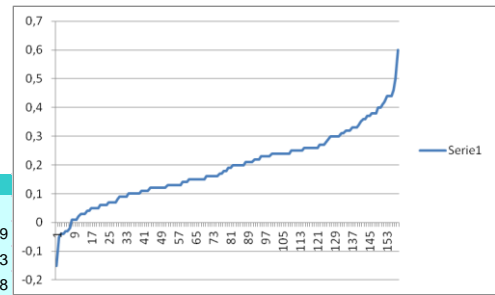
Systematisk avvik Z	-0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,04
Antall observasjoner	1207



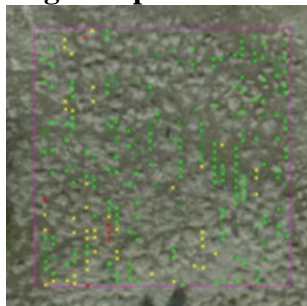
### August 1 punkt



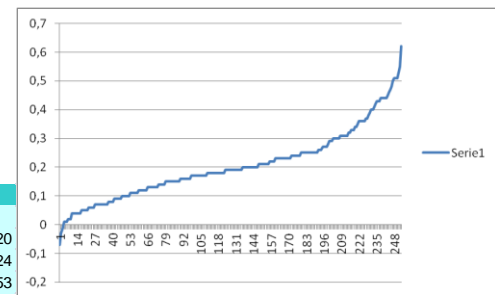
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,19
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,23
Antall observasjoner	158



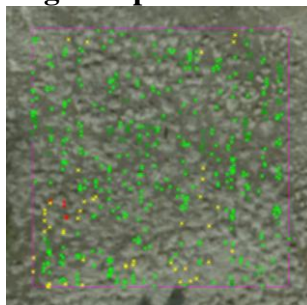
### August 2 punkt



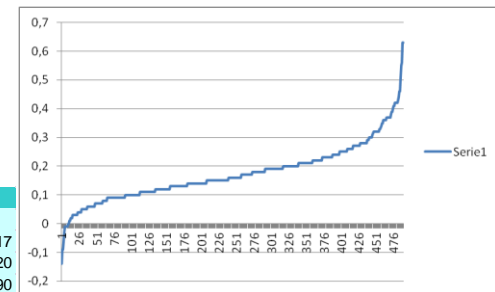
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,20
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,24
Antall observasjoner	253



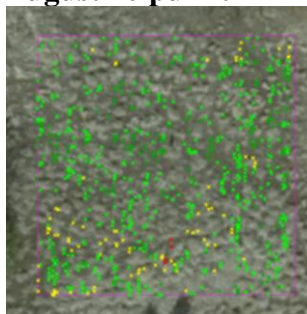
### August 5 punkt



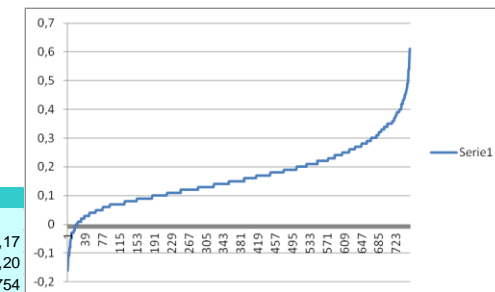
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,17
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,20
Antall observasjoner	490



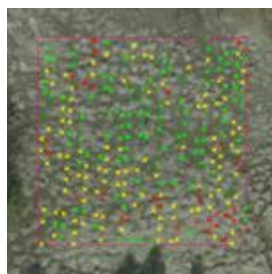
### August 10 punkt



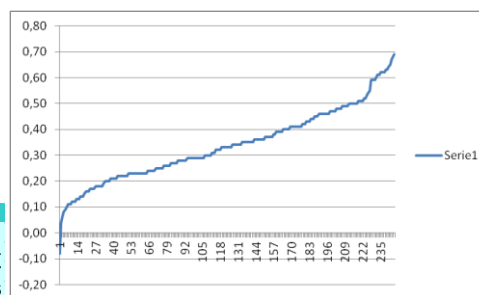
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,17
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,20
Antall observasjoner	754



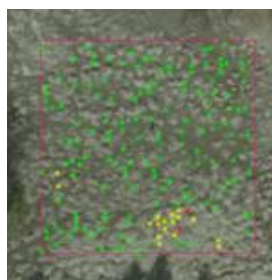
## September 1 punkt



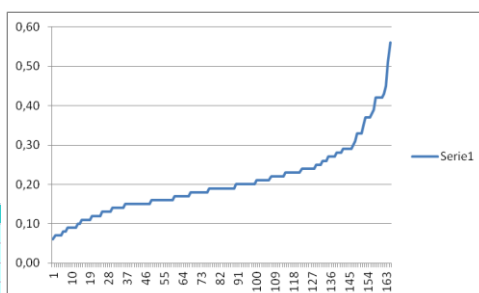
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avik Z	0,34
Standardavik Z (systematiske avik ikke sjaltet ut)	0,37
Antall observasjoner	245



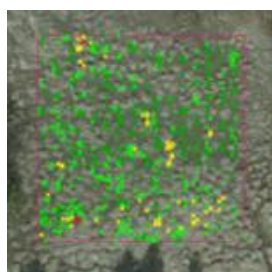
## September 2 punkt



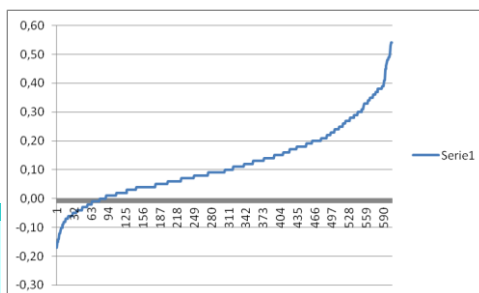
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avik Z	0,21
Standardavik Z (systematiske avik ikke sjaltet ut)	0,22
Antall observasjoner	165



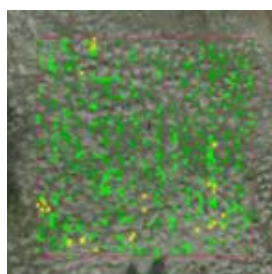
## September 5 punkt



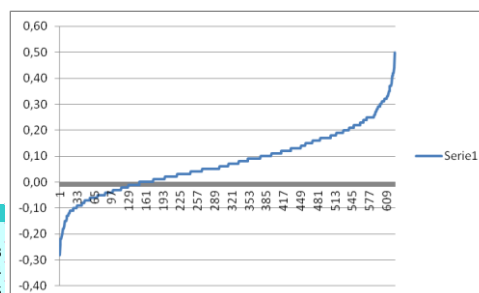
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avik Z	0,12
Standardavik Z (systematiske avik ikke sjaltet ut)	0,17
Antall observasjoner	606



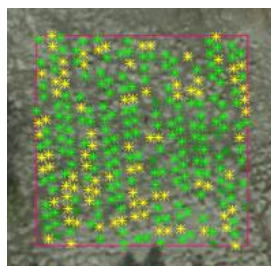
## September 10 punkt



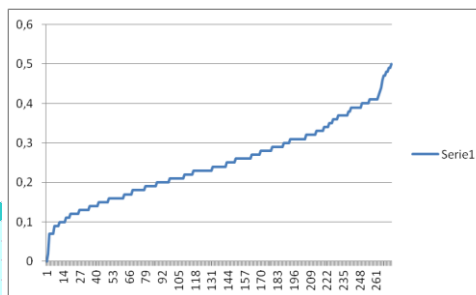
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avik Z	0,08
Standardavik Z (systematiske avik ikke sjaltet ut)	0,14
Antall observasjoner	625



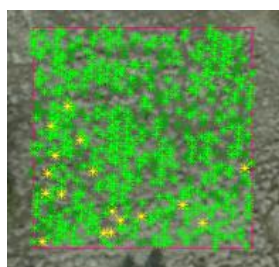
### Oktober 1 punkt



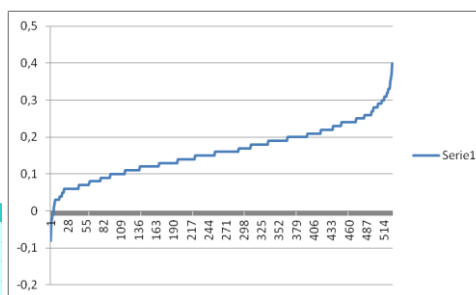
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,25
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,27
Antall observasjoner	273



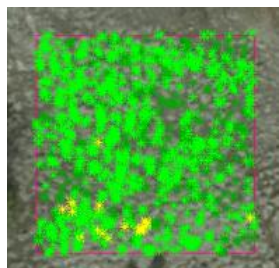
### Oktober 2 punkt



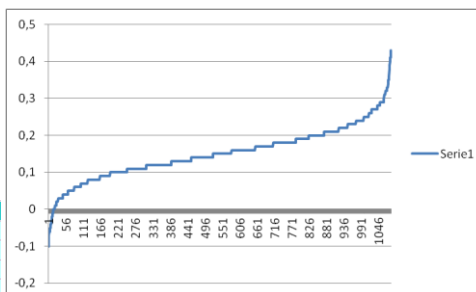
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,16
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,17
Antall observasjoner	527



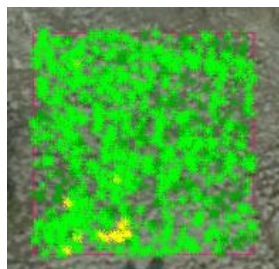
### Oktober 5 punkt



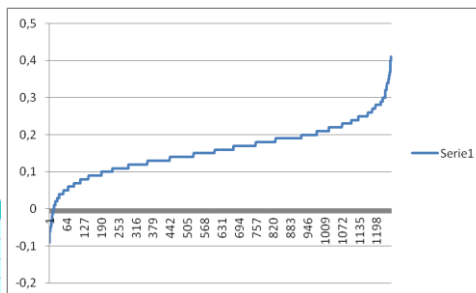
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,15
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,17
Antall observasjoner	1085



### Oktober 10 punkt

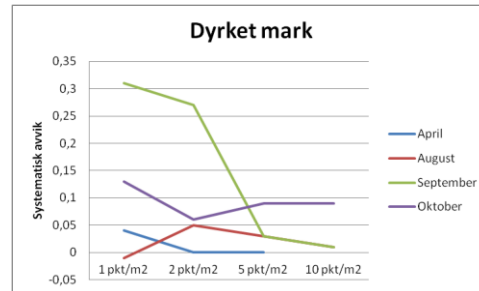


BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,16
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,17
Antall observasjoner	1252



## 4.2 Dyrket mark – ikke tresket i september (men glissen og dårlig vekst)

For skanningen på åkeren i september er det klart skille mellom lav og høy punkttetthet. For 1 og 2 punkts skanningene er det et klart systematisk avvik, mens 5 og 10 punkts skanningene ser ut til gi riktig bakke. Det er verdt å merke seg at skanningene er utført på forskjellige dager. Oktober skanningene gir også et systematisk avvik (+10 cm). Avviket er nesten konstant, uavhengig av punkttetthet.

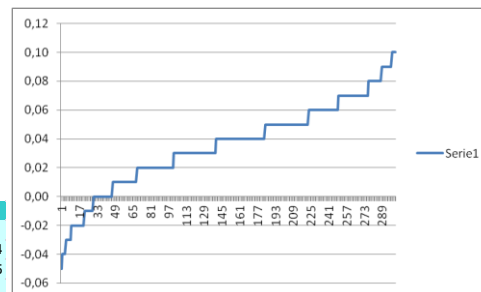


August skanningen fra 2012 som skulle bli utført på fullmoden åker gir overraskende godt resultat. Vi har ikke kunnet dokumentere om det faktisk ble dyrket korn på den aktuelle åkeren dette året og antar derfor at bruken har vært en annen og at det på skannetidspunktet ikke var tett undervegetasjon.

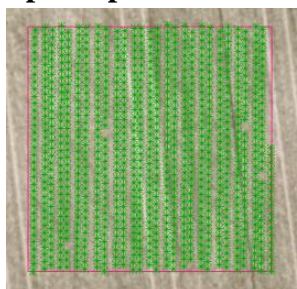
### April 1 punkt



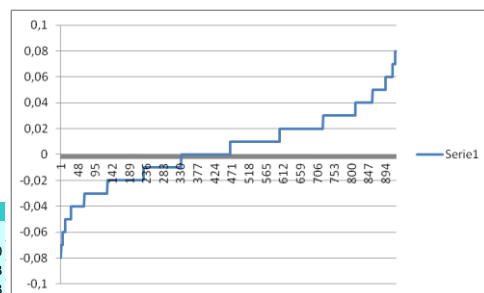
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,04
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,05
Antall observasjoner	301



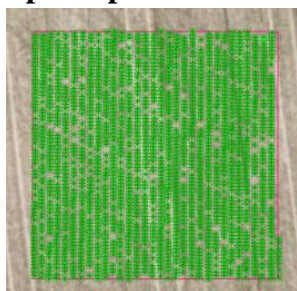
### April 2 punkt



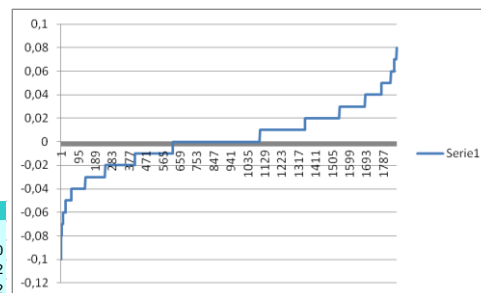
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,00
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,03
Antall observasjoner	923



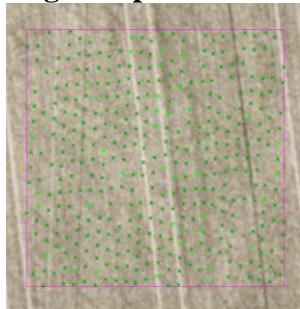
### April 5 punkt



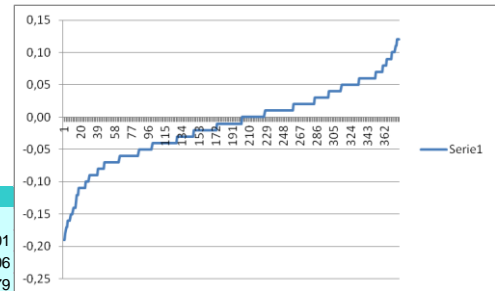
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,00
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,02
Antall observasjoner	1862



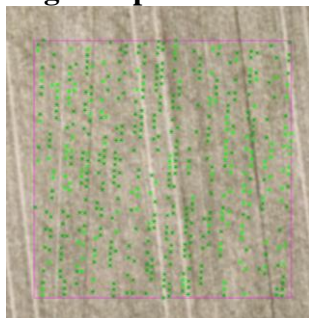
### August 1 punkt



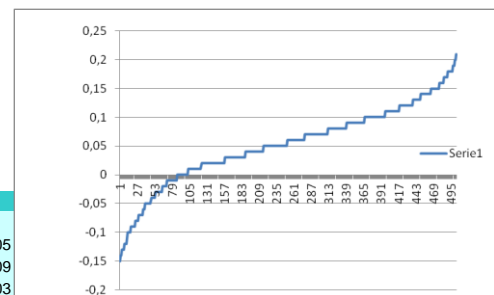
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,06
Antall observasjoner	379



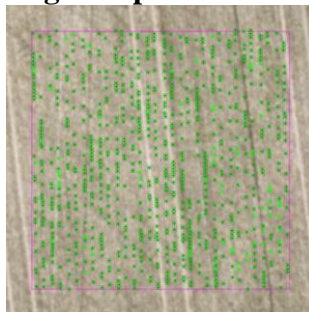
### August 2 punkt



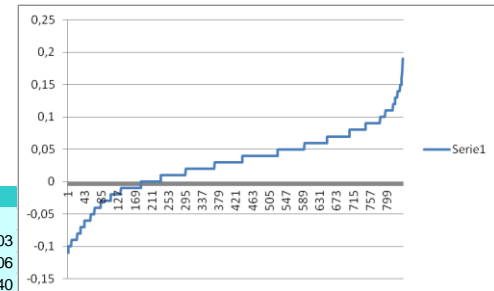
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,05
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,09
Antall observasjoner	503



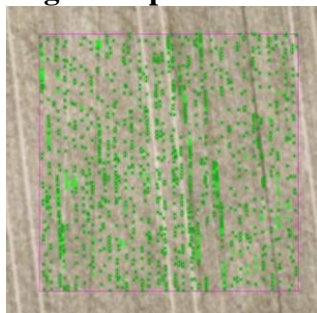
### August 5 punkt



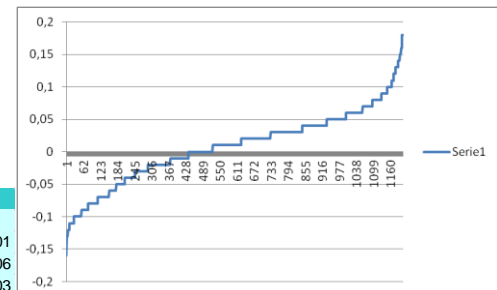
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,03
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,06
Antall observasjoner	840



### August 10 punkt

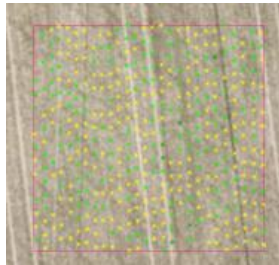


BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,06
Antall observasjoner	1203

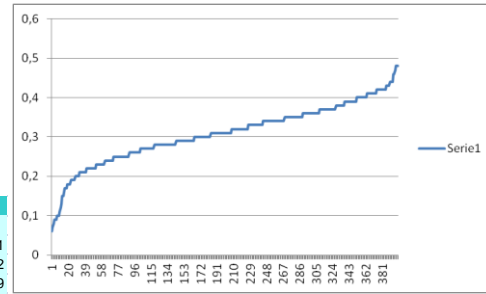




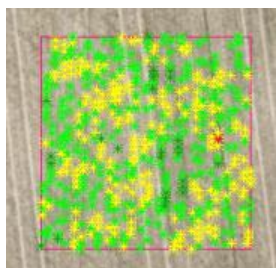
### September 1 punkt



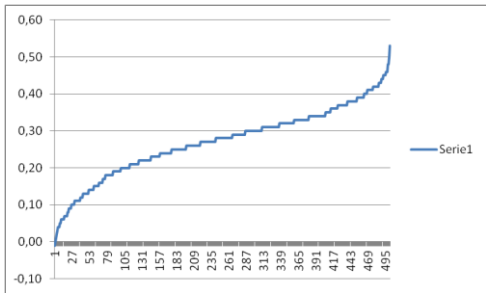
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awk Z	0,31
Standardawk Z (systematiske awk ikke sjaltet ut)	0,32
Antall observasjoner	399



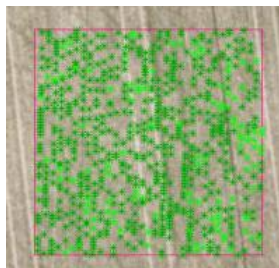
### September 2 punkt



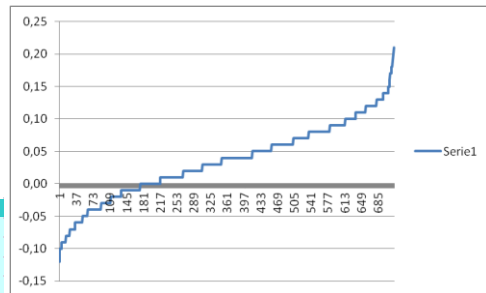
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awk Z	0,27
Standardawk Z (systematiske awk ikke sjaltet ut)	0,29
Antall observasjoner	502



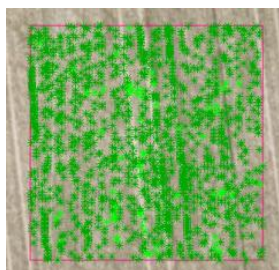
### September 5 punkt



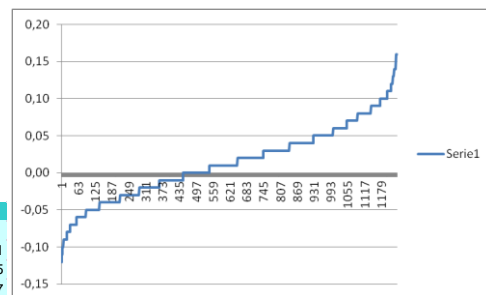
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awk Z	0,03
Standardawk Z (systematiske awk ikke sjaltet ut)	0,07
Antall observasjoner	720



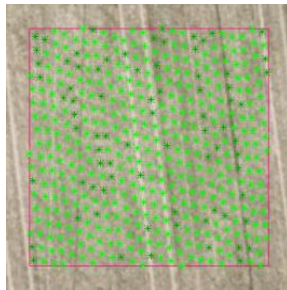
### September 10 punkt



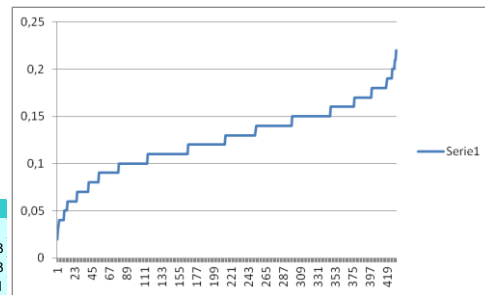
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awk Z	0,01
Standardawk Z (systematiske awk ikke sjaltet ut)	0,05
Antall observasjoner	1237



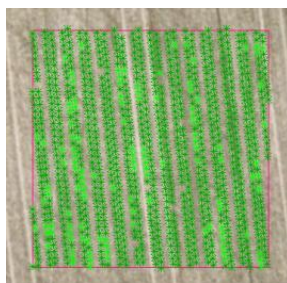
### Oktober 1 punkt



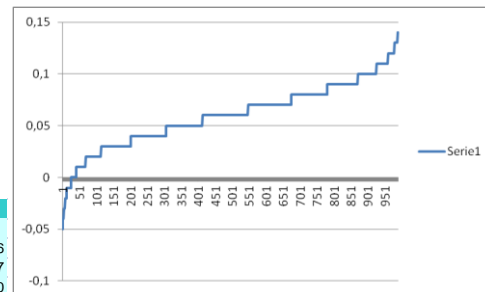
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,13
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,13
Antall observasjoner	431



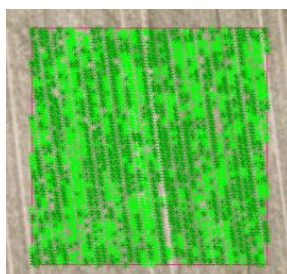
### Oktober 2 punkt



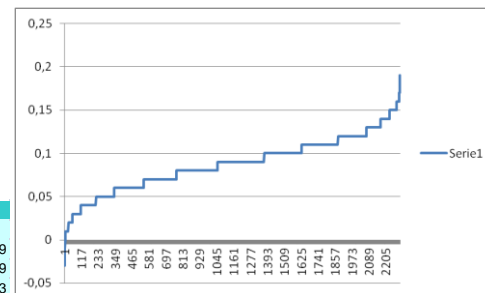
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,06
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,07
Antall observasjoner	990



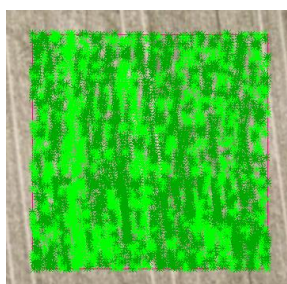
### Oktober 5 punkt



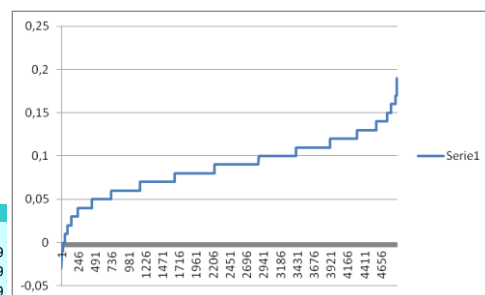
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,09
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,09
Antall observasjoner	2303



### Oktober 10 punkt

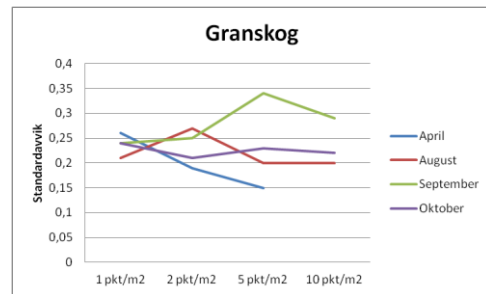


BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,09
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,09
Antall observasjoner	4889

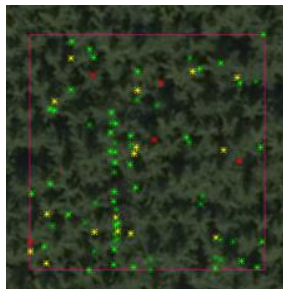


### 4.3 Tett granskog (plantefelt)

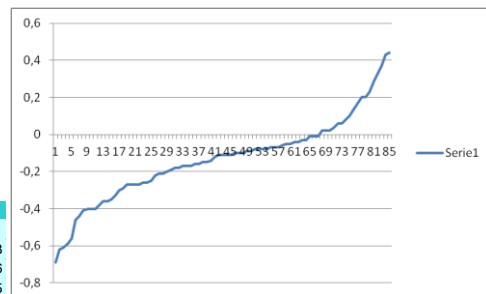
I dette kontrollområdet er ikke referansemodellen noen god "fasit". Vi kan imidlertid se at vi jevnt over har få bakketreff og usikkerhet i klassifiseringen. Økt punkttetthet ser ikke ut til å gi forbedret stedfestingsnøyaktighet. Skannetidspunkt har naturlig nok liten innvirkning på resultatet i dette området.



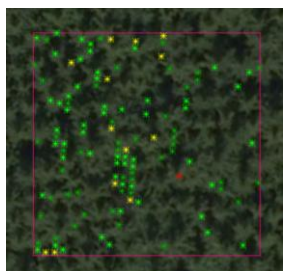
#### April 1 punkt



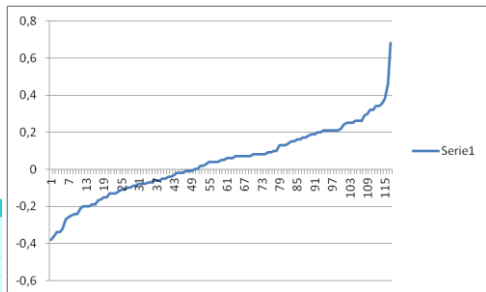
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	-0,13
Standardavvik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,26
Antall observasjoner	85



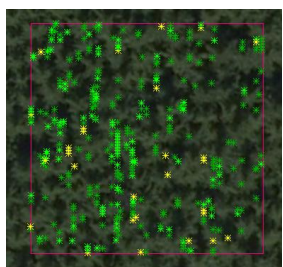
#### April 2 punkt



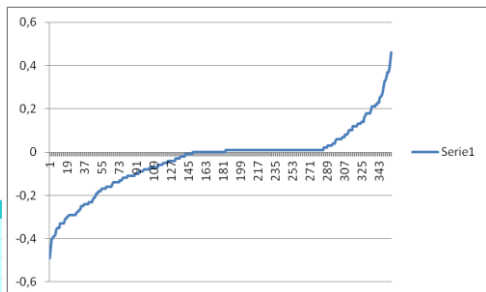
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,04
Standardavvik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,19
Antall observasjoner	117



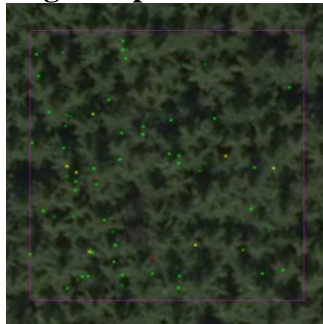
#### April 5 punkt



BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	-0,03
Standardavvik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,15
Antall observasjoner	356

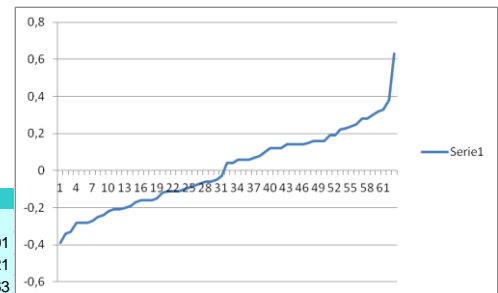


### August 1 punkt

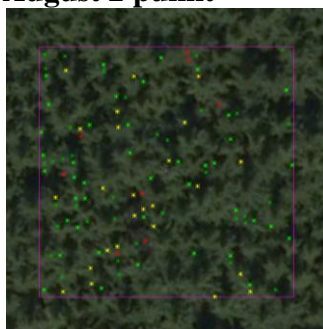


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,21
Antall observasjoner	63

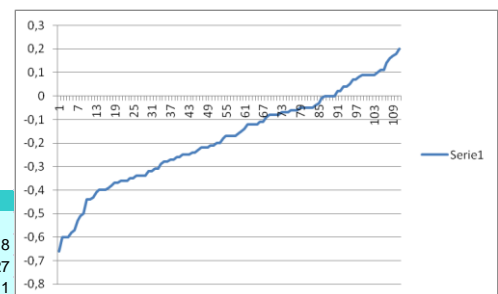


### August 2 punkt

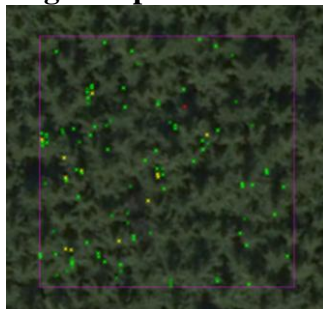


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	-0,18
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,27
Antall observasjoner	111

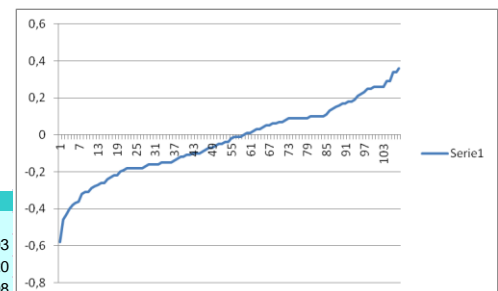


### August 5 punkt

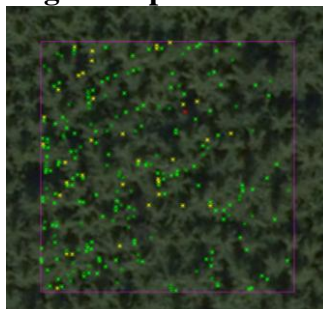


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	-0,03
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,20
Antall observasjoner	108

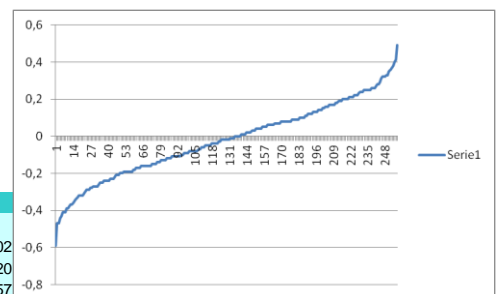


### August 10 punkt

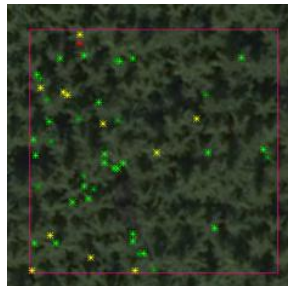


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

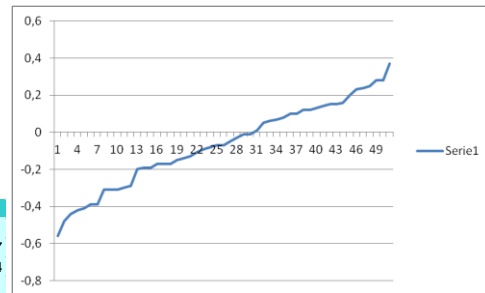
Systematisk avvik Z	-0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,20
Antall observasjoner	257



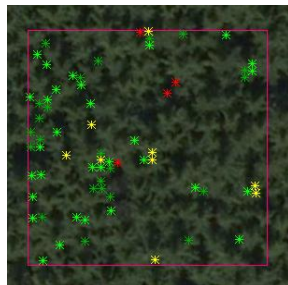
### September 1 punkt



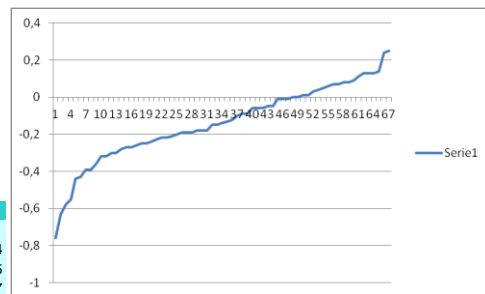
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,07
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,24
Antall observasjoner	51



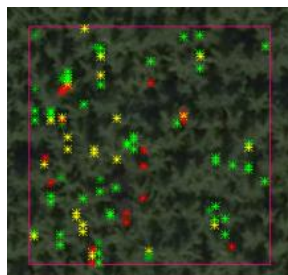
### September 2 punkt



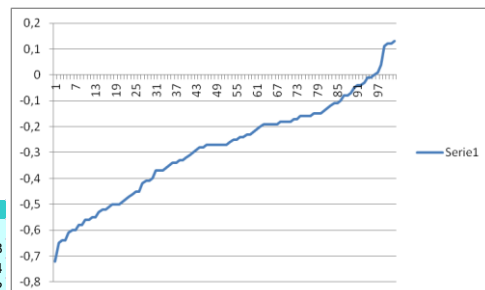
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,14
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,25
Antall observasjoner	67



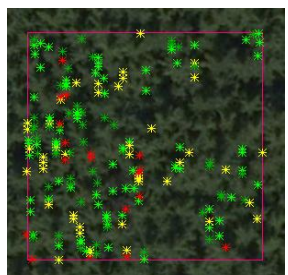
### September 5 punkt



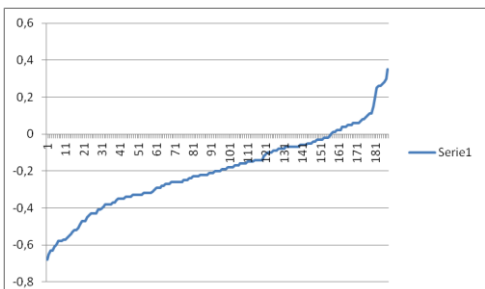
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,28
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,34
Antall observasjoner	102



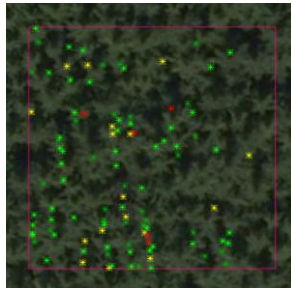
### September 10 punkt



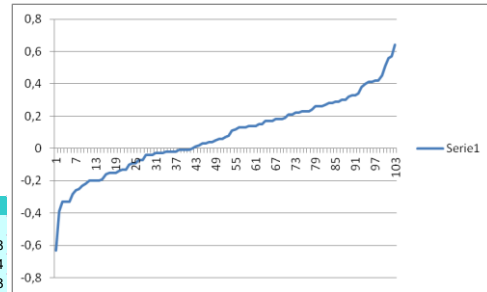
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,20
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,29
Antall observasjoner	188



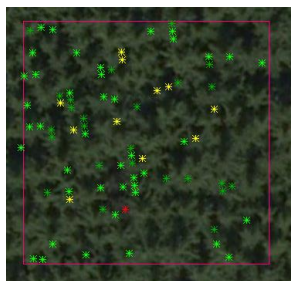
### Oktober 1 punkt



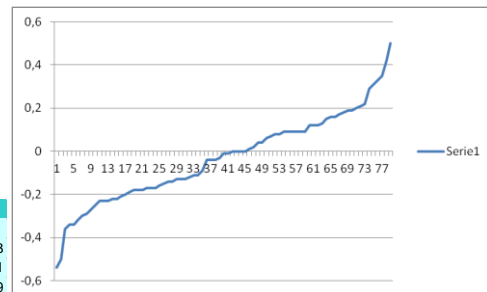
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,08
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,24
Antall observasjoner	103



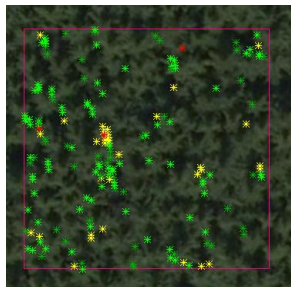
### Oktober 2 punkt



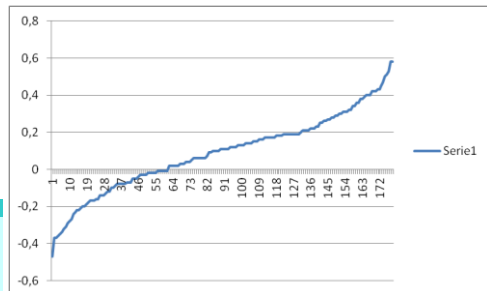
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,03
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,21
Antall observasjoner	79



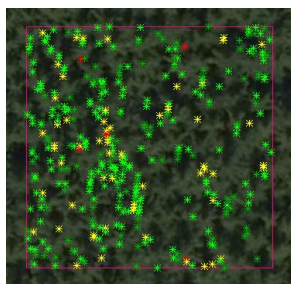
### Oktober 5 punkt



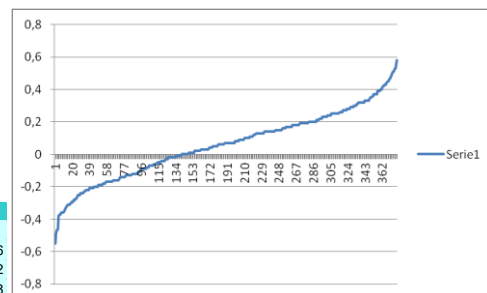
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,09
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,23
Antall observasjoner	179



### Oktober 10 punkt



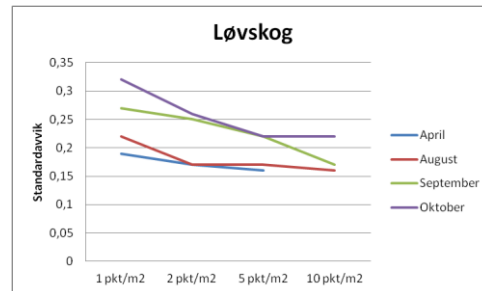
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,06
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,22
Antall observasjoner	378



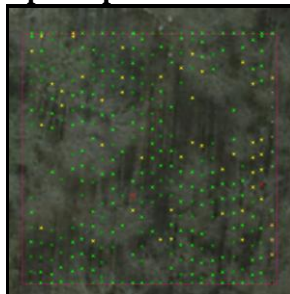
## 4.4 Tett løvskog

I tett løvskog gir april skanningen (før løvsprett) signifikant bedre resultat enn september og oktober skanningen. Litt overraskende gir oktober skanningen (etter løvfall) et dårligere resultat enn september skanningen. Det er verdt å merke seg det høye antallet bakketreff for oktober skanningen.

August skanningen gir like godt resultat som april skanningen, men har langt færre bakkepunkt.

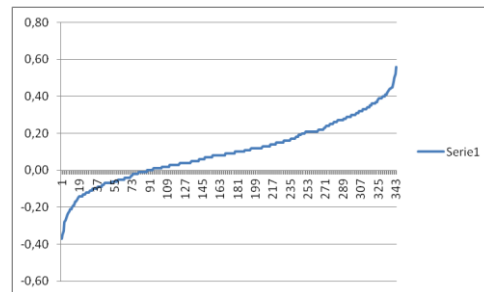


### April 1 punkt

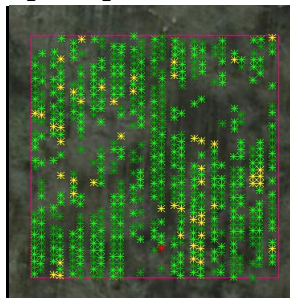


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awk Z	0,10
Standardavvik Z (systematiske awk ikke sjaltet ut)	0,19
Antall observasjoner	344

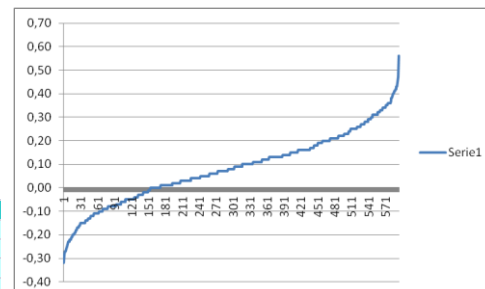


### April 2 punkt

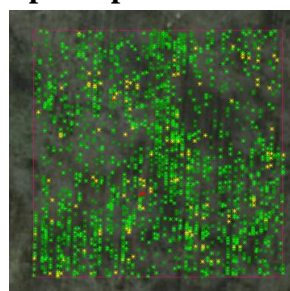


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awk Z	0,08
Standardavvik Z (systematiske awk ikke sjaltet ut)	0,17
Antall observasjoner	595

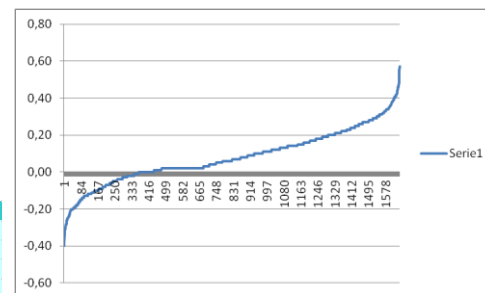


### April 5 punkt



#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awk Z	0,08
Standardavvik Z (systematiske awk ikke sjaltet ut)	0,16
Antall observasjoner	1648

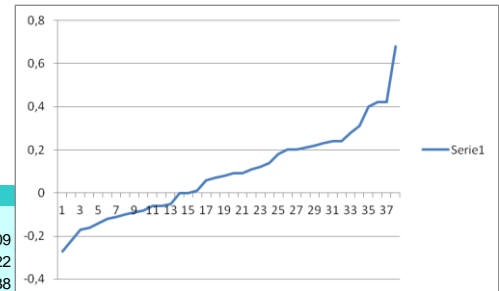


### August 1 punkt

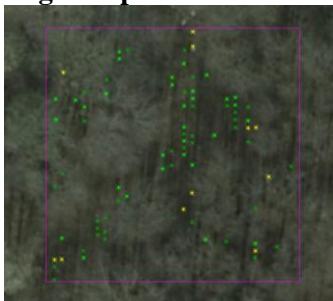


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,09
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,22
Antall observasjoner	38

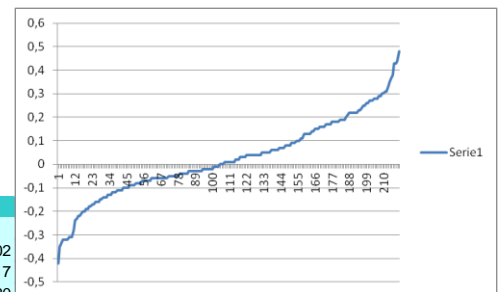


### August 2 punkt

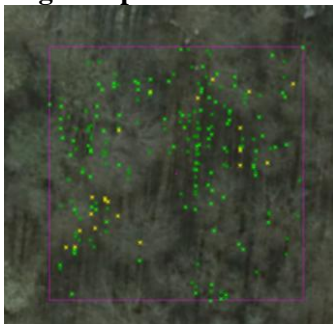


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,02
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,17
Antall observasjoner	220

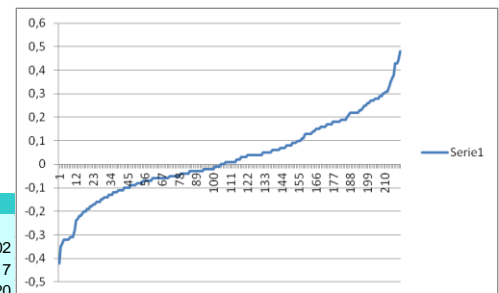


### August 5 punkt

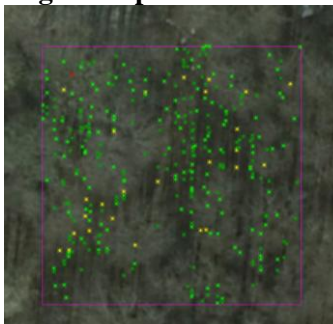


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,02
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,17
Antall observasjoner	220

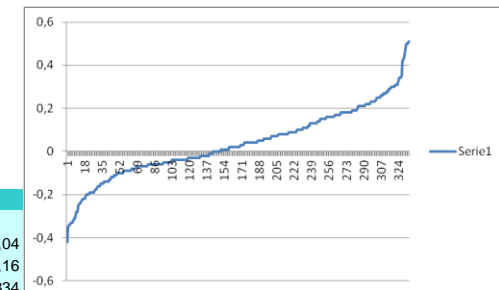


### August 10 punkt



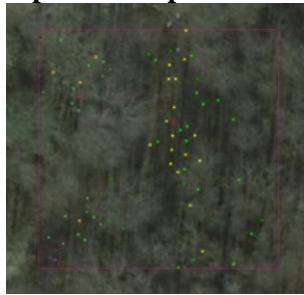
#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,04
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,16
Antall observasjoner	334

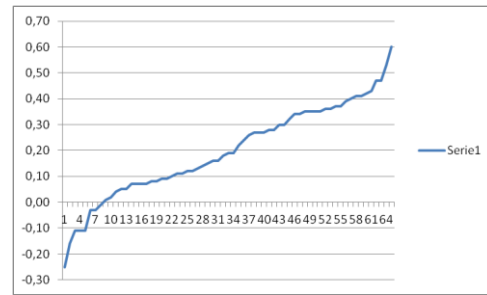




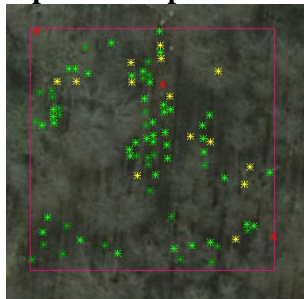
### September 1 punkt



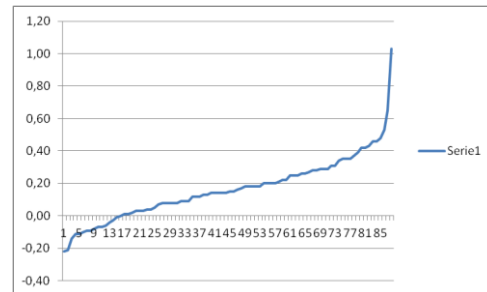
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,20
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,27
Antall observasjoner	65



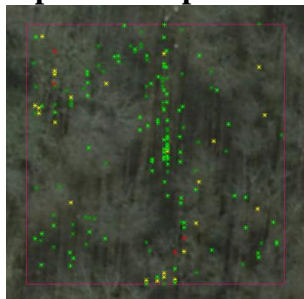
### September 2 punkt



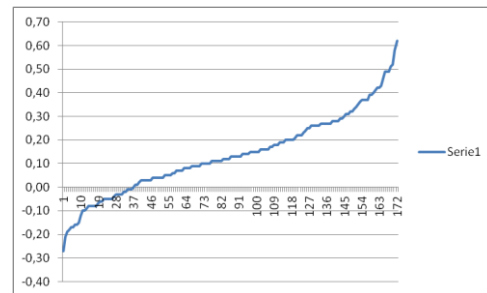
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,16
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,25
Antall observasjoner	88



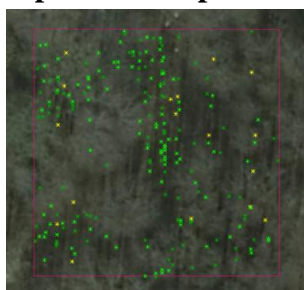
### September 5 punkt



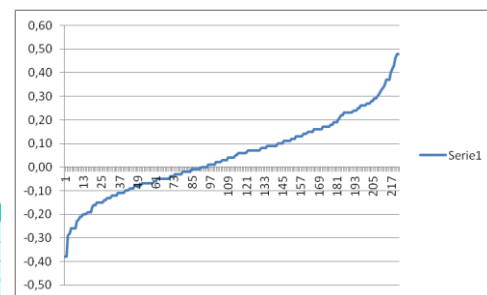
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,14
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,22
Antall observasjoner	172



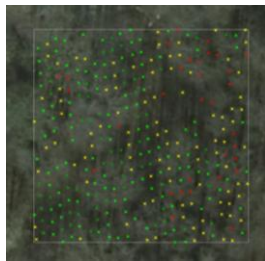
### September 10 punkt



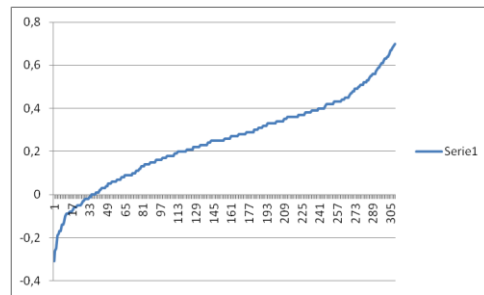
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,05
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,17
Antall observasjoner	222



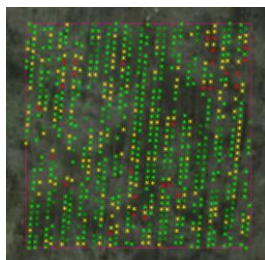
### Oktober 1 punkt



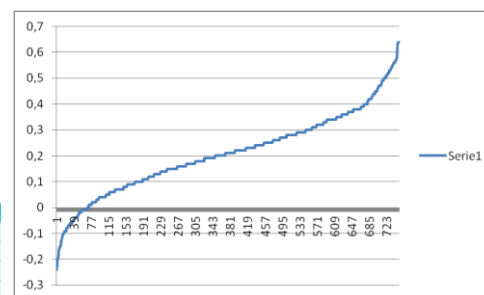
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,25
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,32
Antall observasjoner	309



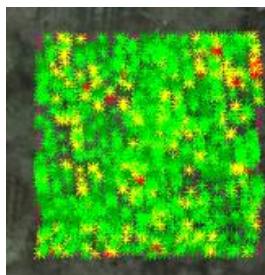
### Oktober 2 punkt



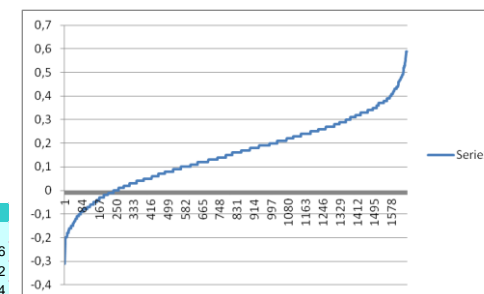
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,21
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,26
Antall observasjoner	750



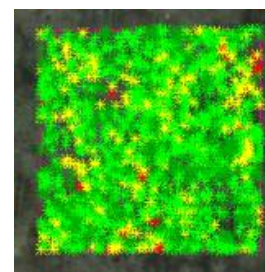
### Oktober 5 punkt



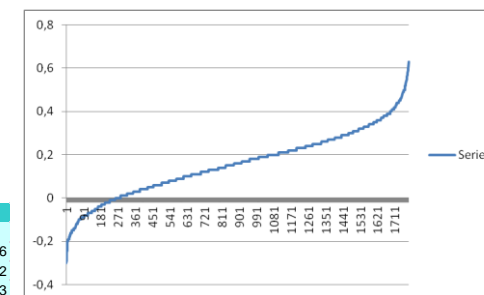
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,16
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,22
Antall observasjoner	1654



### Oktober 10 punkt



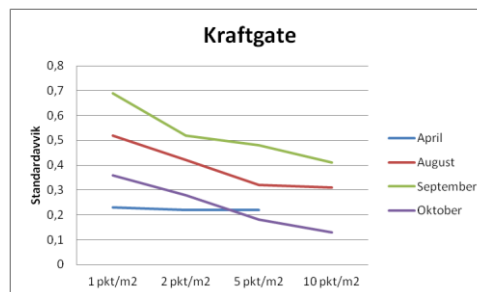
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,16
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,22
Antall observasjoner	1783



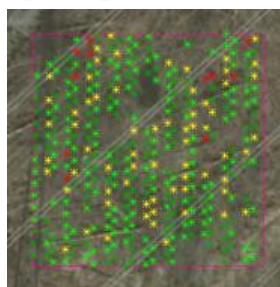
## 4.5 Kraftgate - antatt tett undervegetasjon

I området med antatt tett undervegetasjon får vi, uavhengig av valgt punkttetthet, et vesentlig systematisk avvik og høyt standardavvik for august og september skanningen. Bakkepunktene for 1 punkts skanningen fra september ligger i snitt mer enn 60 cm over referansemodellen Skanningene utført i april og oktober gir signifikant bedre resultat, men også disse skanningene har systematiske avvik og relativt høyt standardavvik.

I dette området er det relativt små avvik i antall klassifiserte bakkepunkt og jevnt over mye feilklassifisering. Økt punkttetthet ser ut til å gi en bedre gjennomtrengelighet og dermed lavere høydeavvik.

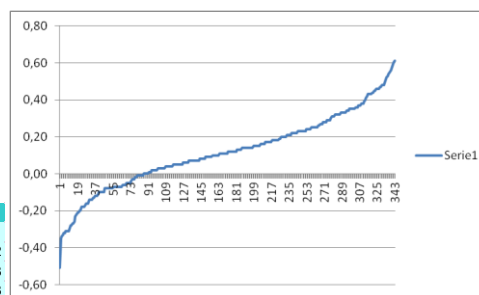


### April 1 punkt

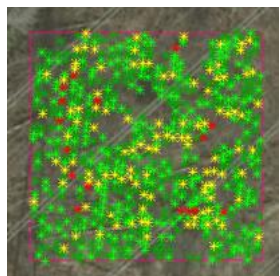


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,12
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,23
Antall observasjoner	343

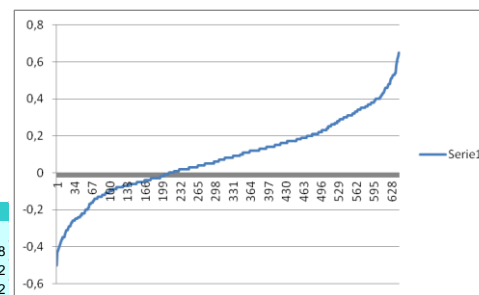


### April 2 punkt

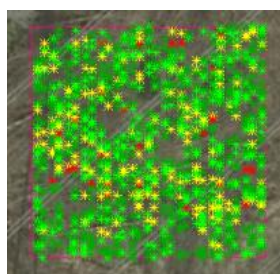


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,08
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,22
Antall observasjoner	642

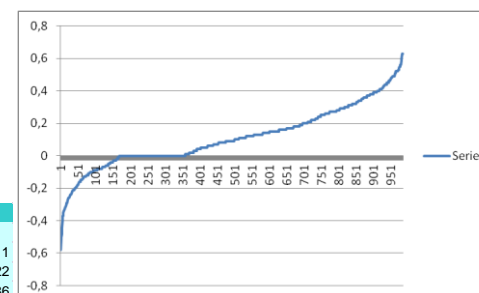


### April 5 punkt

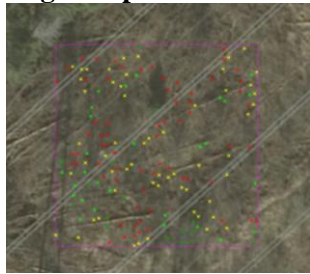


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,11
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,22
Antall observasjoner	986

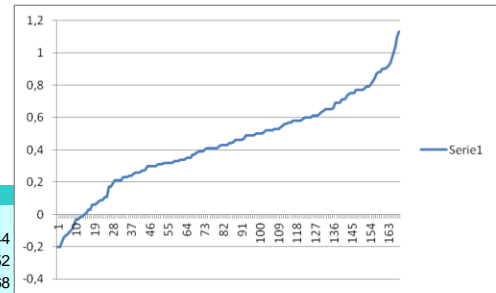


### August 1 punkt

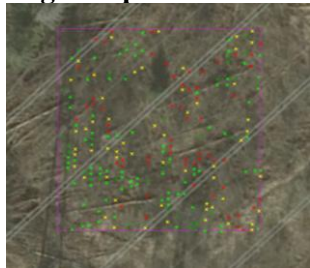


**BEREGNING AV STANDARDAVVIK**

Systematisk avik Z	0,44
Standardavik Z (systematiske avik ikke sjaltet ut)	0,52
Antall observasjoner	168

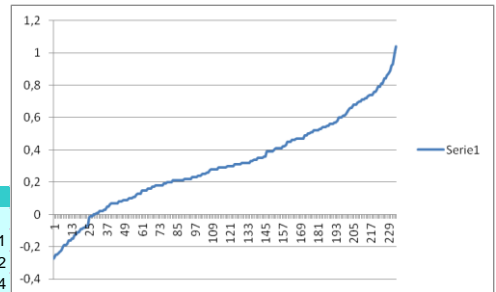


### August 2 punkt



**BEREGNING AV STANDARDAVVIK**

Systematisk avik Z	0,31
Standardavik Z (systematiske avik ikke sjaltet ut)	0,42
Antall observasjoner	234

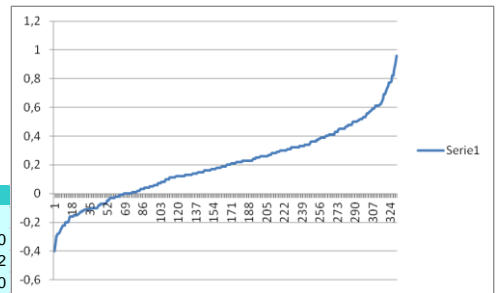


### August 5 punkt



**BEREGNING AV STANDARDAVVIK**

Systematisk avik Z	0,20
Standardavik Z (systematiske avik ikke sjaltet ut)	0,32
Antall observasjoner	330

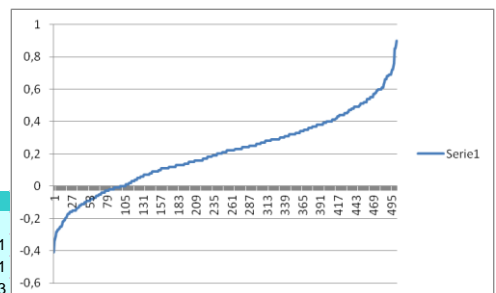


### August 10 punkt

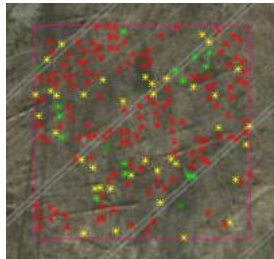


**BEREGNING AV STANDARDAVVIK**

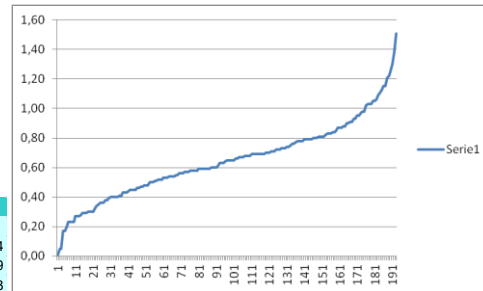
Systematisk avik Z	0,21
Standardavik Z (systematiske avik ikke sjaltet ut)	0,31
Antall observasjoner	503



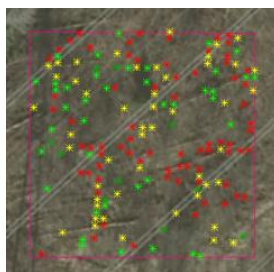
### September 1 punkt



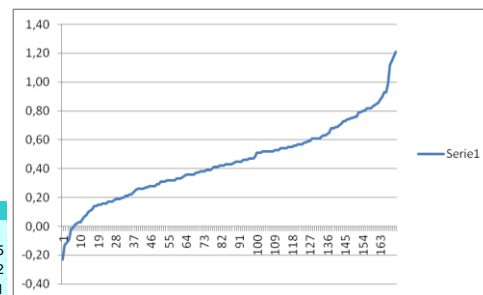
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,64
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,69
Antall observasjoner	193



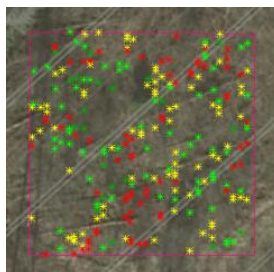
### September 2 punkt



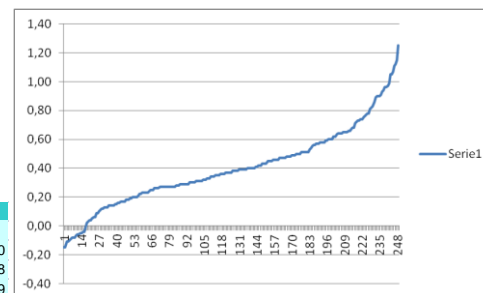
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,45
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,52
Antall observasjoner	171



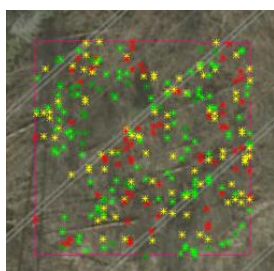
### September 5 punkt



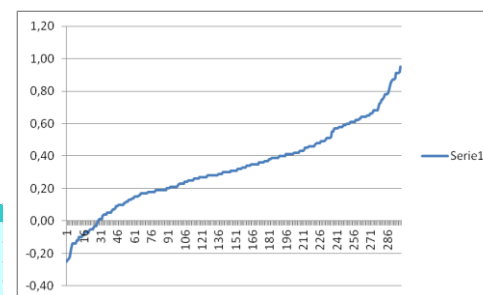
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,40
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,48
Antall observasjoner	249



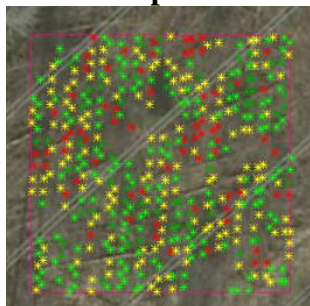
### September 10 punkt



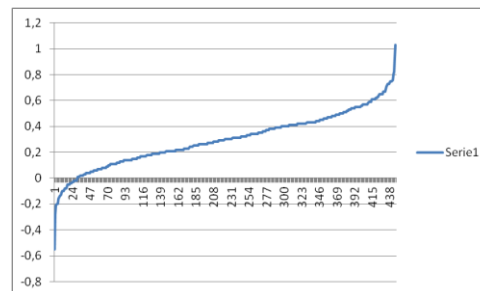
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,33
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,41
Antall observasjoner	298



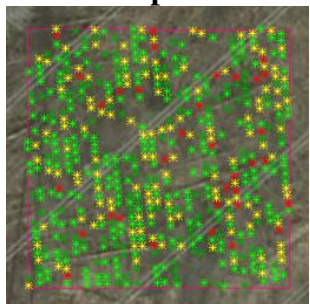
### Oktober 1 punkt



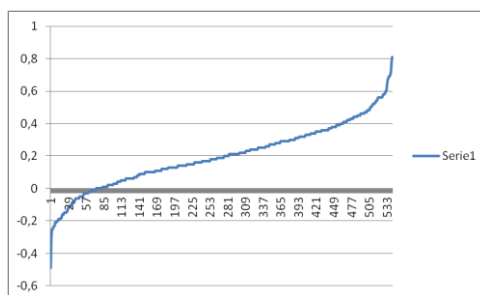
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,30
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,36
Antall observasjoner	446



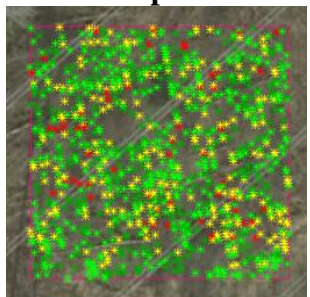
### Oktober 2 punkt



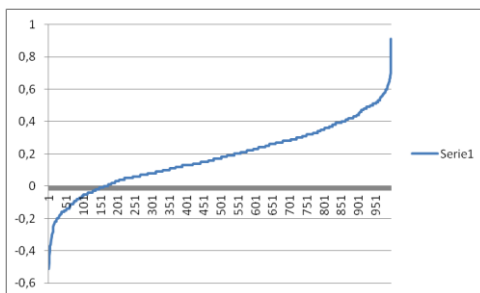
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,20
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,28
Antall observasjoner	542



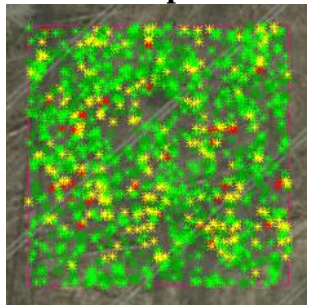
### Oktober 5 punkt



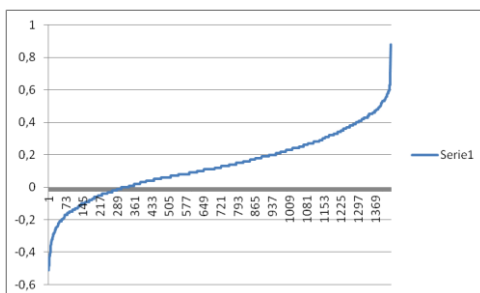
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,18
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,27
Antall observasjoner	997



### Oktober 10 punkt

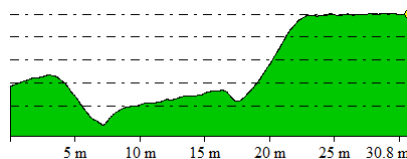


BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk awik Z	0,13
Standardavik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,24
Antall observasjoner	1434

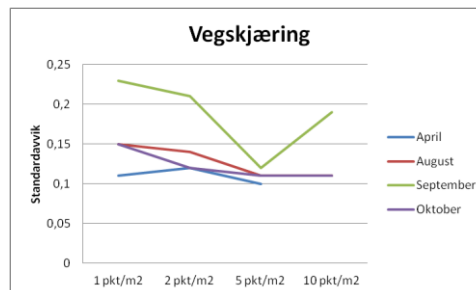


## 4.6 Vegskjæring

Prosjektområdet inneholder ingen gode eksempler på tekniske installasjoner med skarpe knekker i terrenget, men vi har funnet en vegskjæring som er benyttet som kontrollområde.

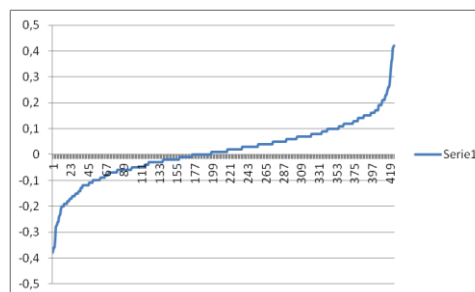


Tverrprofil, kontrollområde 6

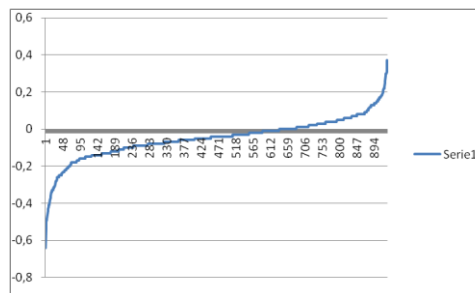


Det er ingen store forskjeller mellom de ulike skanningene. Undervegetasjon i vegskråningen gir litt utslag spesielt for september skanningene. Økt punkttetthet gir ingen signifikant bedring av stedfestingsnøyaktigheten.

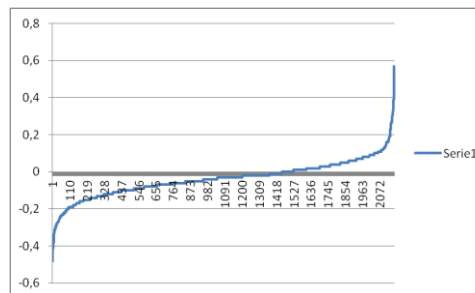
### April 1 punkt



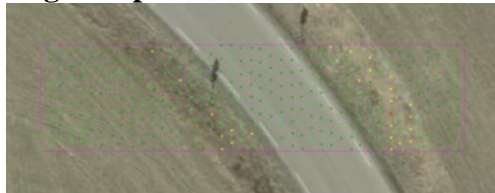
### April 2 punkt



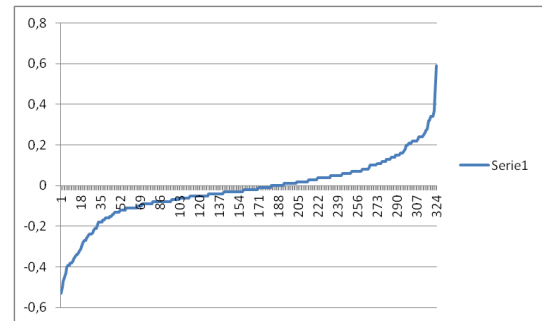
### April 5 punkt



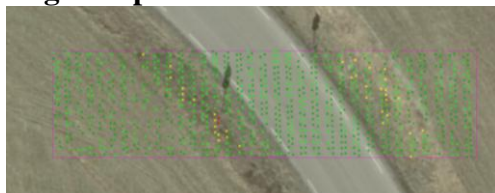
### August 1 punkt



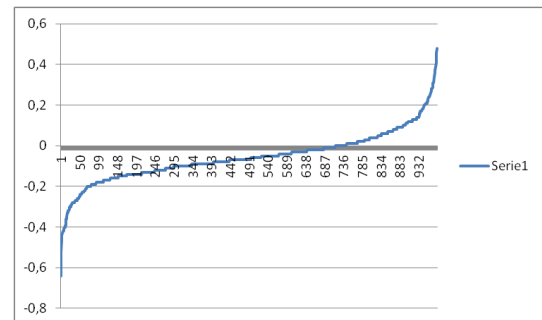
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,15
Antall observasjoner	324



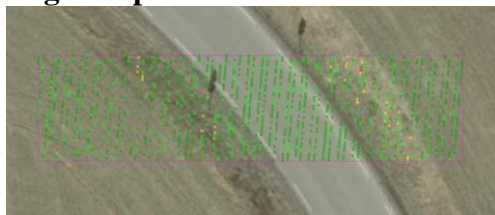
### August 2 punkt



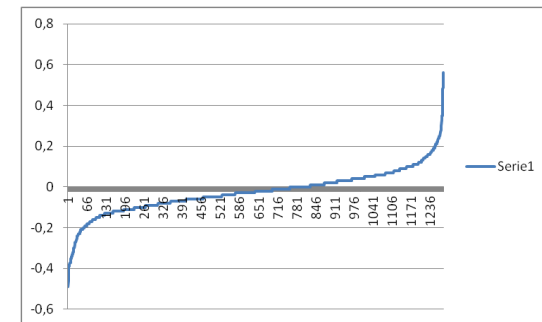
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,06
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,14
Antall observasjoner	980



### August 5 punkt



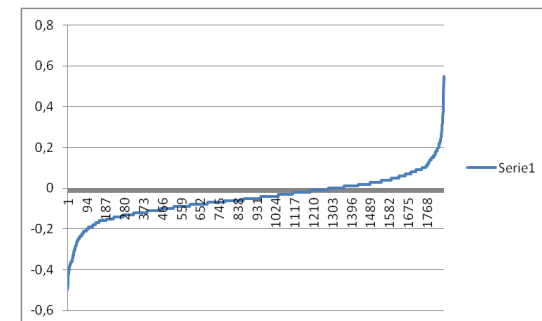
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,11
Antall observasjoner	1284



### August 10 punkt

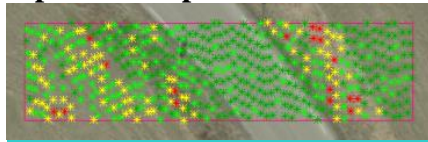


BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,05
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,11
Antall observasjoner	1852



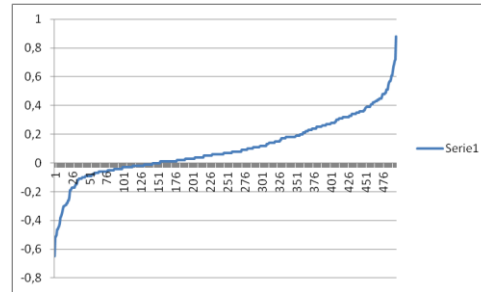


### September 1 punkt



**BEREGNING AV STANDARDAVVIK**

Systematisk awik Z	0,10
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,23
Antall observasjoner	495

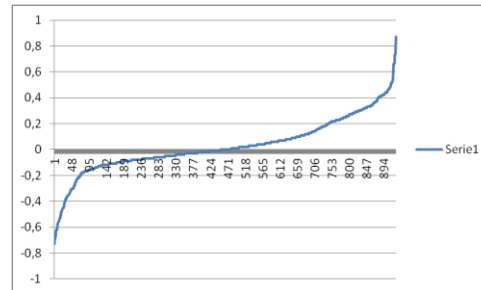


### September 2 punkt



**BEREGNING AV STANDARDAVVIK**

Systematisk awik Z	0,03
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,21
Antall observasjoner	926

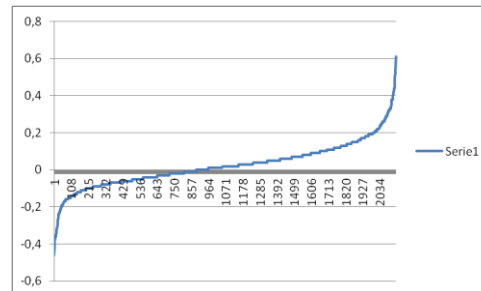


### September 5 punkt

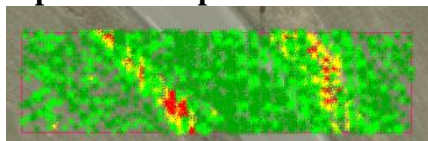


**BEREGNING AV STANDARDAVVIK**

Systematisk awik Z	0,02
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,12
Antall observasjoner	2133

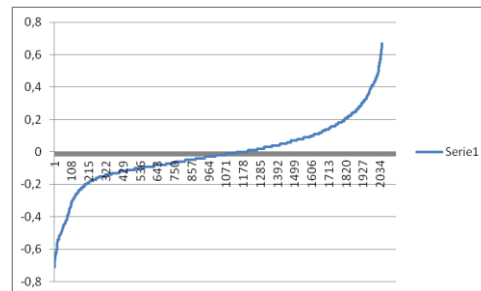


### September 10 punkt

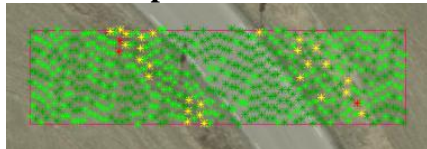


**BEREGNING AV STANDARDAVVIK**

Systematisk awik Z	-0,01
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,19
Antall observasjoner	2047

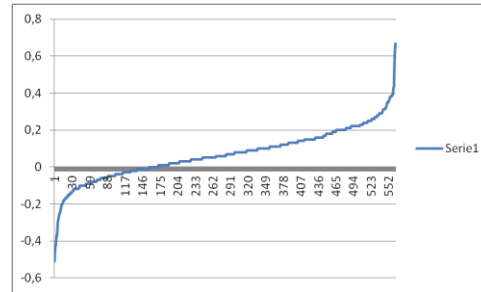


### Oktober 1 punkt

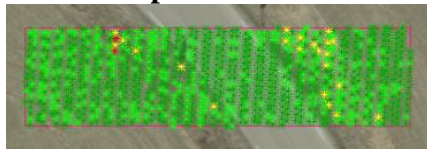


#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,07
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,15
Antall observasjoner	564

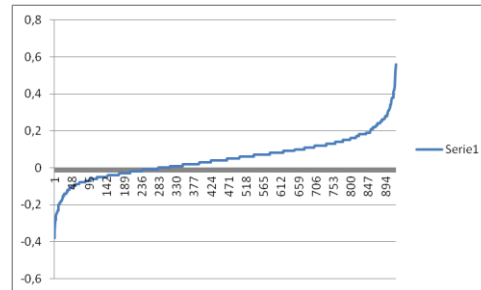


### Oktober 2 punkt



#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,05
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,12
Antall observasjoner	922

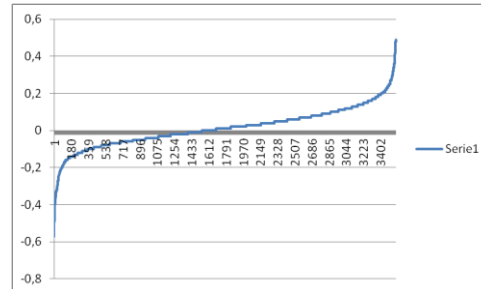


### Oktober 5 punkt



#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,11
Antall observasjoner	3563

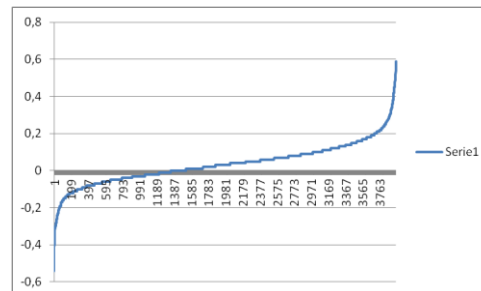


### Oktober 10 punkt



#### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

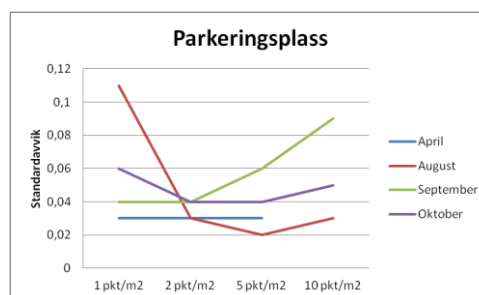
Systematisk avvik Z	0,04
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,11
Antall observasjoner	3948



## 4.7 Parkeringsplass

På parkeringsplassen gir alle skanningene svært gode resultat, med unntak av 1 punkts skanningen fra august, samt 5 og spesielt 10 punkts skanningen i september som skiller seg ut med litt større avvik. Det er uvisst hva dette skyldes.

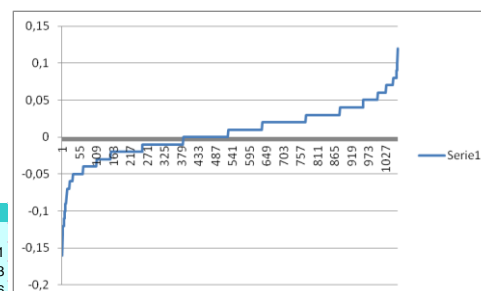
Utover økt antall bakkepunkt, gir ikke økt punkttetthet noen forbedring av stedfestingsnøyaktigheten i dette området.



### April 1 punkt



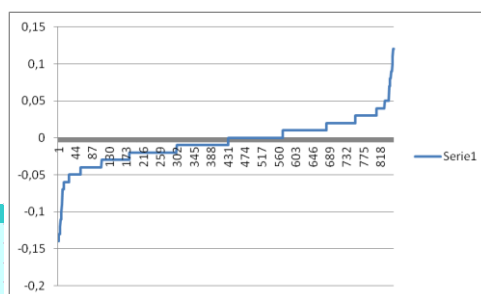
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,03
Antall observasjoner	1066



### April 2 punkt



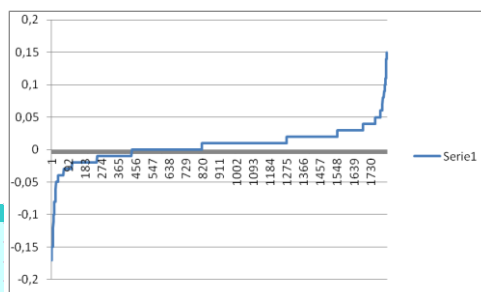
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,03
Antall observasjoner	852



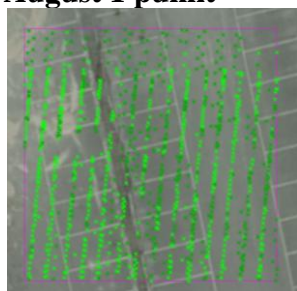
### April 5 punkt



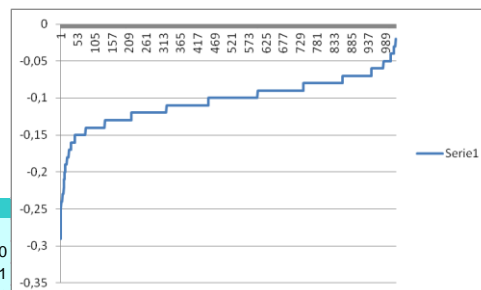
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,03
Antall observasjoner	1820



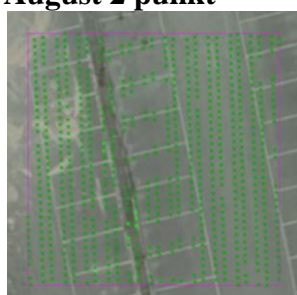
### August 1 punkt



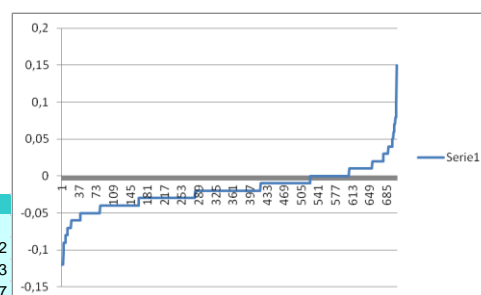
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,10
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,11
Antall observasjoner	1021



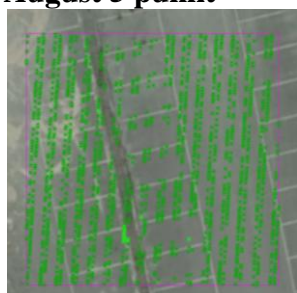
### August 2 punkt



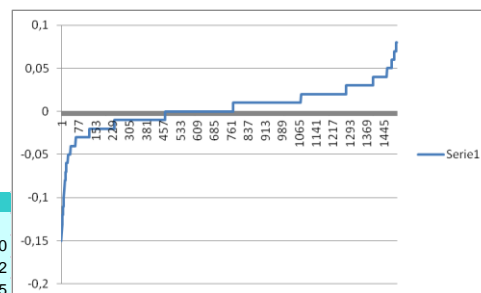
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,03
Antall observasjoner	707



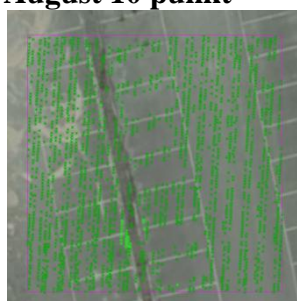
### August 5 punkt



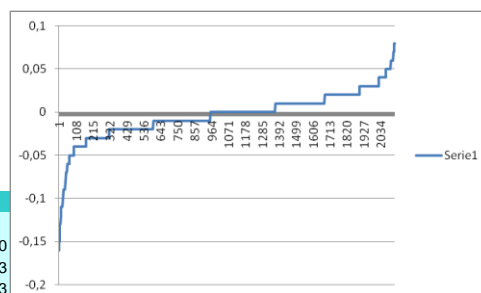
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,00
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,02
Antall observasjoner	1505



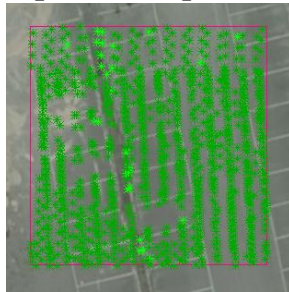
### August 10 punkt



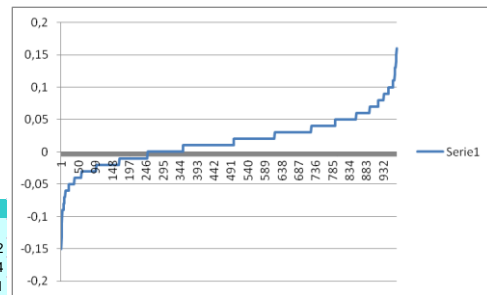
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,00
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,03
Antall observasjoner	2123



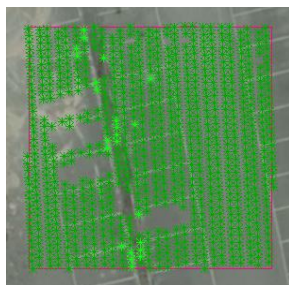
### September 1 punkt



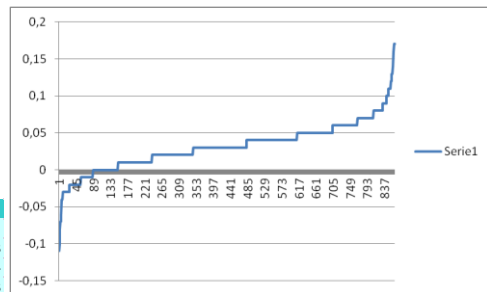
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,04
Antall observasjoner	971



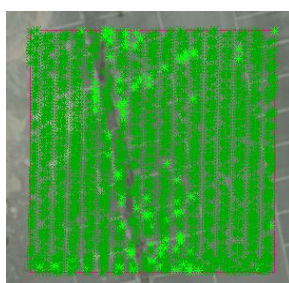
### September 2 punkt



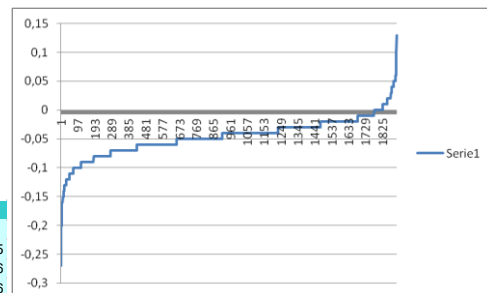
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,03
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,04
Antall observasjoner	863



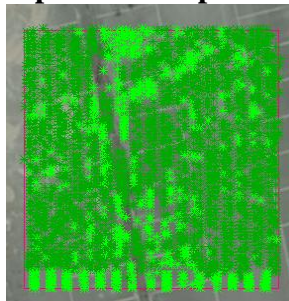
### September 5 punkt



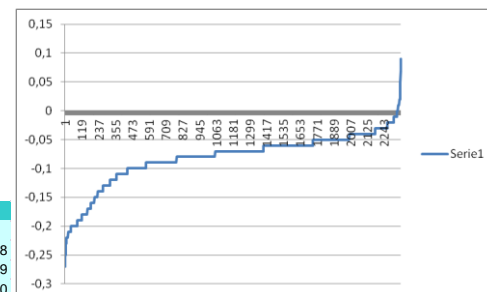
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,05
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,06
Antall observasjoner	1906



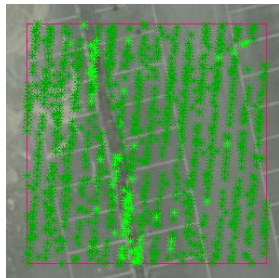
### September 10 punkt



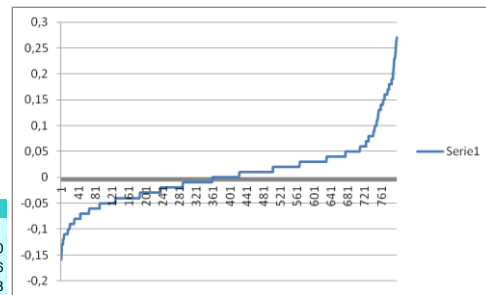
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,08
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,09
Antall observasjoner	2360



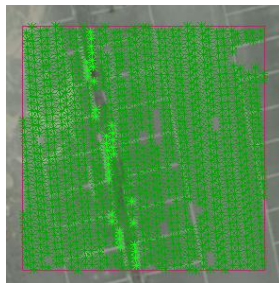
### Oktober 1 punkt



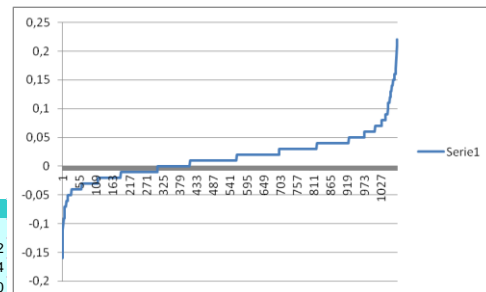
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,00
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,06
Antall observasjoner	798



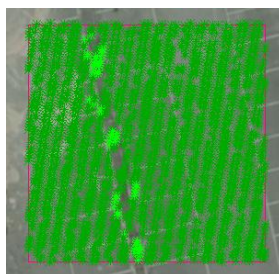
### Oktober 2 punkt



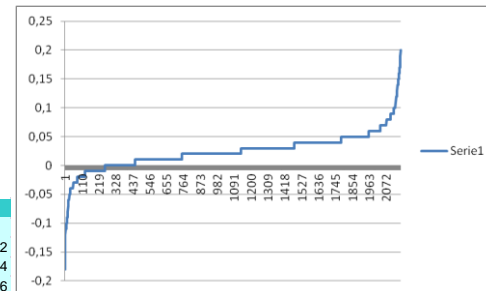
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,04
Antall observasjoner	1080



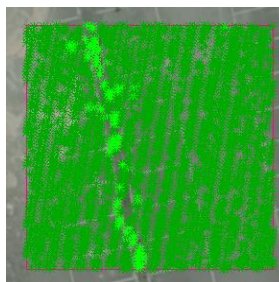
### Oktober 5 punkt



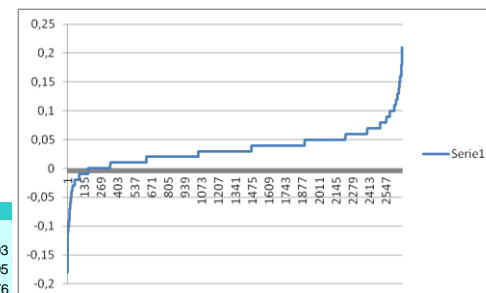
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,04
Antall observasjoner	2166



### Oktober 10 punkt



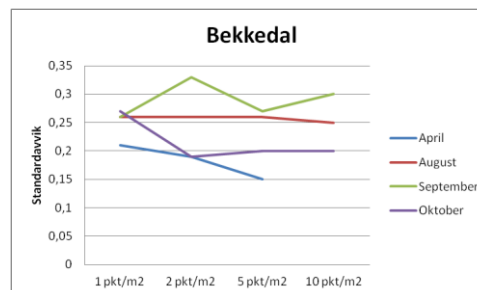
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,03
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,05
Antall observasjoner	2676



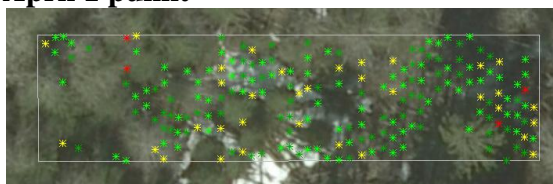
## 4.8 Bekkedal med tett vegetasjon (blandingskog)

I dette området er det ikke noen store systematiske avvik. Særlig september skanningene, men også august og oktober skanningene har relativt høyt standardavvik (20-30 cm).

Økt punkttetthet gir ingen signifikant forbedring av standardavviket.

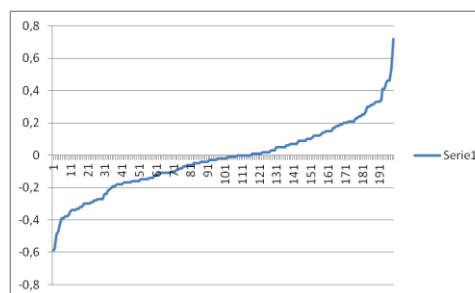


### April 1 punkt



#### BREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	-0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,21
Antall observasjoner	199

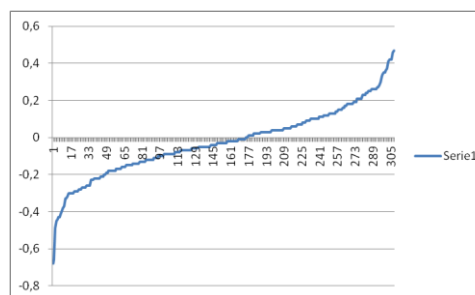


### April 2 punkt

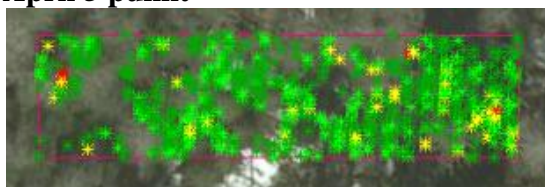


#### BREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	-0,02
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,19
Antall observasjoner	308

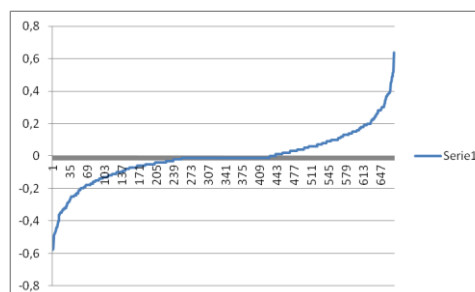


### April 5 punkt

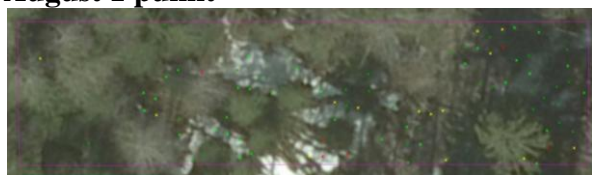


#### BREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk avvik Z	-0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,15
Antall observasjoner	674

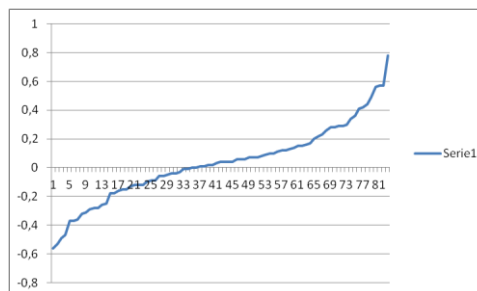


## August 1 punkt

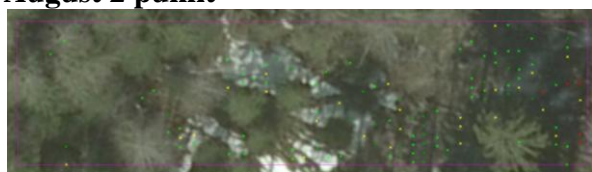


### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,03
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,26
Antall observasjoner	83

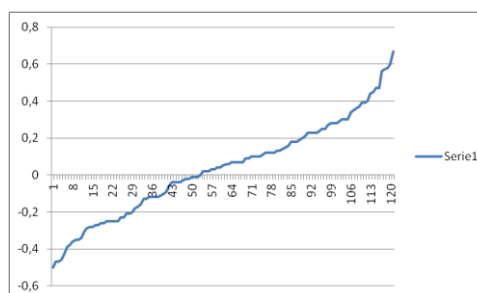


## August 2 punkt

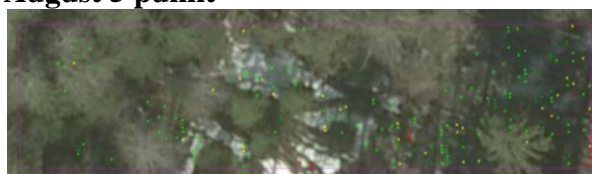


### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,03
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,26
Antall observasjoner	121

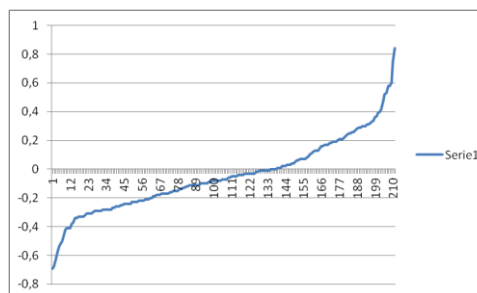


## August 5 punkt



### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	-0,05
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,26
Antall observasjoner	211

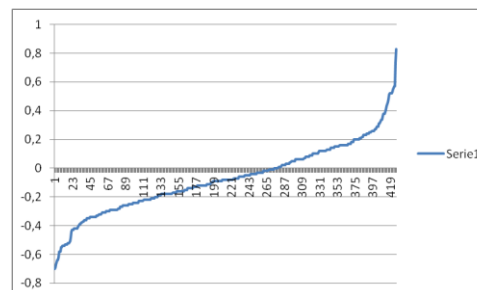


## August 10 punkt



### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	-0,07
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,25
Antall observasjoner	427

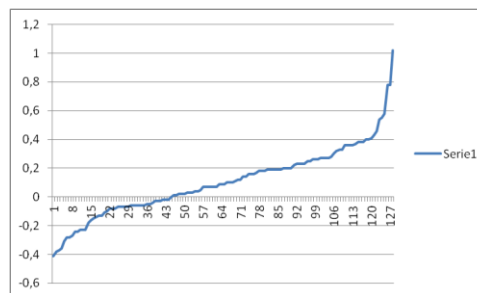




### September 1 punkt



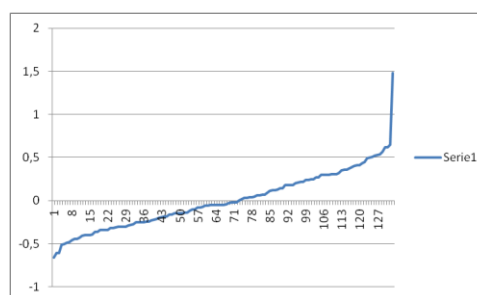
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,10
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,26
Antall observasjoner	128



### September 2 punkt



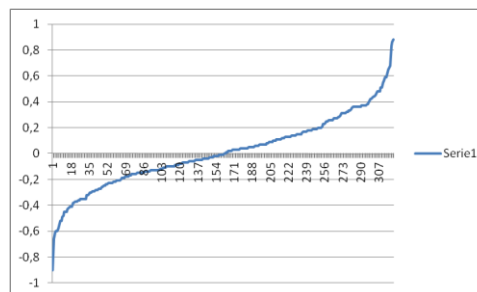
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,00
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,33
Antall observasjoner	133



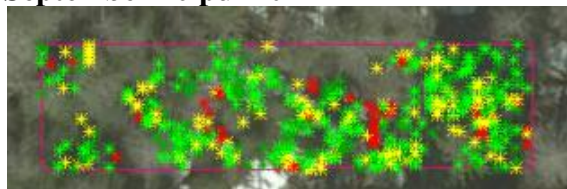
### September 5 punkt



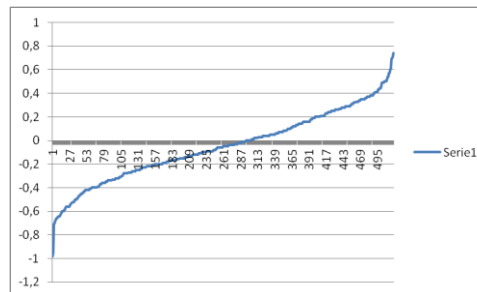
BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	0,01
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,27
Antall observasjoner	321



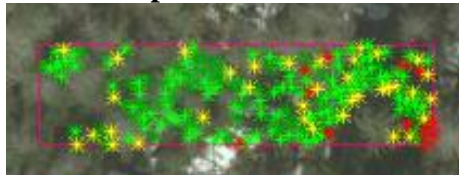
### September 10 punkt



BEREGNING AV STANDARDAVVIK	
Systematisk avvik Z	-0,05
Standardavvik Z (systematiske avvik ikke sjaltet ut)	0,30
Antall observasjoner	520

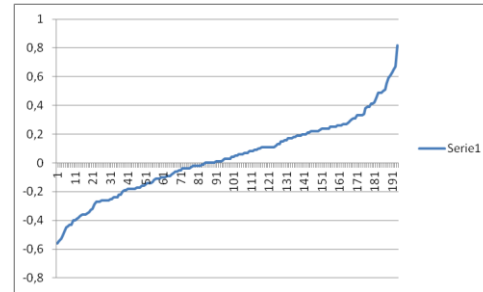


## Oktober 1 punkt



### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,03
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,27
Antall observasjoner	194

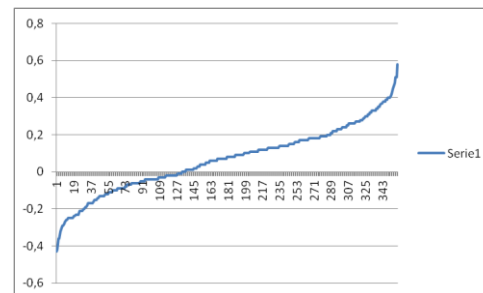


## Oktober 2 punkt

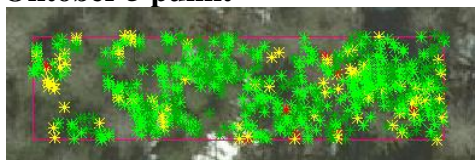


### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,06
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,19
Antall observasjoner	359

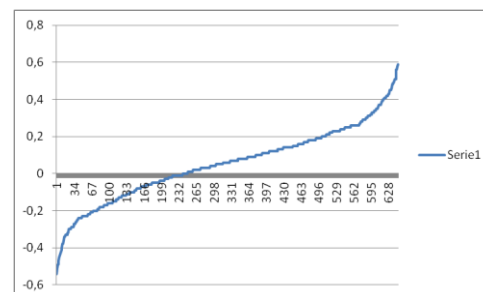


## Oktober 5 punkt

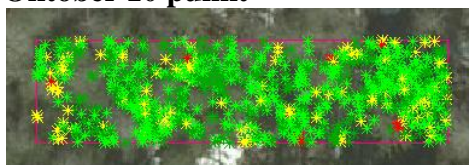


### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,05
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,20
Antall observasjoner	646

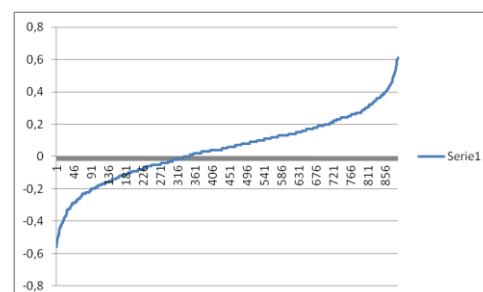


## Oktober 10 punkt



### BEREGNING AV STANDARDAVVIK

Systematisk awik Z	0,05
Standardawik Z (systematiske awik ikke sjaltet ut)	0,20
Antall observasjoner	889



## 5. Stedfestingsnøyaktighet mot landmålte data

Tre studenter ved Høgskolen i Gjøvik har utført feltarbeid (landmåling av kontrollpunkt) i forbindelse med sin bacheloroppgave (*Flybåren laserskanning: Påvirkning av vegetasjon på antall bakketreff og resulterende terrengform – Vlashi, Bajrami, Kristiansen 2012*).

Kontrollpunktene er innmålt i seks områdetyper: Tett granskog, Tett undervegetasjon – ravine, Kornåker, Hogstfelt, Tett løvskog og Parkeringsplass. Innmålingen er utført med GNSS (CPOS) og totalstasjon (i tett skog). Vi har fått tilgang til kontrollpunktene og benyttet de i kontroll av stedfestingsnøyaktigheten til terrengmodellen etablert av bakkeklassifiserte LAS-punkt.

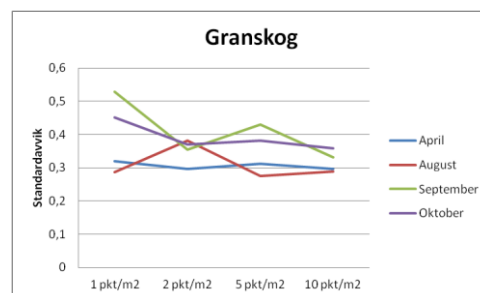
Kontrollen er utført mot samtlige datasett i testprosjektet og resultatet er vist og kommentert i de påfølgende kapitler. Terrengmodellene er generert ved bruk av LAS-tools.

### 5.1 Tett granskog

Av tabellen fremgår det at standardavviket er relativt høyt for alle datasett (om lag 30 – 40 cm) og i liten grad påvirket av årstid og punkttetthet.

Noen datasett skiller seg ut med litt høyere standardavvik, for eksempel 1 punkts skanningen fra september. Dette skyldes antakelig feilklassifisering eller feil i matching av flystriper.

Det er også verdt å legge merke til høye maks avvik, bortimot 1 meter for samtlige datasett. Om lag 10-15 % av de landmålte punktene avviker mer enn 50 cm fra laser terrengmodellen. (for september 1 punkt skanningen avviker nærmere halvparten av punktene med mer enn 50 cm).



Datasett	Antall pkt.	Min avvik	Maks avvik	Systematisk avvik	Standard avvik	% < 0,1m	% 0,1 - 0,24m	% 0,25 - 0,49m	% 0,5 - 0,99m	% 1m og større
April 1 punkt	98	-0,509	0,92	0,166	0,32	29,6	28,6	30,6	11,2	0
April 2 punkt	98	-0,457	0,791	0,224	0,297	14,3	54,1	20,4	11,2	0
April 5 punkt	98	-0,324	0,995	0,244	0,311	8,2	55,1	25,5	11,2	0
April 10 punkt	98	-0,357	0,859	0,235	0,296	9,2	59,2	21,4	10,2	0
August 1 punkt	98	-0,52	0,602	0,172	0,286	22,4	32,7	37,8	7,1	0
August 2 punkt	98	-0,307	1,078	0,245	0,382	26,5	26,5	28,6	16,3	2
August 5 punkt	98	-0,35	0,7	0,183	0,276	31,6	42,9	14,3	11,2	0
August 10 punkt	98	-0,309	0,832	0,219	0,289	16,3	56,1	16,3	11,2	0
September 1 punkt	98	-0,736	1,093	0,415	0,529	16,3	15,3	19,4	46,9	2
September 2 punkt	98	-0,463	0,677	0,294	0,355	12,2	29,6	38,8	19,4	0
September 5 punkt	98	-1,041	0,926	0,093	0,43	22,4	20,4	28,6	27,6	1
September 10 punkt	98	-0,988	0,784	0,126	0,332	18,4	32,7	37,8	11,2	0
Oktober 1 punkt	98	-0,523	1,08	0,327	0,452	17,3	19,4	31,6	29,6	2
Oktober 2 punkt	98	-0,537	0,922	0,311	0,369	4,1	32,7	49	14,3	0
Oktober 5 punkt	98	-0,28	1,038	0,33	0,381	2	21,4	64,3	11,2	1
Oktober 10 punkt	98	-0,303	0,892	0,302	0,358	3,1	35,7	49	12,2	0

## 5.2 Tett undervegetasjon - ravine

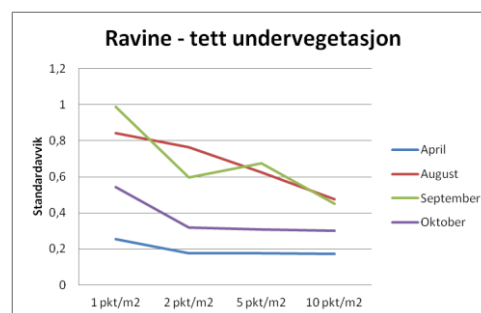
Dette området har tett undervegetasjon av busker med høyde opp mot to meter. Både standardavviket og det systematiske avviket øker betydelig fra april skanningen til august og september skanningene.

I oktober er resultatet noe bedre, men avvikene er høyere enn i april.

Økt punkttetthet reduserer avvikene noe, det kan se ut til å gi en positiv effekt å gå fra 1 til 2 punkt pr km<sup>2</sup>.

Det er uansett tydelig at algoritmen som benyttes for klassifisering av bakkepunkt har vansker med å skille lav, tett vegetasjon fra terreng.

I dette området er det maksimale avviket 1,9 meter (september 1 punkt). For august og september skanningene har 20-75 % av punktene (avhengig av punkttetthet) mer enn 50 cm høydeavvik til terrengmodellen.

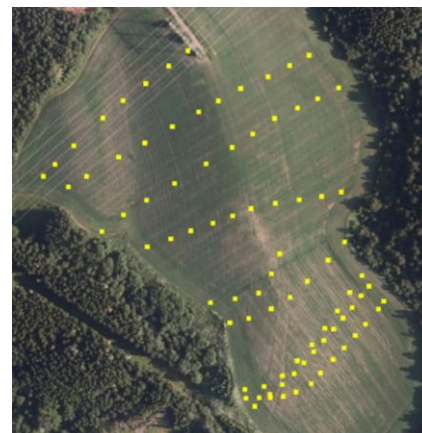


Datasett	Antall pkt.	Min avvik	Maks avvik	Systematisk avvik	Standard avvik	% < 0,1m	% 0,1 - 0,24m	% 0,25 - 0,49m	% 0,5 - 0,99m	% 1m og større
April 1 punkt	228	-0,092	0,635	0,202	0,255	32,5	27,6	37,7	2,2	0
April 2 punkt	228	-0,055	0,35	0,158	0,176	22,4	63,6	14	0	0
April 5 punkt	228	-0,01	0,389	0,165	0,177	15,4	75,9	8,8	0	0
April 10 punkt	228	0,015	0,334	0,162	0,171	11	83,3	5,7	0	0
August 1 punkt	228	-0,248	1,729	0,732	0,844	1,8	13,6	20,6	34,2	29,8
August 2 punkt	227	0,048	1,619	0,66	0,764	1,8	9,7	36,1	28,2	24,2
August 5 punkt	220	-0,077	1,487	0,504	0,627	8,6	20	30	27,3	14,1
August 10 punkt	228	-0,366	1,348	0,377	0,477	7,9	32,5	36,4	18,9	4,4
September 1 punkt	228	0,144	1,904	0,898	0,989	0	1,8	20,2	36,4	41,7
September 2 punkt	228	-0,537	1,591	0,505	0,595	1,8	18,4	37,7	34,2	7,9
September 5 punkt	228	-0,123	1,5	0,571	0,675	3,9	12,3	37,3	31,1	15,4
September 10 punkt	228	-0,124	1,216	0,384	0,45	8,8	18,4	48,7	21,9	2,2
Oktober 1 punkt	228	0,037	1,135	0,501	0,545	0,9	12,7	37,3	48,2	0,9
Oktober 2 punkt	228	-0,139	0,631	0,3	0,319	3,1	29,4	64,5	3,1	0
Oktober 5 punkt	228	0,129	0,529	0,298	0,307	0	24,1	74,1	1,8	0
Oktober 10 punkt	228	-0,003	0,567	0,291	0,3	0,4	29,8	68,9	0,9	0

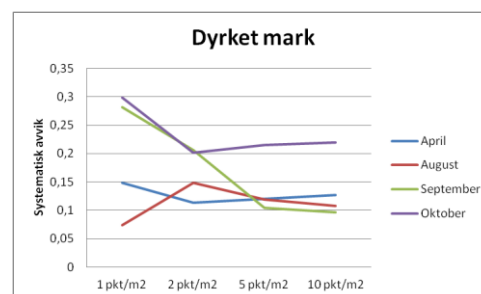
### 5.3 Dyrket mark

I likhet med åkeren benyttet i punkt 4.2 er det også for denne åkeren overraskende godt resultat for august skanningen. Vi antar at årsaken er at åkeren var benyttet til annet enn kornproduksjon og var høstet ved skannetidspunkt.

Av tabellen kan vi ellers lese at september og oktober skanningene skiller seg ut med høyere avvik enn april og august dataene. I oktober kan det se ut som om det har vært tett lav vegetasjon som har gitt et systematisk avvik på om lag 20 cm. Økt punkttetthet forbedrer ikke resultatet.

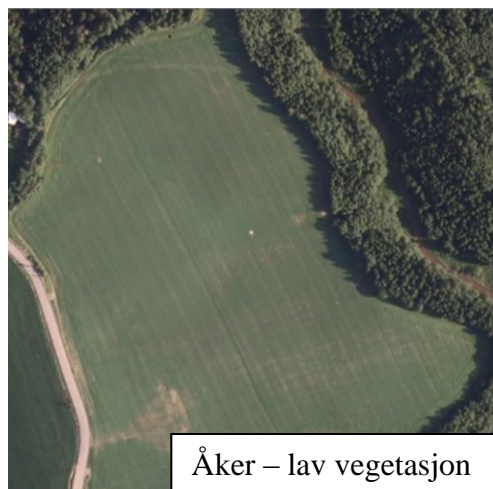


I dette området er det kun to av skanningene som har noen få punkt med maks avvik høyere enn 50 cm.

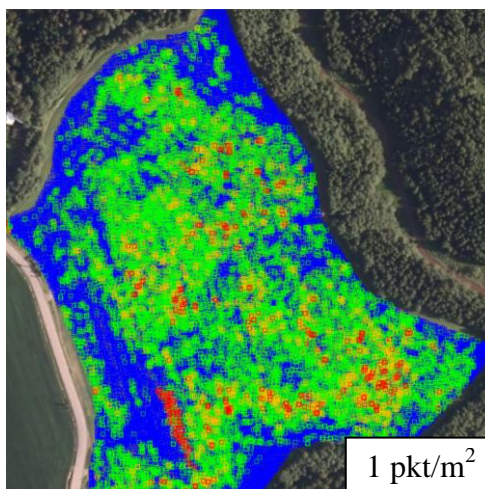


Datasett	Antall pkt.	Min avvik	Maks avvik	Systematisk avvik	Standard avvik	% < 0,1m	% 0,1 - 0,24m	% 0,25 - 0,49m	% 0,5 - 0,99m	% 1m og større
April 1 punkt	87	0,013	0,252	0,148	0,159	20,7	78,2	1,1	0	0
April 2 punkt	87	0,013	0,19	0,114	0,122	35,6	64,4	0	0	0
April 5 punkt	87	0,036	0,191	0,12	0,123	25,3	74,7	0	0	0
April 10 punkt	87	0,046	0,197	0,127	0,13	16,1	83,9	0	0	0
August 1 punkt	87	-0,154	0,303	0,074	0,113	63,2	33,3	3,4	0	0
August 2 punkt	87	-0,087	0,327	0,148	0,177	32,2	52,9	14,9	0	0
August 5 punkt	87	-0,041	0,271	0,119	0,134	35,6	62,1	2,3	0	0
August 10 punkt	87	-0,033	0,276	0,108	0,122	44,8	54	1,1	0	0
September 1 punkt	87	0,088	0,59	0,282	0,31	1,1	51,7	39,1	8	0
September 2 punkt	87	0,053	0,386	0,206	0,216	4,6	71,3	24,1	0	0
September 5 punkt	87	-0,094	0,335	0,105	0,131	48,3	47,1	4,6	0	0
September 10 punkt	87	-0,079	0,35	0,097	0,137	57,5	33,3	9,2	0	0
Oktober 1 punkt	87	0,116	0,525	0,298	0,307	0	26,4	72,4	1,1	0
Oktober 2 punkt	87	0,123	0,305	0,202	0,206	0	87,4	12,6	0	0
Oktober 5 punkt	87	0,13	0,296	0,215	0,218	0	88,5	11,5	0	0
Oktober 10 punkt	87	0,107	0,381	0,216	0,22	0	81,6	18,4	0	0

Siden ingen av testområdene har gitt noen gode målinger på tett kornåker har vi funnet en annen åker som ser ut til å ha tett vegetasjon under august skanningen. Vi vet ikke om det er korn eller andre vekster på åkeren og heller ikke eksakt hvor høy/tett vegetasjonen er. Vi har benyttet 5 punkts skanningen fra april som referanse og beregnet høydeavvik for de ulike skanningene utført i august.

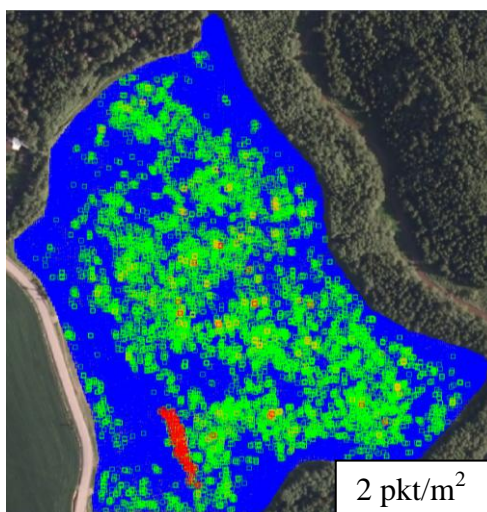


Åker – lav vegetasjon

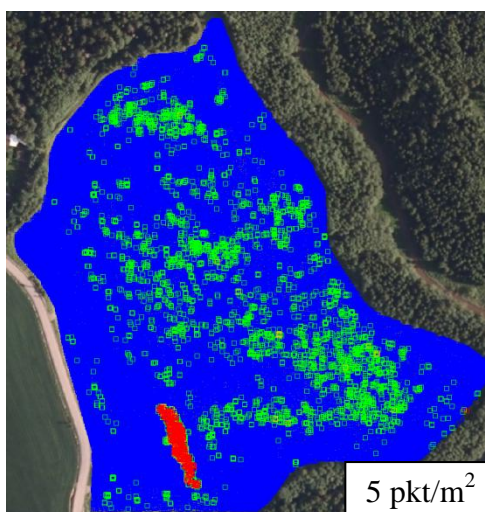


1 pkt/m<sup>2</sup>

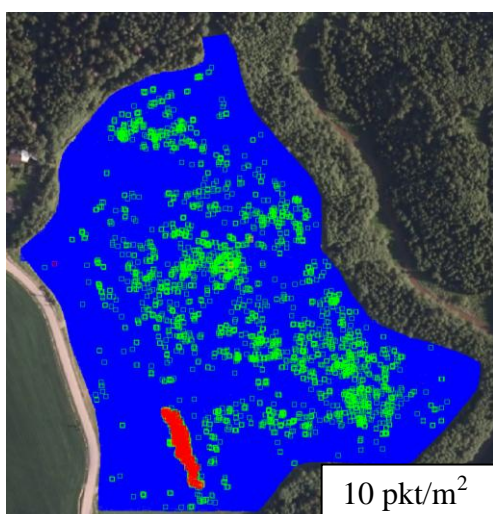
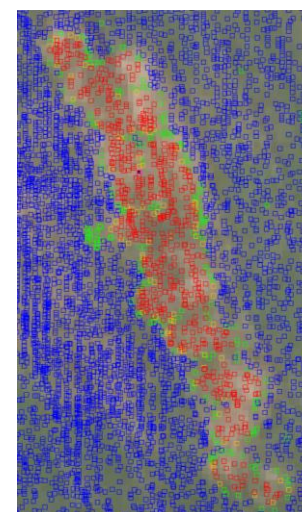
Høyde-avvik	Fargekode
< 0,1 meter	Blå
0,1 – 0,24 meter	Cyan
0,25 – 0,49 meter	Grønn
0,50 – 0,99 meter	Orange
>= 1 meter	Rød



2 pkt/m<sup>2</sup>



5 pkt/m<sup>2</sup>



10 pkt/m<sup>2</sup>

Plottene viser høydeavvik for de klassifiserte bakkepunktene målt mot referansedatasettet april 5 pkt skanning.

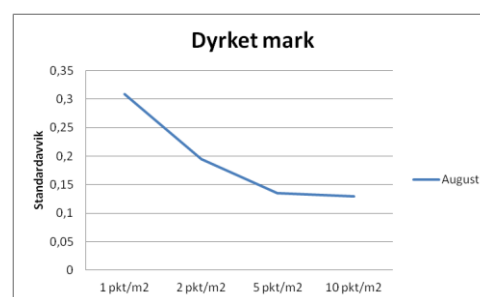
Det fremgår tydelig at økt punkttetthet forbedrer gjennomtrengeligheten av åkeren. Et lite område skiller seg ut (røde punkt) med avvik over 1 meter. Her har det antakelig skjedd en terrengendring mellom de to skanningene (april 2011 – august 2012).

Punkttetthet	Antall pkt.	Min avvik	Maks avvik	Systematisk avvik	Standardavvik	% < 0,1m	% 0,1 - 0,24m	% 0,25 - 0,49m	% 0,5 - 0,99m	% > 1m
1 pkt/m <sup>2</sup>	31468	-1,257	1,367	-0,257	0,309	15,9	33,6	42,7	7,8	0,1
2 pkt/m <sup>2</sup>	51647	-0,632	1,5	-0,122	0,195	47,6	32,4	18,9	1	0,1
5 pkt/m <sup>2</sup>	79454	-0,859	1,577	-0,069	0,135	67	28,1	4,3	0,4	0,2
10 pkt /m <sup>2</sup>	113893	-0,555	1,578	-0,063	0,129	69	27,6	2,9	0,3	0,2

### Høydeavvik august skanning mot referanse datasett april 5 pkt/m<sup>2</sup>

Tabellen over viser i likhet med plottene på forrige side at laseren har problemer med å penetrere lav undervegetasjon (tett åker). Spesielt gjelder dette for 1 pkt skanningen hvor det er et systematisk avvik på 25 cm. Verdiene for det systematiske avviket har negativt fortegn fordi det refererer seg til april skanningen og viser at denne ligger lavere enn august skanningene.

Både standardavviket og det systematiske avviket blir redusert ved økt punkttetthet. Det gir imidlertid ingen effekt å øke punkttettheten fra 5 – 10 punkt slik det er gjort i denne testen ved å skanne området dobbelt.



## 5.4 Hogstflate - lav undervegetasjon

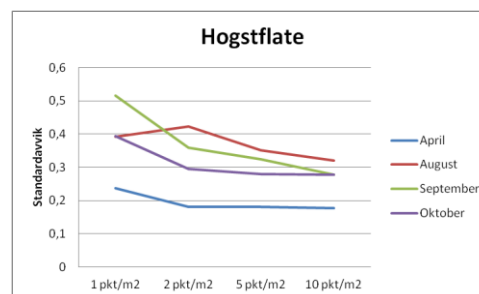
I dette området er det lav undervegetasjon med ujevn tetthet.

Som det fremgår av tabellen under er avvikene minst i april (før vekstsesong) og relativt høye for de øvrige skanningene.

Spesielt 1 punkt skanningen i september skiller seg ut med høyt standardavvik. Med unntak av august skanningen ser det ut til at økt punkttetthet gir en liten forbedring i nøyaktigheten. Spesielt kan det se ut til å gi en effekt å øke fra 1 til 2pkt/m<sup>2</sup>.



I dette området har samtlige datasett maks avvik på nærmere 1 meter eller høyere (opptil 1,5 meter).



Datasett	Antall pkt.	Min avvik	Maks avvik	Systematisk avvik	Standard avvik	% < 0,1m	% 0,1 - 0,24m	% 0,25 - 0,49m	% 0,5 - 0,99m	% 1m og større
April 1 punkt	187	-0,234	1,06	0,196	0,237	17,6	56,7	23	2,1	0,5
April 2 punkt	187	-0,049	0,906	0,144	0,182	35,3	55,1	8	1,6	0
April 5 punkt	187	-0,193	0,829	0,152	0,181	19,3	70,6	8,6	1,6	0
April 10 punkt	187	-0,031	0,826	0,153	0,177	19,3	71,1	8,6	1,1	0
August 1 punkt	187	-0,372	1,489	0,275	0,392	20,3	30,5	33,7	13,4	2,1
August 2 punkt	187	-0,165	1,486	0,299	0,422	17,6	41,2	23	13,9	4,3
August 5 punkt	187	-0,17	1,215	0,275	0,351	11,8	48,7	28,9	8	2,7
August 10 punkt	187	-0,193	1,184	0,245	0,32	13,4	58,3	19,8	7	1,6
September 1 punkt	187	0,103	1,18	0,484	0,515	0	1,6	63,6	31,6	3,2
September 2 punkt	187	-0,531	1,182	0,281	0,359	13,4	34,2	36,4	15,5	0,5
September 5 punkt	187	-0,083	0,999	0,273	0,325	11,8	38,5	41,2	8,6	0
September 10 punkt	187	-0,158	1,02	0,2	0,278	28,9	39,6	24,1	7	0,5
Oktober 1 punkt	187	-0,063	1,246	0,358	0,393	2,7	22,5	56,7	17,6	0,5
Oktober 2 punkt	187	0,018	0,938	0,281	0,295	0,5	35,8	61,5	2,1	0
Oktober 5 punkt	187	0,043	0,945	0,263	0,279	1,1	47,1	49,7	2,1	0
Oktober 10 punkt	187	0,086	0,954	0,262	0,278	1,6	45,5	51,3	1,6	0



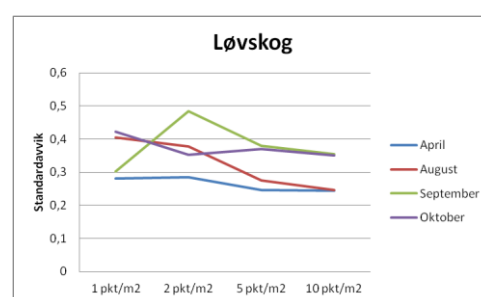
## 5.5 Tett løvskog

I dette området er det overraskende høye avvik for april skanningen og dermed mindre forskjeller til de øvrige skanningene enn hva man kunne anta, ref. punkt 4.4.

For august skanningen gir økt punkttetthet bedre nøyaktighet, men en slik effekt har vi ikke for de andre skanningene.



I dette området ligger maks avvik på rundt 0,5 meter for de fleste datasettene. Punkttetthet ser ikke ut til å ha noen innvirkning på maks avvik.

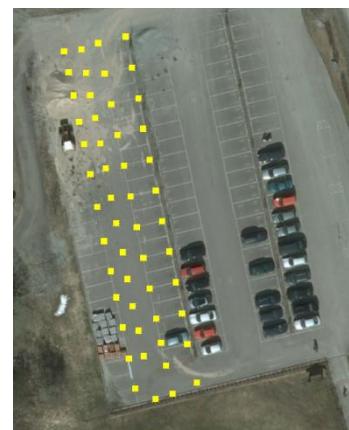


Datasett	Antall pkt.	Min avvik	Maks avvik	Systematisk avvik	Standard avvik	% < 0,1m	% 0,1 - 0,24m	% 0,25 - 0,49m	% 0,5 - 0,99m	% 1m og større
April 1 punkt	94	-0,122	0,481	0,253	0,281	8,5	37,2	54,3	0	0
April 2 punkt	94	-0,059	0,56	0,265	0,284	5,3	36,2	57,4	1,1	0
April 5 punkt	94	-0,059	0,505	0,224	0,246	7,4	57,4	34	1,1	0
April 10 punkt	94	-0,082	0,506	0,222	0,244	8,5	57,4	33	1,1	0
August 1 punkt	94	-0,094	1,191	0,325	0,405	13,8	26,6	42,6	14,9	2,1
August 2 punkt	94	-0,173	0,71	0,341	0,378	5,3	25,5	53,2	16	0
August 5 punkt	94	-0,111	0,655	0,24	0,276	11,7	42,6	39,4	6,4	0
August 10 punkt	94	-0,03	0,473	0,22	0,246	7,4	55,3	37,2	0	0
September 1 punkt	94	-0,229	0,562	0,26	0,303	14,9	30,9	46,8	7,4	0
September 2 punkt	94	0,2	0,713	0,467	0,484	0	3,2	55,3	41,5	0
September 5 punkt	94	-0,078	0,818	0,32	0,379	11,7	28,7	41,5	18,1	0
September 10 punkt	94	-0,088	0,653	0,327	0,354	5,3	20,2	64,9	9,6	0
Oktober 1 punkt	94	0,089	0,638	0,405	0,422	2,1	9,6	63,8	24,5	0
Oktober 2 punkt	94	0,005	0,592	0,336	0,352	2,1	13,8	77,7	6,4	0
Oktober 5 punkt	94	0,083	0,569	0,356	0,37	3,2	7,4	83	6,4	0
Oktober 10 punkt	94	0,07	0,596	0,337	0,35	3,2	9,6	81,9	5,3	0

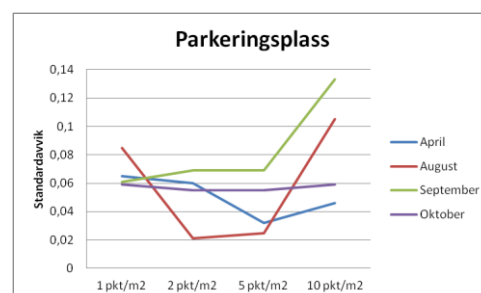
## 5.6 Parkeringsplass

I tabellen under fremgår det at standardavviket jevnt over er lavt for alle skanninger. 1 og 10 punkt skanningene fra august og spesielt 10 punkt skanningen fra september skiller seg imidlertid ut med noe mer støy. Denne støyen kan skyldes et litt svakt resultat fra matchingen av flystripene og vil kunne påvirke resultatet fra analysene i de øvrige kontrollområdene.

Kontrollen indikerer ellers ikke at økt punkttetthet forbedrer nøyaktigheten på harde veldefinerte flater.



I august 10 pkt skanningen er maks avviket 0,654, det må skyldes en grov feilklassifisering. Det er ellers verdt å merke seg at for september 5 og 10 punkt skanningene ligger deler av terrenget 10-25 cm under de landmålte punktene.



Datasett	Antall pkt.	Min avvik	Maks avvik	Systematisk avvik	Standard avvik	% < 0,1m	% 0,1 - 0,24m	% 0,25 - 0,49m	% 0,5 - 0,99m	% 1m og større
April 1 punkt	52	-0,139	0,295	0,027	0,065	92,3	5,8	1,9	0	0
April 2 punkt	52	-0,042	0,293	0,023	0,06	96,2	0	3,8	0	0
April 5 punkt	52	-0,031	0,164	0,017	0,032	98,1	1,9	0	0	0
April 10 punkt	52	-0,031	0,247	0,024	0,046	96,2	3,8	0	0	0
August 1 punkt	52	-0,132	0,047	-0,08	0,085	80,8	19,2	0	0	0
August 2 punkt	52	-0,023	0,073	0,009	0,021	100	0	0	0	0
August 5 punkt	52	-0,038	0,07	0,016	0,025	100	0	0	0	0
August 10 punkt	52	-0,022	0,654	0,025	0,105	96,2	0	1,9	1,9	0
September 1 punkt	52	-0,018	0,143	0,052	0,061	94,2	5,8	0	0	0
September 2 punkt	52	0,019	0,156	0,065	0,069	92,3	7,7	0	0	0
September 5 punkt	52	-0,168	0,008	-0,057	0,069	88,5	11,5	0	0	0
September 10 punkt	52	-0,233	-0,029	-0,122	0,133	36,5	63,5	0	0	0
Oktober 1 punkt	52	-0,058	0,178	0,038	0,059	90,4	9,6	0	0	0
Oktober 2 punkt	52	0,002	0,124	0,048	0,055	90,4	9,6	0	0	0
Oktober 5 punkt	52	-0,01	0,093	0,051	0,055	100	0	0	0	0
Oktober 10 punkt	52	0	0,1	0,055	0,059	96,2	3,8	0	0	0

## 6. Konklusjon

Testprosjektet har gitt et unikt erfaringsmateriale og bekreftet våre antakelser om hvordan vegetasjon påvirker antall bakketreff. Vi har fått gode erfaringstall for hvilken nøyaktighet som kan forventes i ulike terrengetyper og hvordan spesielt undervegetasjon påvirker nøyaktigheten.

Et viktig funn i prosjektet er hvor avgjørende klassifisering av bakkepunktene er for resultatet. På bakgrunn av dette ble det besluttet å gjennomføre et eget testprosjekt hvor 5 firma fikk i oppgave å utføre klassifisering av det samme datasettet (5 punkts skanningen fra september). Resultatet fra denne testen viste store forskjeller i hvordan firmaene utfører klassifiseringen. Det er utarbeidet en egen rapport fra klassifiseringstesten.

Selv om testprosjektet har gitt oss mange av svarene vi søkte, er det gjennom arbeidet med rapporten også avdekket noen svakheter/begrensninger:

1. 10 punkts skanningen som består av to 5 punkt skanninger har tilført testen lite. For enkelte skanninger kan det virke som om dette datasettet har mer støy enn 5 punkts skanningen. Det ville sannsynligvis for testen vært bedre om det var fløyet en separat skanning med 10 punkt.
2. Det mangler feltobservasjoner fra skannetidspunktene. Det ville vært nyttig å ha informasjon fra felt om type, høyde og tetthet på vegetasjon. Spesielt i forhold til å identifisere tett åker.
3. Testområdet mangler skarpe knekklinjer, i form av markante vegskjæringer eller tekniske anlegg (veganlegg). Vi har dermed ikke kunnet teste om økt punkttetthet forbedrer gjengivelsen av slike detaljer.
4. Det er ikke undersøkt hvordan matching av flystriper/prosessering av laser og GPS/INS løsning har påvirket resultatet. Det er tegn som tyder på litt dårlig matchingsresultat for enkelte skanninger, se kapittel 5.6.
5. Det er ikke undersøkt hvordan klassifisering av punktskyer har påvirket resultatet. Feil i klassifiseringen av bakkepunkt, vil kunne gi feil i de genererte terrenngmodellene som påvirker våre analyser. Det kan i tillegg være benyttet ulike metodikk for klassifisering av de ulike datasettene som også kan gi en viss innvirkning på analysene.
6. Det er ikke undersøkt hvorvidt metodikk for generering av terrenngmodell har påvirket resultatet. Terrenngmodellene i prosjektet er generert med to ulike programvarer, Xfactor+ i testen utført i kapittel 4 og LAS-tools i testen utført i kapittel 5. For hver av testene er de samme parametrene benyttet for alle datasett. Sammenlikning av resultatene bør derfor gi et korrekt bilde. Benyttet metodikk/parametersetting kan imidlertid påvirke den oppnådde nøyaktigheten for det enkelte datasett.

## 6.1 Antall bakketreff

Metoden med å telle antall klassifiserte bakkepunkt og sammenholde dette tallet mot antall 1. returer gir ikke nødvendigvis et korrekt bilde av vegetasjons gjennomtrengelighet. Valg av parametre for filtrering av bakkepunkt spiller en avgjørende rolle, spesielt i områder med høy punkttetthet.

Filtrering av bakkepunkt gjøres under bakkeklassifiseringen for å få en hard og veldefinert bakkemodell. Dersom parametrene justeres, slik at flest mulig punkt beholdes som bakkepunkt vil dette kunne gi en mer ”støyete” bakkemodell.

Det er ikke hensiktsmessig å sette krav til parametre for filtrering ved bestilling av laserskanning. I prosjekter hvor høy detaljering er kritisk, for eks for å påvise kulturminner, bør det heller settes krav til størrelse på objekter som skal kunne identifiseres.

Følgende konklusjoner kan trekkes av vår analyse av andel bakketreff:

- Økt punkttetthet gir jevnt over flere bakketreff, men økningen er ikke lineær. I tett skog gir det minst effekt å øke punkttettheten. Her vil punktene uansett kun fordele seg innenfor områder hvor lyset kan trenge igjennom.
- I barskog er andel bakketreff uavhengig av tidspunktet for skanningen. I tett barskog kan andel bakketreff bli svært lavt (under 5 %).
- I løvskog er tidspunkt for skanningen svært avgjørende. Dersom antall bakketreff er kritisk i slike områder, bør det skannes før løvsprett eller etter løvfall. I tett løvskog kan andel bakketreff bli svært lavt (under 5 %).
- I områder med tett undervegetasjon, spesielt dyrket mark, ser det ut til at skannetidspunktet er mest avgjørende for høye punkttettheter. Dette skyldes antakelig at 1 pkt skanningen inneholder mange vegetasjonspunkt feilklassifisert som bakke.
- I åpne områder uten vegetasjon (lav eller høy) har skannetidspunkt ingen betydning og økt punkttetthet gir en klar økning i antall bakketreff. Metodikk for bakkeklassifisering er avgjørende for andel bakkepunkt.
- I områder med tett undervegetasjon ser det ut til at økt punkttetthet bedrer vegetasjons-gjennomtrengeligheten og dermed har en positiv effekt for antall bakketreff.
- Skanning i april (før løv) og i oktober (etter løv) gir relativt likt resultat med hensyn på andel bakketreff.

## 6.2 Stedfestingsnøyaktighet

Stedfestingsnøyaktigheten i høyde for laserpunktene klassifisert som bakke er testet både med bruk av 10 punkts skanningen fra april som referansemodell (fasit) og mot landmålte kontrollpunkt.

Følgende konklusjoner kan trekkes av vår analyse av høydeavvik:

- Tett undervegetasjon gir systematiske avvik i høyde. For samtlige målinger fra områder med undervegetasjon ligger laser terrengpunktene minimum 15-30 cm høyere enn referansemodellen fra april. I slike områder er dermed skannetidspunkt avgjørende for høydenøyaktigheten på terrengpunktene. Det ser ut til at økt punkttetthet forbedrer gjennomtrengningsevnen i lav vegetasjon og dermed har en positiv effekt på høydenøyaktigheten.
- I barskog er stedfestingsnøyaktigheten uavhengig av både skannetidspunkt og punkttetthet.
- I løvskog påvirkes stedfestingsnøyaktigheten i liten grad av skannetidspunkt og vi kan heller ikke se noen signifikant effekt av økt punkttetthet.
- I områder uten vegetasjon er stedfestingsnøyaktigheten uavhengig av både skannetidspunkt og punkttetthet.

På bakgrunn av kontrollen mot landmålte kontrollpunkt kan vi dra følgende slutninger om forventet stedfestingsnøyaktighet i høyde for de ulike datasettene:

- Med unntak av 10 punkts skanningen fra september oppfyller alle datasettene kravene til DTM10 (stedfestingsnøyaktigheten i høyde til terrengmodellen etablert fra dataene er bedre enn 10 cm for harde og veldefinerte terrengoverflater).
- I områder med tett, høy vegetasjon (bar-/løvskog) påvirkes stedfestingsnøyaktigheten av feilklassifisering og undervegetasjon. Stedfestingsnøyaktigheten i høyde til terrengmodellen etablert fra dataene vil derfor variere, men kan forventes i området 0,25 – 0,50 meter for relativt flate og jevne terrengoverflater.
- I områder med tett undervegetasjon er stedfestingsnøyaktigheten korrelert med høyden på vegetasjonen. Spesielt for lave punkttettheter ( $\sim 1 \text{ pkt/m}^2$ ) vil laseren ha vansker med å trenge igjennom vegetasjonen og forventet stedfestingsnøyaktighet i høyde til terrengmodellen etablert fra dataene vil dermed være tilnærmet lik vegetasjonshøyden. Dersom punkttettheten dobles til  $2 \text{ pkt/m}^2$  kan det forventes en forbedring av stedfestingsnøyaktigheten i størrelsesorden 25-30 %. Spesielt for tett åker kan man forvente ytterligere forbedring av stedfestingsnøyaktigheten ved ennå høyere punkttetthet. I områder med mer ujevn vegetasjon (for eks. hogstflater) vil feilklassifisering være en stor feilkilde og her ser det ut til at økt punkttetthet har mindre effekt.
- For de fleste områdene er det overraskende høye maksimale avvik mellom de landmålte kontrollpunktene og laser terrengmodellene (1-2 meter). De maksimale avvikene påvirkes til en viss grad av vekstsesong, men skyldes i all hovedsak feilklassifisering (vegetasjonspunkt feilaktig klassifisert som bakkepunkt). Punkttetthet påvirker ikke de maksimale avvikene.



### 6.3 Videre arbeid

Resultater fra dette testprosjektet og testprosjektet med klassifisering av laserdata er benyttet til revisjon av produktspesifikasjonen FKB-Laser (Versjon 2.0 – 2013-02-01).

Det er nå i gangsett revisjon av Geodatastandarden med tilhørende standarder Kart og Geodata og Kontroll av geodata. Disse standardene beskriver kvalitetselement, krav til produksjonen og hvordan dataene skal kontrolleres. Resultater fra dette testprosjektet vil gi viktige bidrag til å beskrive krav til kvalitet, dokumentasjon av firmaenes egenkontroll og hvordan kvaliteten skal kontrolleres på en mer entydig måte.



## Tillegg A – Kontroll av stedfestingsnøyaktighet i høyde (målt mot referansemodell: April 10 pkt)

Område	Datasett	antall punkt	Høydeavvik mot referansemodell april 10	
			systematisk avvik	Standardavvik
Bekkedal - myr	april 1	398	0,08	0,08
Bekkedal - myr	april 2	595	0,01	0,06
Bekkedal - myr	april 5	1207	-0,01	0,04
Bekkedal - myr	april 10			
Bekkedal - myr	august 1	158	0,19	0,23
Bekkedal - myr	august 2	253	0,2	0,24
Bekkedal - myr	august 5	490	0,17	0,2
Bekkedal - myr	august 10	754	0,17	0,2
Bekkedal - myr	september 1	245	0,34	0,37
Bekkedal - myr	september 2	165	0,21	0,22
Bekkedal - myr	september 5	606	0,12	0,17
Bekkedal - myr	september 10	625	0,08	0,14
Bekkedal - myr	oktober 1	273	0,25	0,27
Bekkedal - myr	oktober 2	527	0,16	0,17
Bekkedal - myr	oktober 5	1085	0,15	0,17
Bekkedal - myr	oktober 10	1252	0,16	0,17
Dyrket mark	april 1	301	0,04	0,05
Dyrket mark	april 2	923	0	0,03
Dyrket mark	april 5	1862	0	0,02
Dyrket mark	april 10			
Dyrket mark	august 1	379	-0,01	0,06
Dyrket mark	august 2	503	0,05	0,09
Dyrket mark	august 5	840	0,03	0,06
Dyrket mark	august 10	1203	0,01	0,06
Dyrket mark	september 1	399	0,31	0,32
Dyrket mark	september 2	502	0,27	0,29
Dyrket mark	september 5	720	0,03	0,07
Dyrket mark	september 10	1237	0,01	0,05
Dyrket mark	oktober 1	273	0,13	0,13
Dyrket mark	oktober 2	527	0,06	0,07
Dyrket mark	oktober 5	1085	0,09	0,09
Dyrket mark	oktober 10	1252	0,09	0,09



Område	Datasett	Høydeavvik mot referansemodell april 10		
		antall punkt	systematisk avvik	Standardavvik
Granskog	april 2	117	0,04	0,19
Granskog	april 5	356	-0,03	0,15
Granskog	april 10			
Granskog	august 1	63	0,01	0,21
Granskog	august 2	111	-0,18	0,27
Granskog	august 5	108	-0,03	0,2
Granskog	august 10	257	-0,02	0,2
Granskog	september 1	51	-0,07	0,24
Granskog	september 2	67	-0,14	0,25
Granskog	september 5	102	-0,28	0,34
Granskog	september 10	188	-0,2	0,29
Granskog	oktober 1	103	0,08	0,24
Granskog	oktober 2	79	-0,03	0,21
Granskog	oktober 5	179	0,09	0,23
Granskog	oktober 10	378	0,06	0,22
Løvskog	april 1	344	0,1	0,19
Løvskog	april 2	595	0,08	0,17
Løvskog	april 5	1648	0,08	0,16
Løvskog	april 10			
Løvskog	august 1	38	0,09	0,22
Løvskog	august 2	220	0,02	0,17
Løvskog	august 5	220	0,02	0,17
Løvskog	august 10	334	0,04	0,16
Løvskog	september 1	65	0,2	0,27
Løvskog	september 2	88	0,16	0,25
Løvskog	september 5	172	0,14	0,22
Løvskog	september 10	222	0,05	0,17
Løvskog	oktober 1	309	0,25	0,32
Løvskog	oktober 2	750	0,21	0,26
Løvskog	oktober 5	1654	0,16	0,22
Løvskog	oktober 10	1783	0,16	0,22
Kraftgate	april 1	343	0,12	0,23
Kraftgate	april 2	642	0,08	0,22
Kraftgate	april 5	986	0,11	0,22
Kraftgate	april 10			
Kraftgate	august 1	168	0,44	0,52
Kraftgate	august 2	234	0,31	0,42
Kraftgate	august 5	330	0,2	0,32
Kraftgate	august 10	503	0,21	0,31





Område	Datasett	Høydeavvik mot referansemodell april 10		
		antall punkt	systematisk avvik	Standardavvik
Kraftgate	september 1	193	0,64	0,69
Kraftgate	september 2	171	0,45	0,52
Kraftgate	september 5	249	0,4	0,48
Kraftgate	september 10	298	0,33	0,41
Kraftgate	oktober 1	446	0,3	0,36
Kraftgate	oktober 2	542	0,2	0,28
Kraftgate	oktober 5	997	0,18	0,18
Kraftgate	oktober 10	1434	0,13	0,13
Vegskjæring	april 1	424	0,01	0,11
Vegskjæring	april 2	930	-0,05	0,12
Vegskjæring	april 5	2164	-0,04	0,1
Vegskjæring	april 10			
Vegskjæring	august 1	324	-0,02	0,15
Vegskjæring	august 2	980	-0,06	0,14
Vegskjæring	august 5	1284	-0,02	0,11
Vegskjæring	august 10	1852	-0,05	0,11
Vegskjæring	september 1	495	0,1	0,23
Vegskjæring	september 2	926	0,03	0,21
Vegskjæring	september 5	2133	0,02	0,12
Vegskjæring	september 10	2047	-0,01	0,19
Vegskjæring	oktober 1	564	0,07	0,15
Vegskjæring	oktober 2	922	0,05	0,12
Vegskjæring	oktober 5	3563	0,01	0,11
Vegskjæring	oktober 10	3948	0,04	0,11
Parkeringsplass	april 1	1066	0,01	0,03
Parkeringsplass	april 2	852	-0,01	0,03
Parkeringsplass	april 5	1820	0,01	0,03
Parkeringsplass	april 10			
Parkeringsplass	august 1	1021	-0,1	0,11
Parkeringsplass	august 2	707	-0,02	0,03
Parkeringsplass	august 5	1505	0	0,02
Parkeringsplass	august 10	2123	0	0,03
Parkeringsplass	september 1	971	0,02	0,04
Parkeringsplass	september 2	863	0,03	0,04
Parkeringsplass	september 5	1906	-0,05	0,06
Parkeringsplass	september 10	2360	-0,08	0,09



Område	Datasett	Høydeavvik mot referansemodell april 10		
		antall punkt	systematisk avvik	Standardavvik
Parkeringsplass	oktober 1	796	0	0,06
Parkeringsplass	oktober 2	1080	0,02	0,04
Parkeringsplass	oktober 5	2166	0,02	0,04
Parkeringsplass	oktober 10	2676	0,03	0,05
Bekkedal	april 1	199	-0,02	0,21
Bekkedal	april 2	308	-0,02	0,19
Bekkedal	april 5	674	-0,01	0,15
bekkedal	april 10			
Bekkedal	august 1	83	0,03	0,26
Bekkedal	august 2	121	0,03	0,26
Bekkedal	august 5	211	-0,05	0,26
Bekkedal	august 10	427	-0,07	0,25
Bekkedal	september 1	128	0,1	0,26
Bekkedal	september 2	133	0	0,33
Bekkedal	september 5	321	0,01	0,27
Bekkedal	september 10	520	-0,05	0,3
Bekkedal	oktober 1	194	0,03	0,27
Bekkedal	oktober 2	359	0,06	0,19
Bekkedal	oktober 5	646	0,05	0,2
Bekkedal	oktober 10	889	0,05	0,2



## Tillegg B – Kontroll av stedfestingsnøyaktighet i høyde dyrket mark (målt mot referansemodell: April 5 pkt)

Område	Datasett	Høydeavvik mot referansemodell april 5	
		systematisk avvik	standardavvik
Dyrket mark	august 1	0,257	0,309
Dyrket mark	august 2	0,122	0,195
Dyrket mark	august 5	0,069	0,135
Dyrket mark	august 10	0,063	0,129

## Tillegg C – Kontroll av stedfestingsnøyaktighet i høyde (målt mot landmålte kontrollpunkt)

Område	Datasett	Høydeavvik mot landmålte kontrollpunkt		
		Ant. punkt	systematisk avvik	standardavvik
Tett undervegetasjon - ravine	april 1	228	0,202	0,255
Tett undervegetasjon - ravine	april 2	228	0,158	0,176
Tett undervegetasjon - ravine	april 5	228	0,165	0,177
Tett undervegetasjon - ravine	april 10	228	0,162	0,171
Tett undervegetasjon - ravine	august 1	228	0,732	0,844
Tett undervegetasjon - ravine	august 2	227	0,66	0,764
Tett undervegetasjon - ravine	august 5	228	0,504	0,627
Tett undervegetasjon - ravine	august 10	228	0,377	0,477
Tett undervegetasjon - ravine	september 1	228	0,898	0,989
Tett undervegetasjon - ravine	september 2	228	0,505	0,595
Tett undervegetasjon - ravine	september 5	228	0,571	0,675
Tett undervegetasjon - ravine	september 10	228	0,384	0,45
Tett undervegetasjon - ravine	oktober 1	228	0,501	0,545
Tett undervegetasjon - ravine	oktober 2	228	0,3	0,319
Tett undervegetasjon - ravine	oktober 5	228	0,298	0,307
Tett undervegetasjon - ravine	oktober 10	228	0,291	0,3
Dyrket mark	april 1	87	0,148	0,159
Dyrket mark	april 2	87	0,114	0,122
Dyrket mark	april 5	87	0,12	0,123
Dyrket mark	april 10	87	0,127	0,13
Dyrket mark	august 1	87	0,074	0,113
Dyrket mark	august 2	87	0,148	0,177
Dyrket mark	august 5	87	0,119	0,134
Dyrket mark	august 10	87	0,108	0,122
Dyrket mark	september 1	87	0,282	0,31
Dyrket mark	september 2	87	0,206	0,216
Dyrket mark	september 5	87	0,105	0,131
Dyrket mark	september 10	87	0,097	0,137
Dyrket mark	oktober 1	87	0,298	0,307
Dyrket mark	oktober 2	87	0,202	0,206
Dyrket mark	oktober 5	87	0,215	0,218
Dyrket mark	oktober 10	87	0,22	0,22



Område	Datasett	Høydeavvik mot landmålte kontrollpunkt		
		Ant. punkt	systematisk avvik	standardavvik
Granskog	april 1	98	0,166	0,32
Granskog	april 2	98	0,224	0,297
Granskog	april 5	98	0,244	0,311
Granskog	april 10	98	0,235	0,296
Granskog	august 1	98	0,172	0,286
Granskog	august 2	98	0,245	0,382
Granskog	august 5	98	0,183	0,276
Granskog	august 10	98	0,219	0,289
Granskog	september 1	98	0,415	0,529
Granskog	september 2	98	0,294	0,355
Granskog	september 5	98	0,093	0,43
Granskog	september 10	98	0,126	0,332
Granskog	oktober 1	98	0,327	0,452
Granskog	oktober 2	98	0,311	0,369
Granskog	oktober 5	98	0,33	0,381
Granskog	oktober 10	98	0,302	0,358
Løvskog	april 1	94	0,263	0,281
Løvskog	april 2	94	0,265	0,284
Løvskog	april 5	94	0,224	0,246
Løvskog	april 10	94	0,222	0,244
Løvskog	august 1	94	0,325	0,405
Løvskog	august 2	94	0,341	0,378
Løvskog	august 5	94	0,24	0,276
Løvskog	august 10	94	0,22	0,246
Løvskog	september 1	94	0,26	0,303
Løvskog	september 2	94	0,467	0,484
Løvskog	september 5	94	0,32	0,379
Løvskog	september 10	94	0,327	0,354
Løvskog	oktober 1	94	0,405	0,422
Løvskog	oktober 2	94	0,336	0,352
Løvskog	oktober 5	94	0,356	0,37
Løvskog	oktober 10	94	0,337	0,35



Område	Datasett	Høydeavvik mot landmålte kontrollpunkt		
		Ant. punkt	systematisk avvik	standardavvik
Hogstflate	april 1	187	0,196	0,237
Hogstflate	april 2	187	0,144	0,182
Hogstflate	april 5	187	0,152	0,181
Hogstflate	april 10	187	0,153	0,177
Hogstflate	august 1	187	0,275	0,392
Hogstflate	august 2	187	0,299	0,422
Hogstflate	august 5	187	0,275	0,351
Hogstflate	august 10	187	0,245	0,32
Hogstflate	september 1	187	0,484	0,515
Hogstflate	september 2	187	0,281	0,359
Hogstflate	september 5	187	0,273	0,325
Hogstflate	september 10	187	0,2	0,278
Hogstflate	oktober 1	187	0,358	0,393
Hogstflate	oktober 2	187	0,281	0,295
Hogstflate	oktober 5	187	0,263	0,279
Hogstflate	oktober 10	187	0,262	0,278
Parkeringsplass	april 1	52	0,027	0,065
Parkeringsplass	april 2	52	0,023	0,06
Parkeringsplass	april 5	52	0,017	0,032
Parkeringsplass	april 10	52	0,024	0,046
Parkeringsplass	august 1	52	-0,08	0,085
Parkeringsplass	august 2	52	0,009	0,021
Parkeringsplass	august 5	52	0,016	0,025
Parkeringsplass	august 10	52	0,025	0,105
Parkeringsplass	september 1	52	0,052	0,061
Parkeringsplass	september 2	52	0,065	0,069
Parkeringsplass	september 5	52	-0,057	0,069
Parkeringsplass	september 10	52	-0,122	0,133
Parkeringsplass	oktober 1	52	0,038	0,059
Parkeringsplass	oktober 2	52	0,048	0,055
Parkeringsplass	oktober 5	52	0,051	0,055
Parkeringsplass	oktober 10	52	0,055	0,059