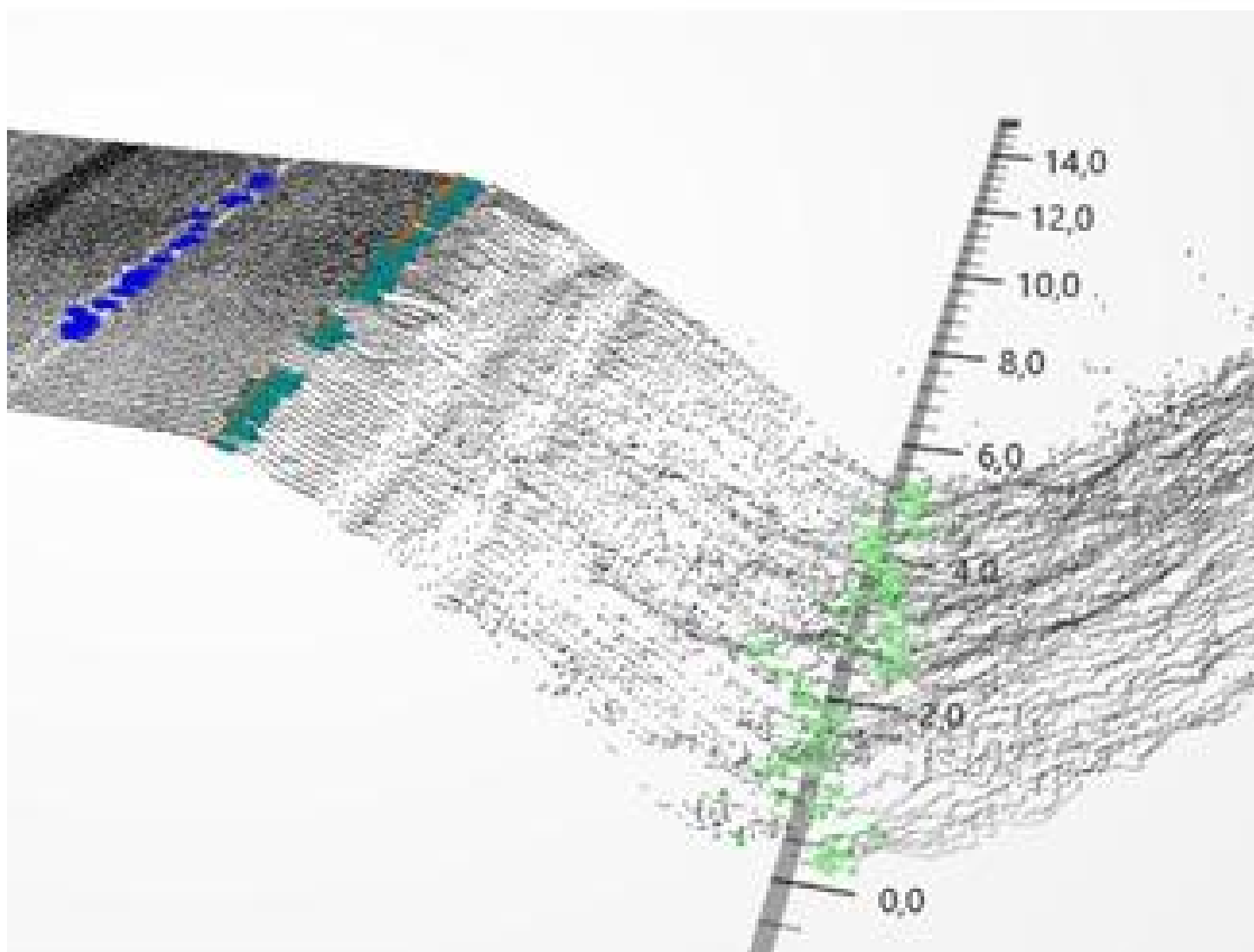


Kartlegging av grøfter med bilbåren laserskanner

E8 Borealis, Skibotn-Riksgrense Finland, Troms- og Finnmark fylke

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 820



Tittel

Kartlegging av grøfter med bilbåren laserskanner

Undertittel

E8 Borealis, Skibotn-Riksgrense Finland, Troms- og Finnmark fylke

Forfatter

Per Otto Aursand

Avdeling

Fagressurser Drift og vedlikehold

Seksjon

Geofag Drift og vedlikehold

Prosjektnummer

C13404

Rapportnummer

820

Prosjektleder

Leif Bakløkk

Godkjent av

Leif Bakløkk

Emneord

Laserskann, grøfter

Sammendrag

Denne rapporten er en dokumentasjon av og sammenligning av grøftedybder beregnet ut fra laserskannermålinger og fysiske innmålinger i terreng. Data om grøfter ble samlet inn med 3 ulike utstyr/leverandører: SVV, TerraTec, og Roadscanners i 2019 og SVV i 2021. Data fra laserskann er også tolket med 3 ulike programvarer. Det ble også utført innmålinger i terreng med GNSS i 2021.

Laserskanninger virker å være et godt verktøy for å kartlegge grøftedybder. Nøyaktigheten er god nok for praktiske driftsformål, men man skal være obs på potensielle feilkilder.

Title

Mapping of ditches with car-mounted laserscanners

Subtitle

E8 Borealis, Skibotn - Border Finland

Author

Per Otto Aursand

Department

Operations and maintenance

Section

Geomechanics

Project number

C13404

Report number

820

Project manager

Leif Bakløkk

Approved by

Leif Bakløkk

Key words

Laserscanner, ditches

Summary

This report is a documentation and comparison of ditch depths calculated from laserscannings and physical measuring-in of terrain with GNSS. Measurements were done with 3 different equipments/suppliers and data were interpreted with 3 different softwares.

Laserscannings is a good tool for mapping ditch depths. The accuracy is good enough for practical maintenance operations, but one should be aware of potential sources of error.



Innhold

1 Innledning/bakgrunn.....	1
2 Datakilder/undersøkelser	2
2.1 Generelt om målingene	2
2.2 Laserskanning	3
2.3 Innmålinger	4
3 Tolking av laserskandata.....	5
3.1 Definisjon av grøftedybde.....	5
3.1 Grøftedybder fra laserdata.....	6
3.2 Helning på grøfteskråning.....	6
3.3 TerraSolid/TopoDOT (TerraTec).....	7
3.4 Road Doctor (Roadscanners).....	8
3.5 ViaPPS Desktop Beta (ViaTech).....	9
3.6 Utførte tolkinger	10
4 Resultater	11
4.1 Delstrekning 1: S9D1 m2550-2600 F2	11
4.2 Delstrekning 2: S9D1 m17920-S10D1 m1385 F2 (hovedstrekning)	12
4.3 Delstrekning 3: S10D1 m16480-16680 F1	17
5 Vurdering av resultater	18
5.1 Nøyaktighet	18
5.2 Feilkilder	21
5.3 Effekt av vegetasjon.....	21
5.4 Eksempel på bruk av data.....	23
6 Konklusjoner	25
7 Referanser	26

Vedlegg:

- 1) Figurer i A3 format
- 2) «*Dekksys II, GNSS malinger av test strekninger i Skibotndalen*», oppmålingsnotat

1 Innledning/bakgrunn

I forbindelse med testprosjektet E8 Borealis ønsket Statens vegvesen å sammenligne ulike utstyr for måling av dekketilstand og få dokumentasjon på forskjeller og fordeler/ulempes for de ulike systemer. I tillegg er det ønskelig å få best mulig dokumentasjon av dekketilstand på E8 Skibotn-Riksgrense Finland i Troms og Finnmark fylke. Oversiktskart over området er vist i Figur 1. Målingene er gjort både med tanke på både overflatetilstand og strukturell styrke/bæreevne og vegens oppbygning. Resultater fra disse målingene er rapportert i SVV-rapport 707 [1] og 712 [2].

Denne rapporten er en dokumentasjon av og sammenligning av grøftedybder beregnet ut fra laserskannermålinger og fysiske innmålinger i terrenget. Data om grøfter ble samlet inn med 3 ulike utstyr/leverandører: SVV, TerraTec, og Roadscanners i 2019 og SVV i 2021. Data fra laserskannere er også tolket med 3 ulike programvarer: ViaPPS Desktop Beta-versjon, Road Doctor og TerraSolid/TopoDOT. Det ble også utført innmålinger i terrenget med GNSS i 2021.



Figur 1: Oversiktskart over E8 Borealis prosjektområde

2 Datakilder/undersøkelser

2.1 Generelt om målingene

Totalt 3 leverandører deltok i målingene av sideterreng/grøfter:

- Statens vegvesen (ViaPPS med Z+F Profiler 9012)
- Roadscanners Oy (Sick LMS500)
- Terra Tec AS (Optech Lynx SG1 Mobile Mapper)

Målingene ble utført 20. august 2019 og 28. mai 2021. Det ble også utført innmålinger i terreng den 26. og 27. mai 2021 med GNSS [5]. Kun de strekninger som er innmålt med GNSS er omtalt i denne rapporten.

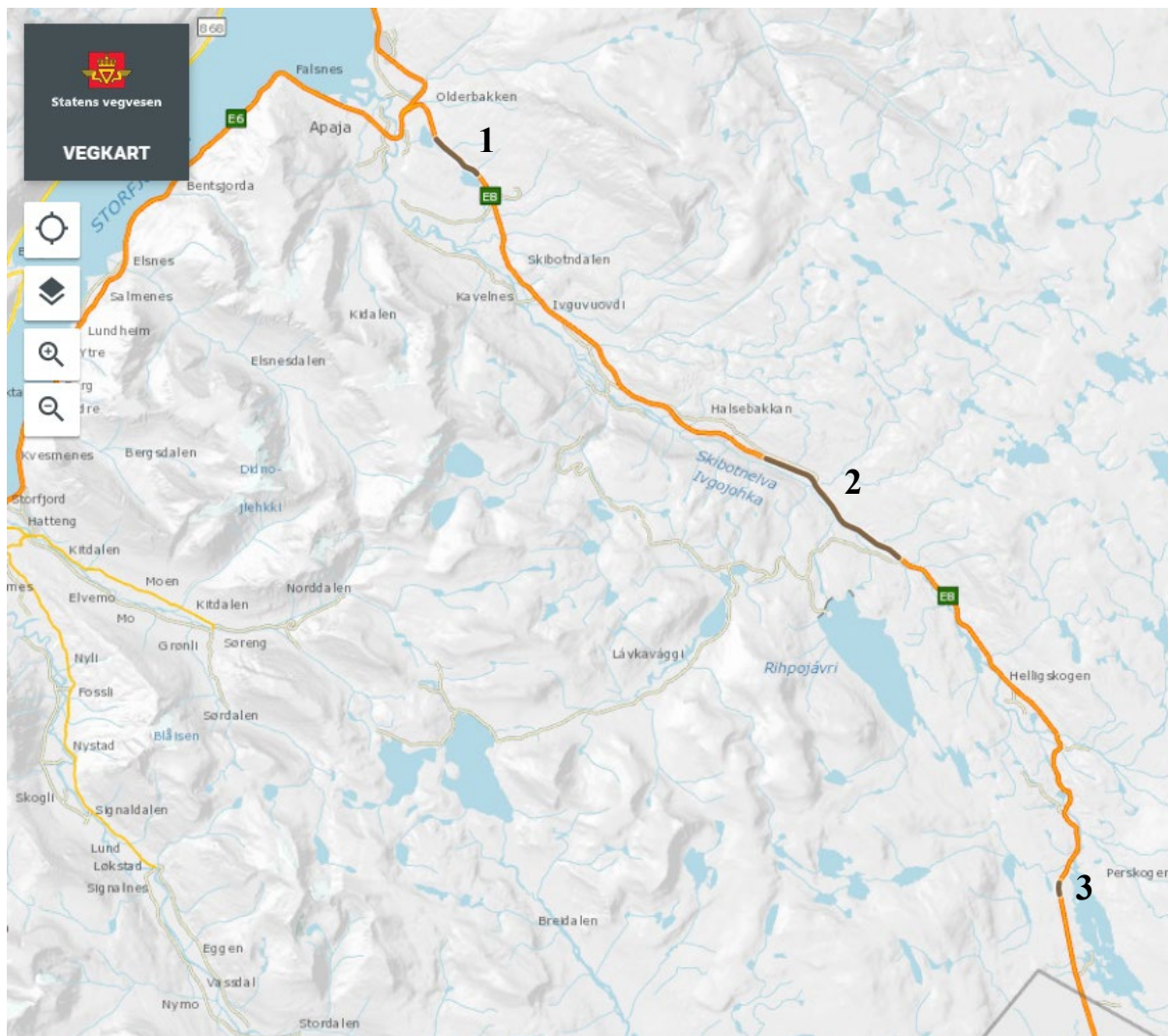
Alle data i denne rapporten er referert til den nye vegsystemreferansen gyldig fra 2019-09-11. Felt 2 i retning Riksgrensen-Skibotn og felt 1 i retning Skibotn-Riksgrensen.

Tabell 1: Oversikt over test strekninger for måling av grøftedybder

Strekning*	Fra S/D**	Fra meter	Til S/D**	Til meter	Felt	Kommentar
1	S9D1	2550	S9D1	2600	2	Måling hver meter
2	S9D1	17920	S10D1	1385	2	Hovedstrekning der både ny og gammel veg inngår Måling hver meter for S10D1m1270-1320. Asfaltkant og vegskulder målt på begge sider av vegen.
3	S10D1	16480	S10D1	16680	1	Asfaltkant og vegskulder målt på begge sider av vegen.

* Ca. plassering vist i kart i figur 2.

** Strekning/delstrekning



Figur 2: Plassering av teststrekninger for måling av grøftedybder [15].

Strekningene ble valgt ut fra ulike typer grøfter (løsmasse/fjell) og profiler med ulik karakteristikk (ny/eldre veg, grunn/dyp sidegrøft, mye/lite vegetasjon).

Dataene fra målingene er ikke i sin helhet vedlagt denne rapporten, men er lagret på Statens vegvesens egen server [13] og kan på forespørsel fremskaffes til for eksempel studentoppgaver:

2.2 Laserskanning

De ulike laserne har forskjellig nøyaktighet og bruksområder. Laserne med størst oppløsning/nøyaktighet er best egnet til å registrere overflateegenskaper og skader på vegdekket. Lasere med mindre oppløsning og 360 graders dekning er egnet til analyse av sideterreng.

SVV benyttet et system fra ViaTech; ViaPPS med Z+F Profiler 9012 med 360 grader dekning og høy presisjon med opptil 200 profiler/sekund [7].

E8 Borealis – Kartlegging av grøftedybder med bilbåren laserskanner

Roadscanners benyttet en Sick LMS500. Denne har en nøyaktighet på mindre enn 1 mm med gjennomsnitt på 1 cm for tverrsnitt og 10 cm i lengderetning. To laserskannere ble brukt for å få full og ca. 20 meter dekning til hver side av veien [4].

TerraTec benyttet en Optech Lynx SG1 Mobile Mapper. Dette laserskanningssystemet består av to skråstilte 600 kHz pulsskannere, fire integrerte kameraer på taket, et 360-graders Ladybug kamera, posisjoneringssystem med IMU/GNSS-sensorer samt DMI på bilhjulet. Presisjon på avstandsmåler er +/- 0,5 cm [3].



Figur 3: Målebiler med laserskannere [3,4, Statens vegvesen]

2.3 Innmålinger

Innmåling av asfaltkant, skulderkant og bunn grøft (som illustrert i figur 4) ble utført 26. og 27.05. 2021. Punktene er målt med GNSS-instrumenter (Leica GS18T og GS10) med CPOS korreksjon. Instrumentene er kontrollert mot landsnett. Begge instrumentene er innenfor 3 cm på Landsnettpunkt R06T029 (nede i Skibotndalen). Det ble målt i knekkpunkter i grøftebunn med unntak av måling hver meter for strekninger der det er omtalt i kommentarene i tabell 1. Se for øvrig oppmålingsnotat [5] for detaljer og kommentarer til målingene.

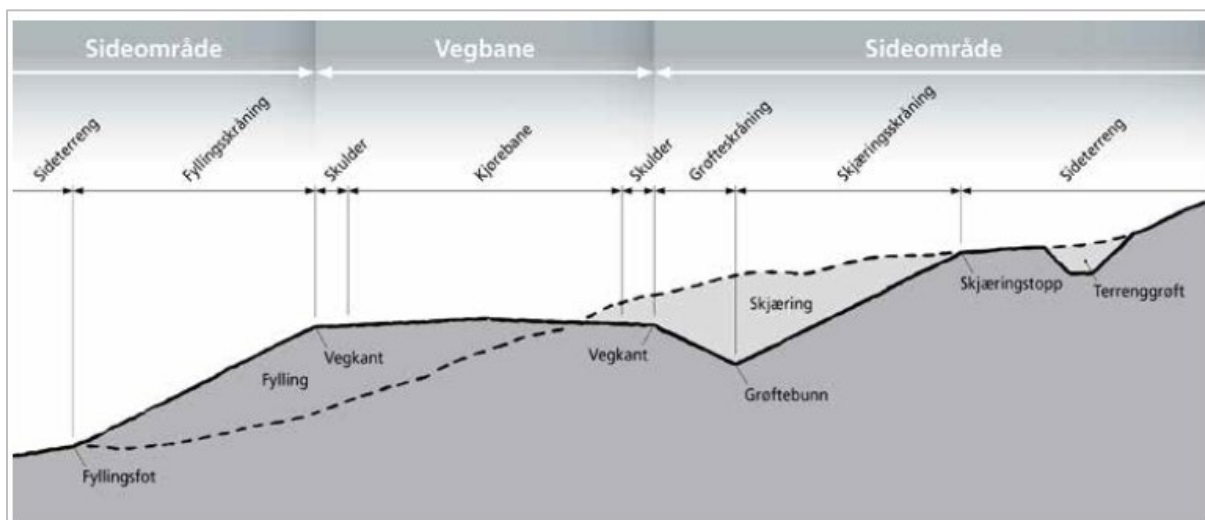


Figur 4: Leica GS18 [14] (t.v) og illustrasjon av innmålte punkter [Statens vegvesen] (t.h.)

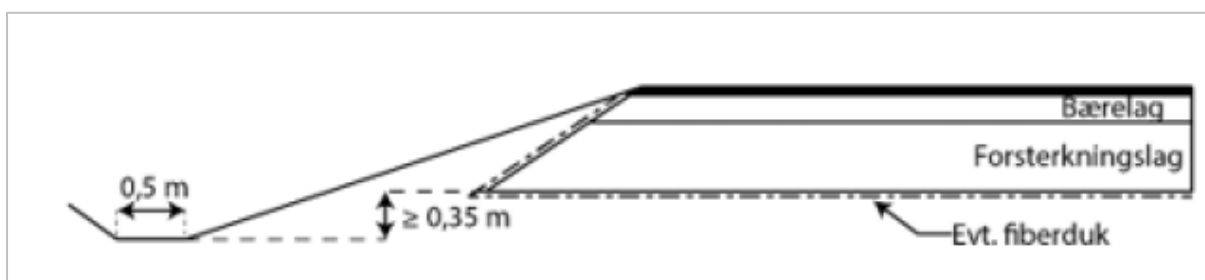
3 Tolking av laserskandata

3.1 Definisjon av grøftedybde

I håndbok R610 – Standard for drift og vedlikehold av riksveger er grøftedybden ved åpen drenering i grøfteklasse 2¹⁾ definert som høyden fra vegkant til grøftebunn. Vegkant er i R610 definert som knekkpunktet mellom vegoverflaten (inkl. skulder) og grøfte- eller fyllingsskråningen, se Figur 5. Grøftedybden skal være større enn vegoverbygningens høyde. Vegoverbygningens høyde er sjelden kjent på eldre veger, men kan antas å være for det meste 0,5-0,8m. Vha. georadar kan man evt. finne overbygningens høyde (tykkelse). For grøfteklasse 1¹⁾ gjelder at grøftens opprinnelige tverrprofil inkludert dybde og vegens opprinnelige skulder skal opprettholdes. Oppslamming av grøften skal være mindre enn 20 % i forhold til prosjektert grøftedybde (grøftedybde uten slam). I håndbok N200 er kravet til grøftedybde ved åpen (dyp) sidegrøft følgende: Dyp sidegrøft skal ha dybde minst 0,35 m under forsterkningslaget. Se Figur 6. For å finne hva som var opprinnelige dybde må man altså kjenne til den prosjekterte vegoverbygningen.



Figur 5: Vegens tverrprofil, terminologi, R610 [17]



Figur 6: Åpen drensgrøft, N200 [18]

1) Grøfteklasse 1: Veger som i hovedsak er bygd i henhold til gjeldende vegnormal Statens vegvesen Håndbok N200 Veg-bygging. Grøfteklasse 2: Andre veger.

3.1 Grøftedybder fra laserdata

Ved å analysere punktskyene kan man finne grøftedybder. Prinsippet er å finne høydeforskjellen mellom vegoverflaten og grøftebunn. Hvilken linje man bruker som referanse for vegoverflatens høyde vil ha betydning for hvilken grøftedybde man får ut av beregningen/tolkningen. Alternativene er å benytte veg(skulder)kant (knekkpunktet mellom vegoverflaten og grøfteskråningen), asfaltkant eller hvitmarkering (vegmerking).

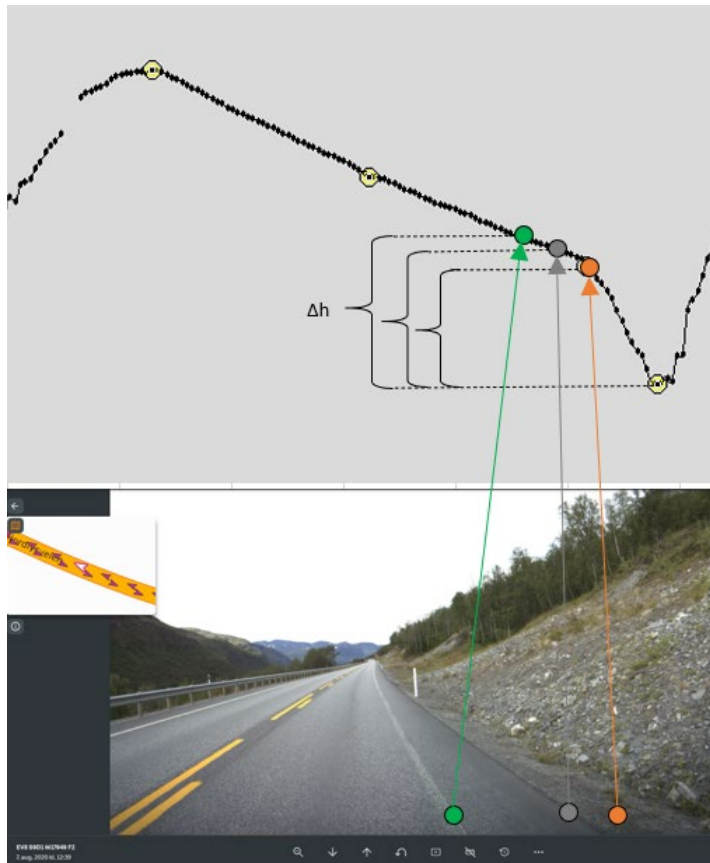
Vegkanten er ofte litt vanskeligere å definere enn de andre, og avhenger av hvilke parametere som er satt for å definere denne i punktskyen. Asfaltkant er som regel lettere å finne automatisk i punktskyen da det ofte er et lite dropp i høyde ved overgang til grusskulderen. I noen tilfeller kan man risikere å ikke finne denne hvis det er små høydeforskjeller eller asfalterte arealer utenfor ordinært vegprofilet. Vegmerking eller i dette tilfellet hvitmarkering er som oftest lettest å finne automatisk fra laserskann pga. forskjellen i refleksivitet sammenlignet med asfalten.

Avhengig av om hvilken referanse som benyttes vil man få litt ulike verdier for grøftedybde som illustrert i figur 7. Hvor stor disse forskjellene blir avhenger bla. av hvilken vei tverrfallet på vegen heller (mot eller fra grøfta), hvor stort tverrfallet er og hvor bred asfalt og/eller grusskulder er. Stort tverrfall og brede skulder vil gi størst differanse i beregnede grøftedybder. I analysen er det derfor angitt hvilken referanse det er sammenlignet mot. Basert på data fra innmålingene vil differansen mellom å bruke asfaltkant i stedet for vegkant være ca. 8 cm (medianverdi). Hvis man legger til avvik fra reel grøftedybde (se kap. 5.1) vil man for medianverdier kunne få opptil 10 cm differanse mellom grøftedybde slik den er definert i R610 og grøftedybde utledet fra laserscann med asfaltkant som referanse.

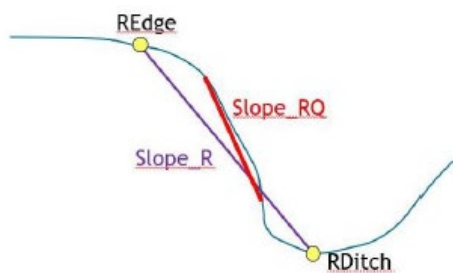
For tolkingsprogrammene generelt vil Road Doctor søke etter veg(skulder)kant, ViaPPS Desktop Beta søker etter asfaltkant og TerraSolid/TopoDOT søker etter hvitmarkering (dette av hensyn til størst mulig grad av automatisering [12]).

3.2 Helning på grøfteskråning

Hvis man vil ha informasjon om helning på grøfteskråning bør det tas utgangspunkt i veg(skulder)kant som kan ligge et stykke utenfor asfaltkanten. Likevel gir ikke dette punktet nødvendigvis riktig helning, og det er heller ikke sikkert at grøftebunn gir den beste grunnlaget for å beregne dette hvis bunnen ligger langt fra skråningen slik figur 8 viser. I denne rapporten er det ikke utover dette vurdert hvor gode data man får på helning av grøfteskråning.



Figur 7: Prinsipp ved bruk av skulderkant, asfaltkant eller hvitmarkering for tolking av grøftedybde. (Tverrsnitt fra Road Doctor og bilde [16]).



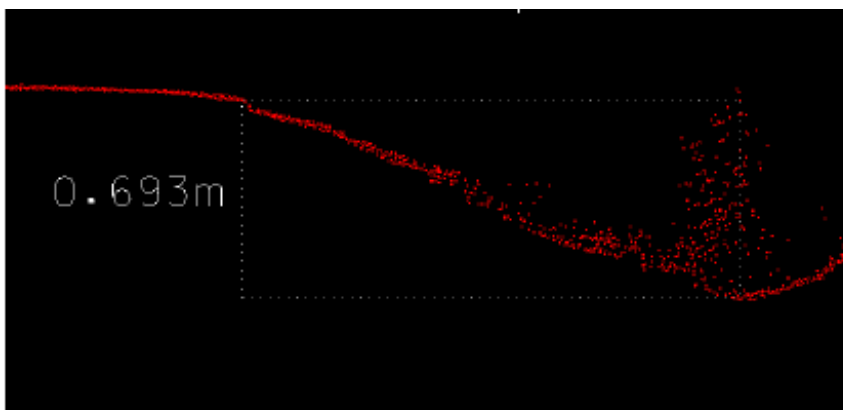
Figur 8: Helning på grøfteskråning [4].

3.3 TerraSolid/TopoDOT (TerraTec)

TerraTec har benyttet programvaren TerraSolid for bearbeiding av punktskyen, og TopoDOT for kartlegging av linjer. TerraSolid/TopoDOT beregner grøftedybder basert på høydeforskjell mellom hvitmarkering (vegmerking), og ikke asfaltkant (dette av hensyn til størst mulig grad av automatisering) og bunn grøft. Den rapporterte grøftedybden refererer til den presise dybden som måles akkurat på det aktuelle profilet, altså ingen midling eller maksimal verdi innenfor 1m intervallet. [12]

Utdrag fra TerraTec's rapport [3]:

«Lynx, med to skråstilte scannere vil gi mer innsyn bak objekter, og under vegetasjon (enn ViaTech med en enkelt høypresisjonsscanner på tvers av kjøreretningen, red. adm.). En grøftebunn helt uten vegetasjon vil kunne kartlegges like nøyaktig fra begge systemer, men der det er vegetasjon vil Lynx' to skrå scannere penetrere bedre og gi mer nøyaktige grøftedybder. Kartlagt asfaltkant (eller hvitmarkering, red. adm.) og grøftebunn kan deretter prosesseres i GIS-programvare (...) hvor høydedifferanse kan beregnes og presenteres i gitte intervaller.»



Figur 9: Eksempel på tolking av grøftedybde fra laserdata [3]

3.4 Road Doctor (Roadscanners)

Road Doctor utfører først en tilrettelegging av punktskyen som består i å dele den opp i ruter på 0,1x1m og finner det laveste punktet innenfor denne ruten. Denne høyden blir da representativ for hele denne ruten. Disse data brukes så videre til å finne det dypeste punktet i grøfta for hver 1m-seksjon og høyden på dette punktet brukes sammen med høyden på skulderkant i samme profil til å bestemme grøftedybden. På denne måten reduseres effekten av vegetasjon og tilfeldige steiner til et minimum, og man finner med stor sannsynlighet den virkelige bunnen av grøfta innenfor hver 1m-seksjon. [10].

Utdrag fra Roadscanners's rapport [4]:

«Ditch depth calculation start by preparing point cloud to be optimal for ditch depths. This means usage of automatic filtering procedures to remove rails, traffic signs, humans and minimize the effect of grass and other small unevenness (rocks) in the road environment. To detect depth of ditch, shoulder, (...) needs to be detected. (...) After point cloud is prepared (automatic process) for calculation, basic settings need to be defined: How deep ditch can be, how far it can be, what's minimum depth of ditch. After setting correct parameters for search function, the program runs through whole section and finds main components of cross section (centerline, shoulders, ditches) automatically every 1m as shown in figure 6. By comparing elevation level of shoulder and ditch, depth of ditch can be calculated.»

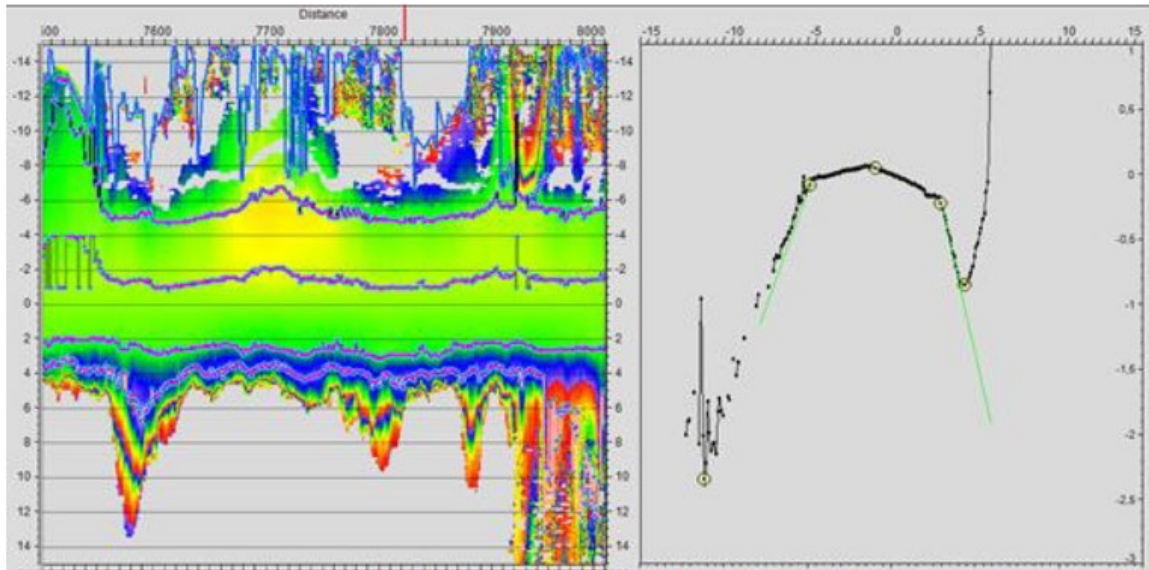
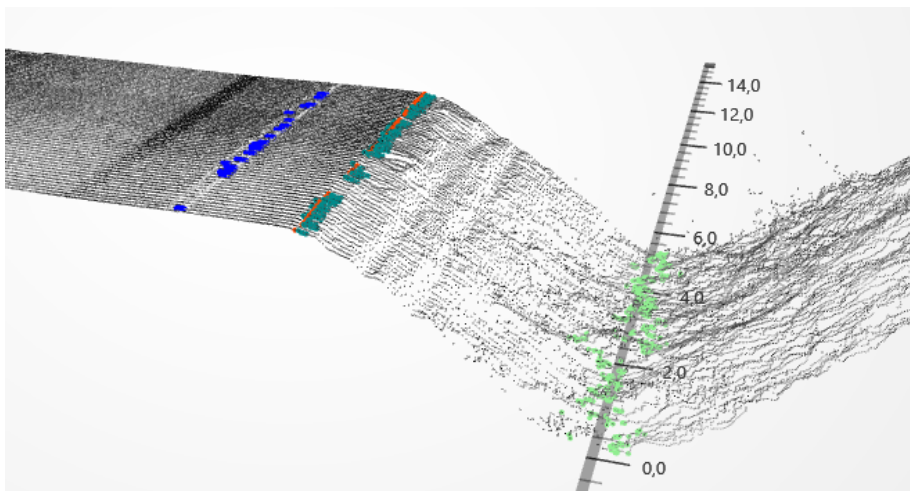


Figure 6. Screenshot from the Road Doctor software. Right side of the figure presents cross-section of road. Left side of the figure presents colored road elevation seen from the top to down. Automatically detected main components of cross section can be seen on right side (yellow circles). Detected angle of inner side slope is shown with green line.

Figur 10: Eksempel på tolking av grøftedybde fra laserdata [4].

3.5 ViaPPS Desktop Beta (ViaTech)

ViaPPS Desktop Beta finner automatisk punkter for asfaltkant basert på den lille høydeforskjellen mellom asfalt og grusskulder og de dypeste punktene i grøft og beregner differansen mellom disse. For hvert profil (skann) velges det punktet som har størst høydeforskjell ift. vegoverflate (asfaltkant). Deretter rapporteres dypeste grøftedybde innenfor hver meter for å produsere 1 m-data. Ved 60 km/t kjørefart er det et profil (scan) for hver 8 cm, se figur 11 [9].



Figur 11: punkter for tolking av grøftedybde i ViaPPS Desktop Beta

3.6 Utførte tolkinger

TerraTec har tolket data med TerraSolid/Topdot og levert data med 1m oppløsning for teststrekninger gitt i kapittel 2.1 basert på sine egne laserskanninger fra 2019.

Roadscanners har tolket data med Road Doctor versjon 3.3 og levert data med 1m oppløsning for hele E8 i Skibotndalen basert på sine egne laserskanninger fra 2019.

SVV sine data målt med ViaPPS fra 2021 er tolket av SVV med både Road Doctor 3.5 og ViaPPS Desktop Beta. Disse tolkingene gir også 1m oppløsning på data. Oversikt over data, dato for måling og tolkingsprogram er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Oversikt over data, dato for måling og tolkingsprogram

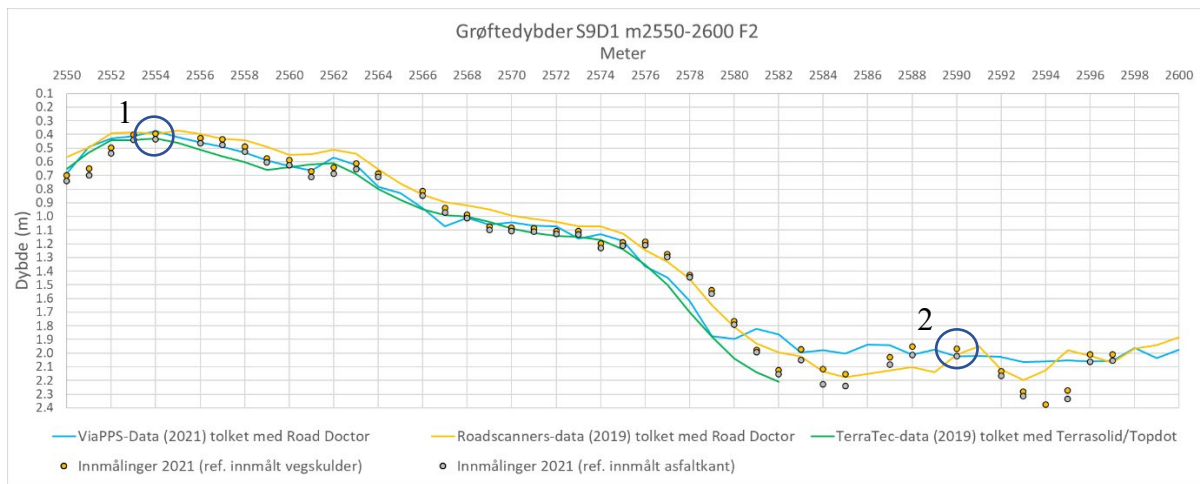
Leverandør	Dato målt	Tolkingsprogram	Referanselinje	Beregning av grøftebunn
Roadscanners	20.08.2019	Road Doctor 3.3	Vegkant	Dypeste punkt innenfor hver meter.
TerraTec	20.08.2019	TerraSolid/TopoDOT	Hvitmarkering	Dybden akkurat på aktuelt profil.
SVV (ViaPPS)	20.08.2019	Ikke tolket		
SVV (ViaPPS)	28.05.2021	Road Doctor 3.5.90 (delvis)	Vegkant	Dypeste punkt innenfor hver meter.
		ViaPPS Desktop Beta (delvis)	Asfaltkant	Dypeste punkt innenfor hver meter.

4 Resultater

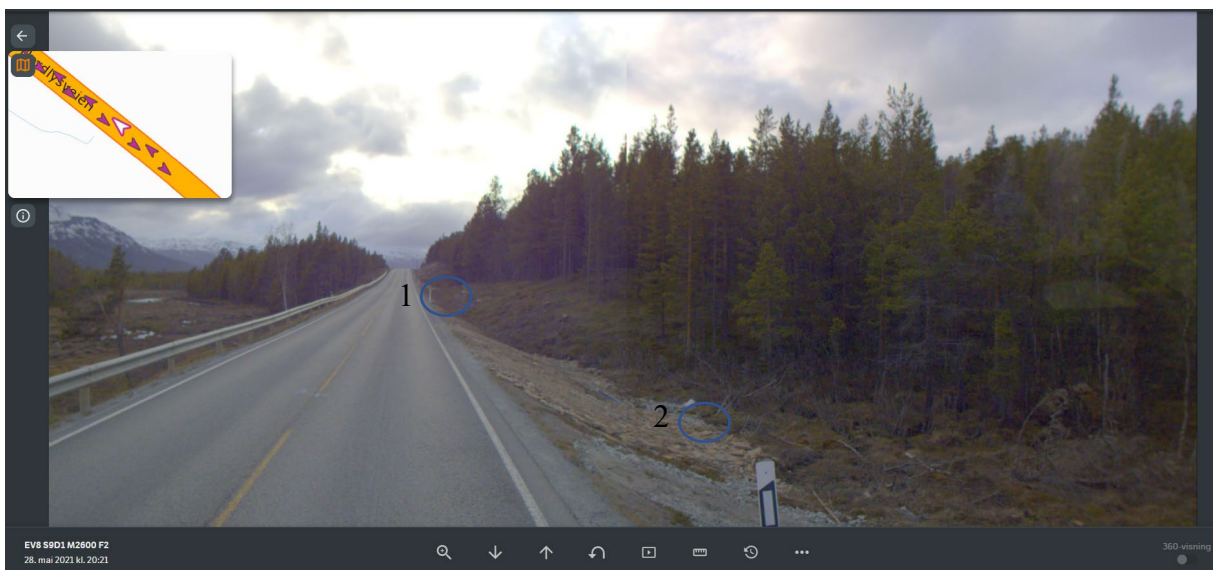
For å sammenligne de ulike tolkingene har innmålinger blitt brukt som referanse, og resultatene fra de ulike analysene har blitt flyttet opptil +/- 0-20m i forhold til opprinnelig vegmetrering for å få de til å passe med posisjonen til innmålingene. Dette pga. unøyaktigheter i posisjonering og/eller uthenting av vegmetreringen via NVDB API. Figurene i dette kapittelet er også gjengitt i A3 format i vedlegg 1 for bedre lesbarhet.

4.1 Delstrekning 1: S9D1 m2550-2600 F2

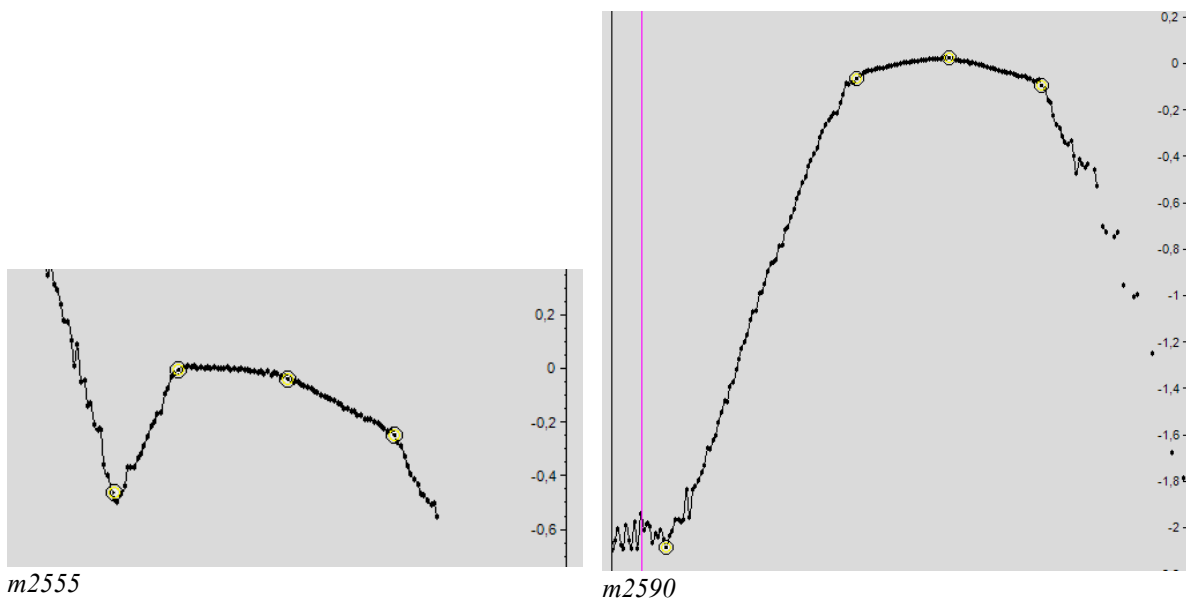
Resultatene i figur 12 viser godt sammenfall mellom de ulike datakilder, tolkingsprogram og innmålinger. Vegen i dette området har takfall og differanser i grøftedybder skyldes sannsynligvis ulike referanselinjer som forklart i kapittel 3. De litt større differansene mot slutten av strekningen kan skyldes at det har blitt utført tiltak i grøfteskråningen mellom 2019 og 2021 slik bilde i figur 13 viser. Dype grøfter som nødvendigvis har grøftebunn langt fra lasercanneren kan også gi noe større unøyaktigheter. Figur 14 viser tolking av vegkanter og grøftebunn fra Road Doctor for de to utvalgte profilene 1 og 2 i som markert i figur 12 og figur 13.



Figur 12: Resultater for S9D1 m2550-2600 (se også vedlegg 1 for større figur)



Figur 13: Bilde fra S9D1 m2600 (2021) [16]

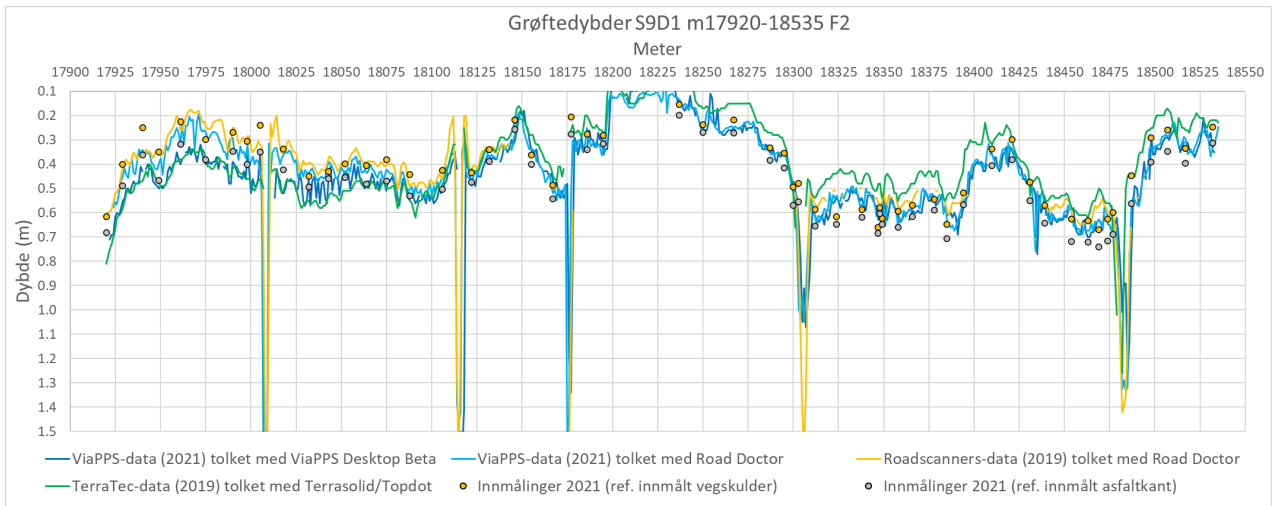


Figur 14: Tolking av vegkanter og grøftebunn fra Road Doctor for de to utvalgte profilene 1 (m2555) og 2 (m2590) i som markert i figur 12 og figur 13.

4.2 Delstrekning 2: S9D1 m17920-S10D1 m1385 F2 (hovedstrekning)

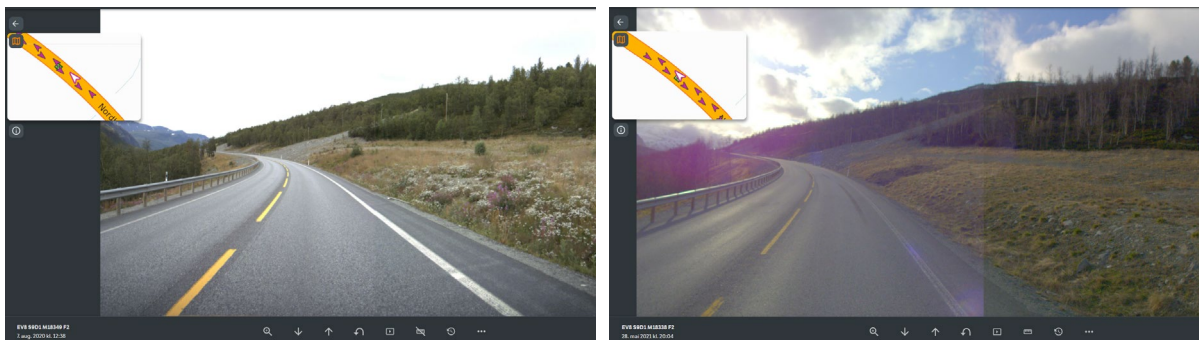
Første del av strekningen (S9D1) ligger på en relativt nybygd strekning med godt definerte vegkanter og grøfter, men grøftene er relativt grunne og det er brede asfaltere skuldre. Resultatene i Figur 15 viser at TerraTec tolker dypere grøfter enn de andre på første halvdel av strekningen. Dette har sannsynligvis sammenheng med at hvitmarkeringen benyttes som referanse for høyden på vegoverflaten, og dette sammen med tverrfallet på vegen gir store utslag der tverrfallet er stort. Data som er tolket med Road Doctor gir på første halvdel av strekningen grunnere grøfter enn de andre. Dette har sammenheng med tverrfallet på vegen (som heller mot grøfta) og at Road Doctor benytter vegkant som referanse. Man ser at TerraTec og Desktop data treffer bedre på innmålt asfaltkant, mens data tolket med Road Doctor treffer bedre på innmålt vegkant. Tverrfallet endrer retning ca. ved m18100 og her er alle data sammenfallende. For siste halvdel av strekningen viser TerraTec-data grunnere grøfter, og dette er fordi tverrfallet heller fra grøfta. På siste halvdel av strekningen er det ikke like stor forskjell på TerraTec, Desktop og Road Doctor-data, men dette har også sammenheng med at det ikke er så stor forskjell i høyde på asfaltkant og vegkant. Basert på at de ulike programmene benytter ulike referanser sammenfaller tolkingene godt med innmålingene.

E8 Borealis – Kartlegging av grøftedybder med bilbåren laserskanner



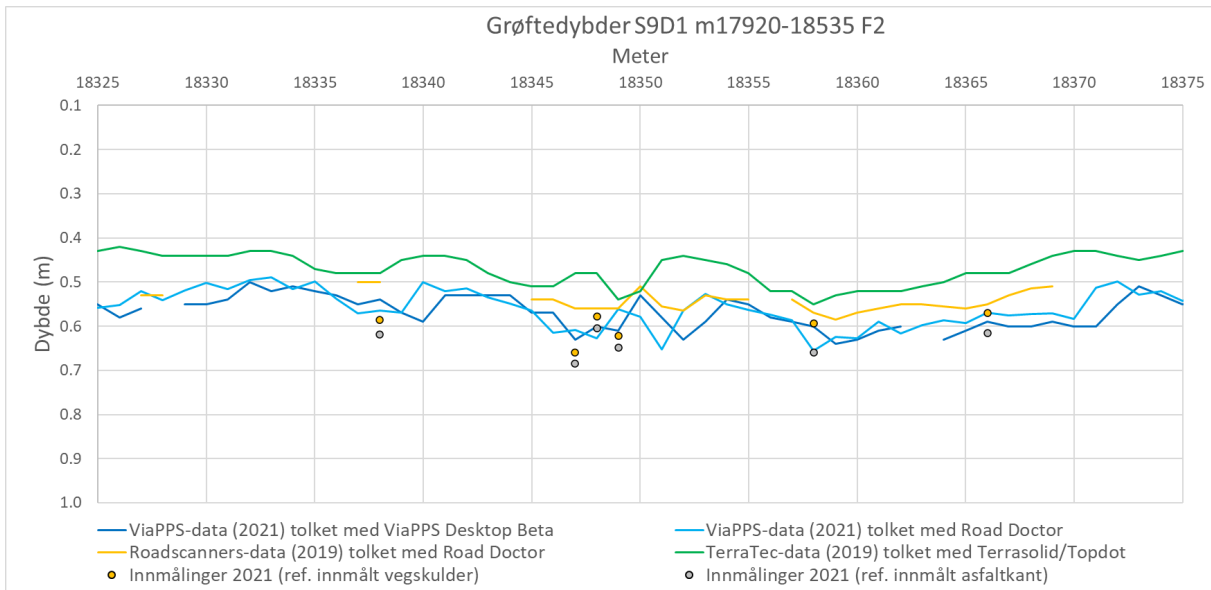
Figur 15: Resultater for S9D1 m17920-18535 (se også vedlegg 1 for større figur)

Fra ca. m18300 er det noe vegetasjon i grøfta. Det ser ikke ut til å være nevneverdig forskjell på tolket grøftedybde pga. vegetasjon (gress). Dette vises i figur 16 (m18340) der det er bilde fra 2019-målingen med mye vegetasjon og 2021-målingen med lite vegetasjon. Tolket grøftedybde for Roadscanners måling i 2019 og ViaPPS-data fra 2021 tolket med Road Doctor viser ca. samme grøftedybde uavhengig av vegetasjon i grøfta. Differansen er maks 7 cm. For praktiske driftsformål vil ikke dette ha betydning. Dette sees på figur 17 som er samme data som figur 15, men kun vist for m 18325-18375. Roadscanners-data mangler noe data, men det skyldes at disse data er tolket med en eldre versjon av Road Doctor.



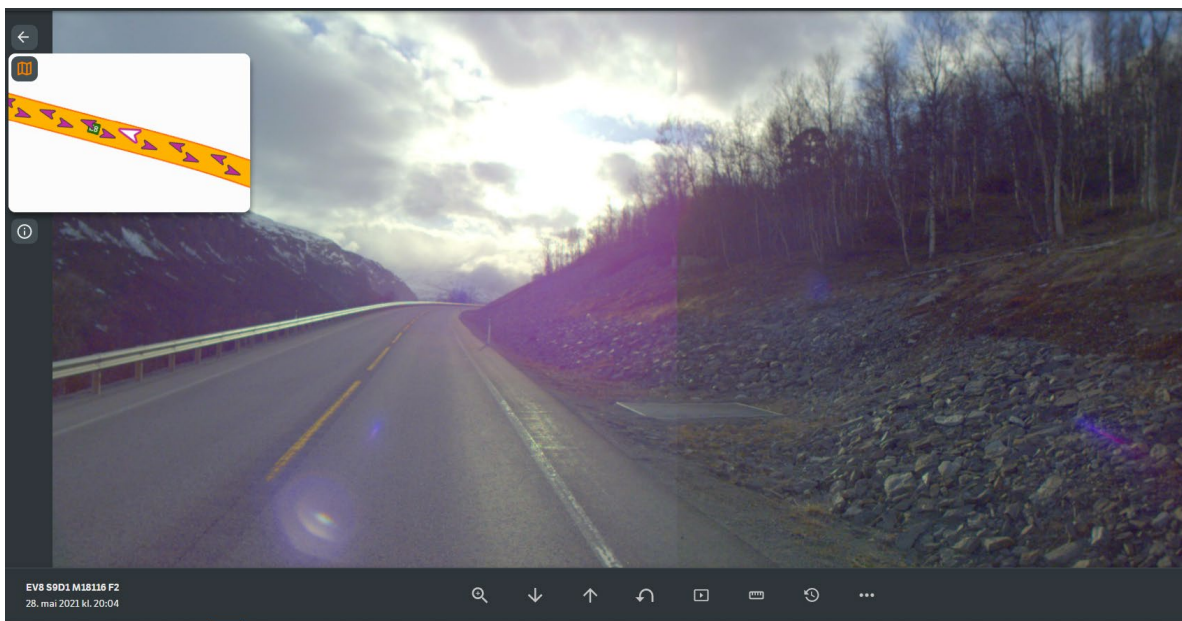
Figur 16: Bilder fra 2019-målingen (t.v.) med mye vegetasjon og 2021-målingen (t.h.) med lite vegetasjon, m18340. [16]

E8 Borealis – Kartlegging av grøftedybder med bilbåren laserskanner



Figur 17: Resultater for S9D1 m18325-18375. Sammenligning av 2019- og 2021-data for vurdering av effekt av vegetasjon.

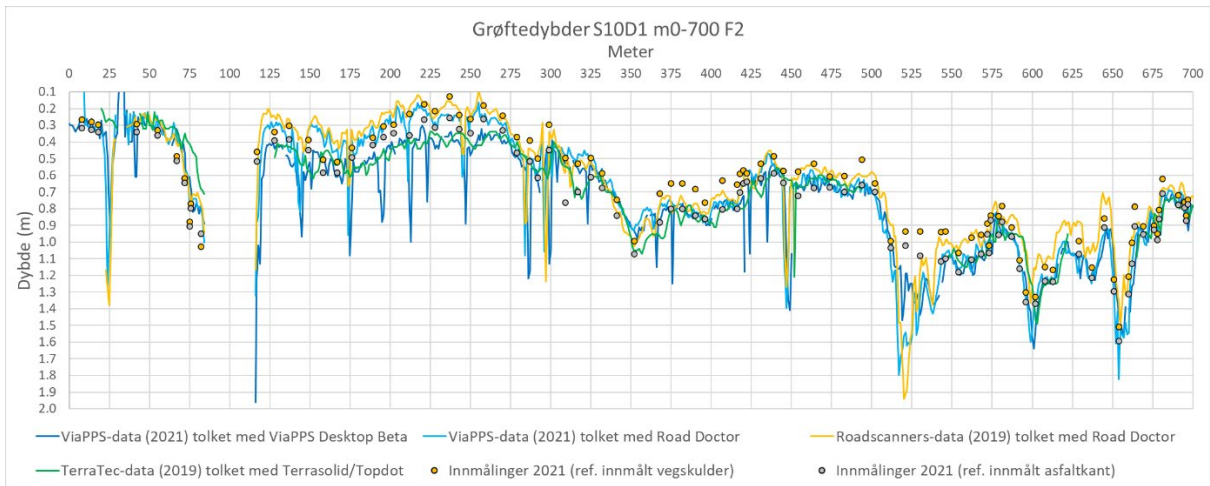
Det man ellers kan legge merke til er de dypeste målingene som tilsvarer plassering av inntakskummer for stikkrenner der laseren har gått ned i kummen og derfor tolket bunn kum som grøftebunn (se figur 18, m18116).



Figur 18: Inntakskummer for stikkrenner, m18116. [16]

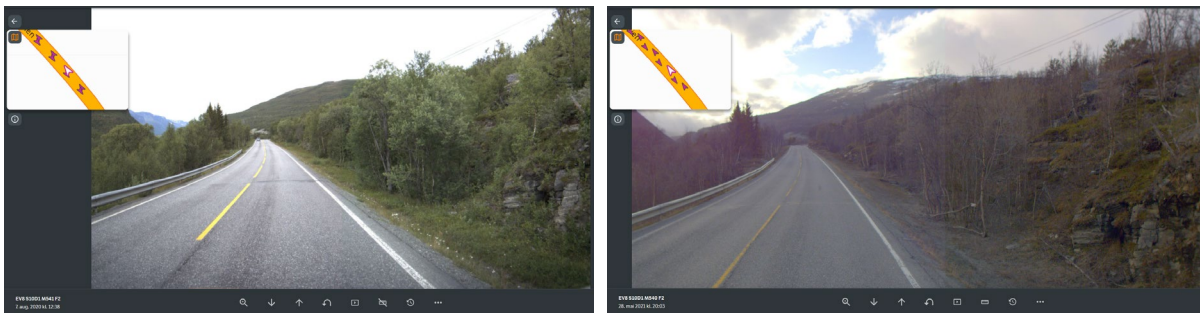
Andre del av strekningen (S10D1) ligger fra meter ca. 330 på en eldre strekning med mer vegkanter som ikke er like godt definerte og varierende grøfteprofiler der grøftedybden også varierer mer enn på S9D1. Resultatene i figur 19 viser ganske godt sammenfall mellom de ulike datakilder og tolkinger bortsett fra de allerede nevnte forskjeller pga. ulike referanselinjer (ref. kapittel 3).

E8 Borealis – Kartlegging av grøftedybder med bilbåren laserskanner

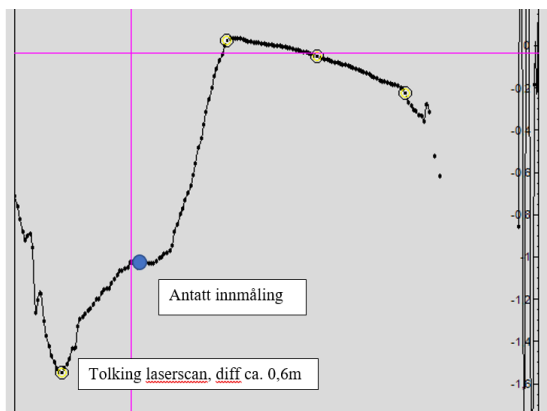


Figur 19: Resultater for S10D1 m0–700 (se også vedlegg 1 for større figur)

Ved meter ca. 540 er det stor forskjell på innmålt grøftedybde og tolkinger fra laserskann. Dette kan skyldes at det er et lite plåtå i veggskråningen før den fortsetter videre mot grøftebunn. Sannsynligvis har innmålingen blitt gjort på dette plåtået og ikke i faktisk grøftebunn. Se figur 20 og figur 21.



Figur 20: Bilder fra 2019-målingen (t.v.) og 2021-målingen (t.h.), m540. [16]

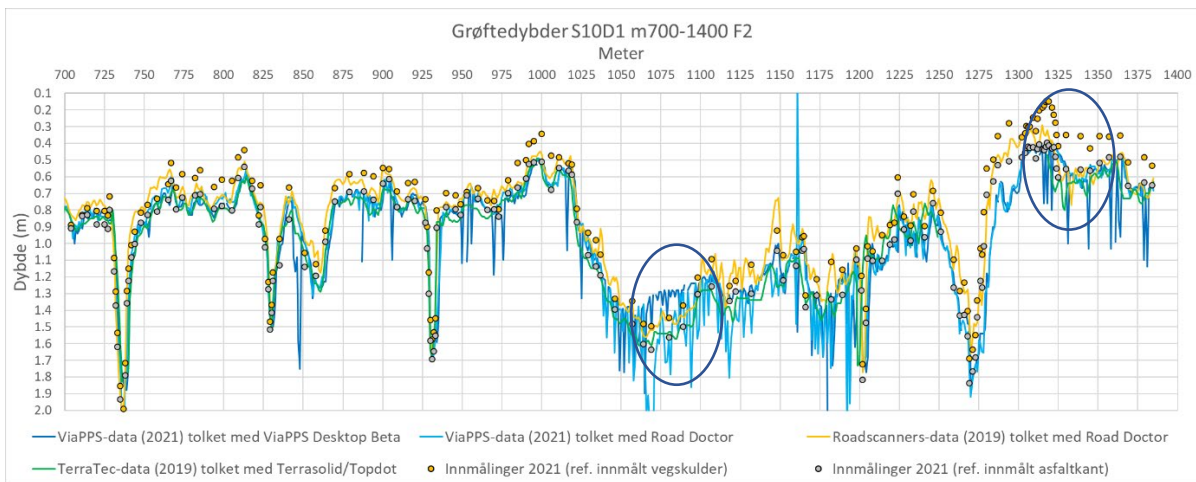


Figur 21: Plåtå i grøfteskråning vist i profil fra Road Doctor for m525

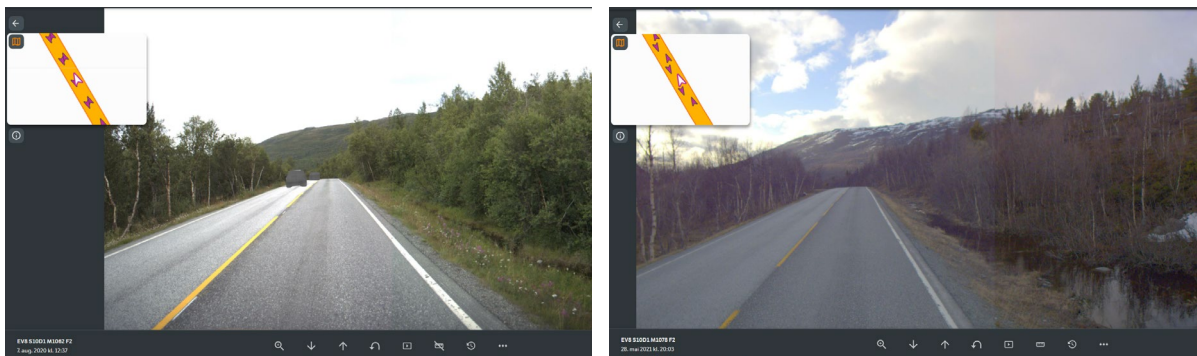
På siste del av S10D1 som vises i figur 22 ser man også godt sammenfall mellom datakilder, tolkingsprogram og innmålinger bortsett fra 2 områder der det første ved meter ca. 1060-1100 skyldes vann i grøft som fører til refleksjoner og at vannkanten blir tolket som grøftebunn (se bilde i figur 23). Avvik fra innmåling ved m 1300-1325 skyldes sannsynligvis at skulder er vanskelig å definere og at det er blitt innmålt nærmere grøftebunn (se figur 24 og figur 25). På

E8 Borealis – Kartlegging av grøftedybder med bilbåren laserskanner

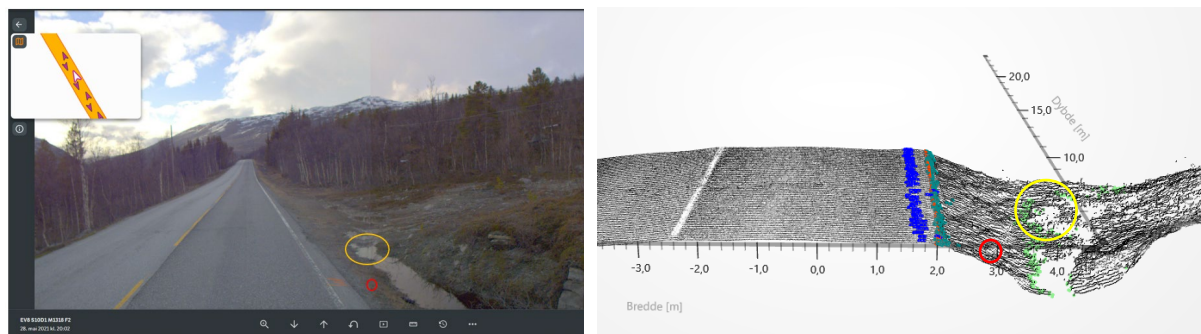
de eldre vegstrekningene er det ikke like stor tverrfall og smalere veg og skuldrer slik at forskjellene med ulike referanselinjer ikke er like tydelig.



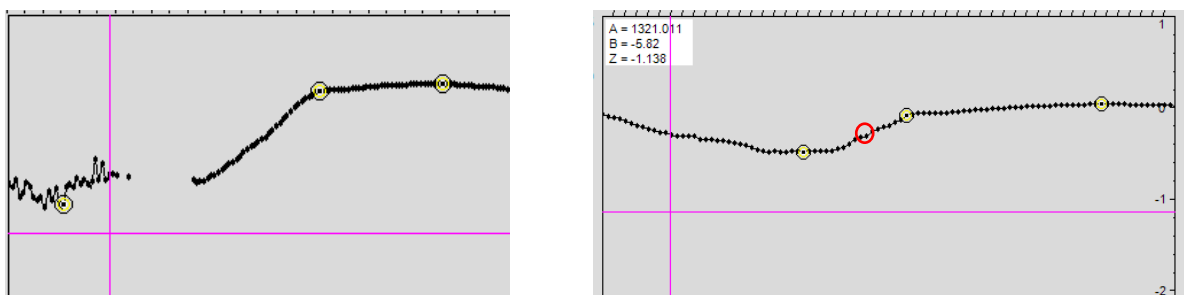
Figur 22: Resultater for S10D1 m700-1400 (se også vedlegg 1 for større figur)



Figur 23: Bilder fra 2019-målingen (t.v.) og 2021-målingen (t.h.), m1060. Vann i grøft. [16]



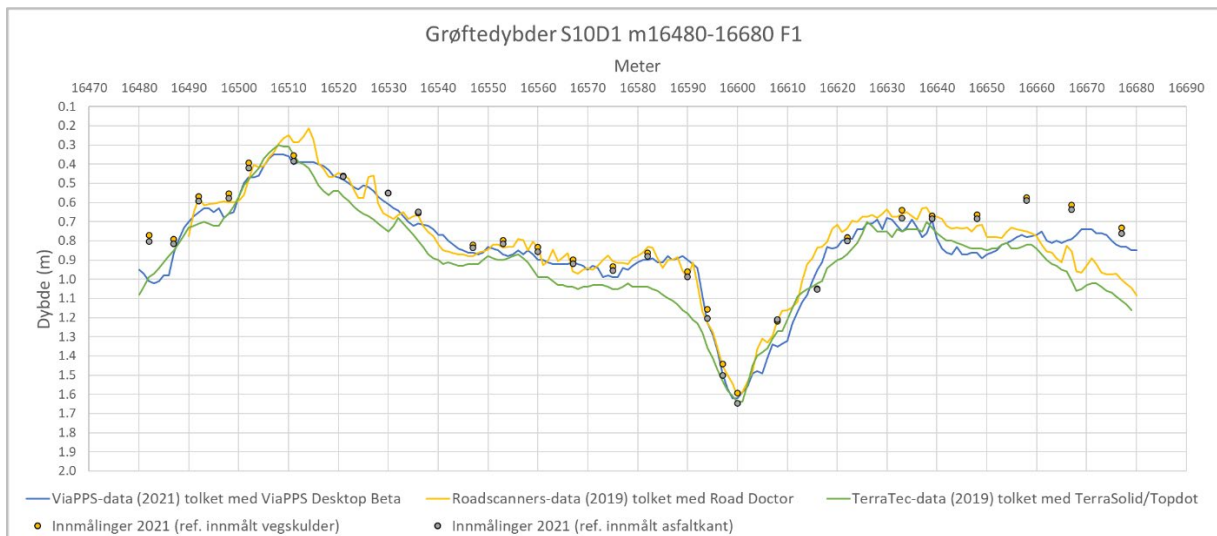
Figur 24: Bilder fra 2021-målingen [16] (t.v.) og samme profil i ViaPPS Dekstop Beta (t.h.), m1320. Uklar skulderkant og vann i grøft.



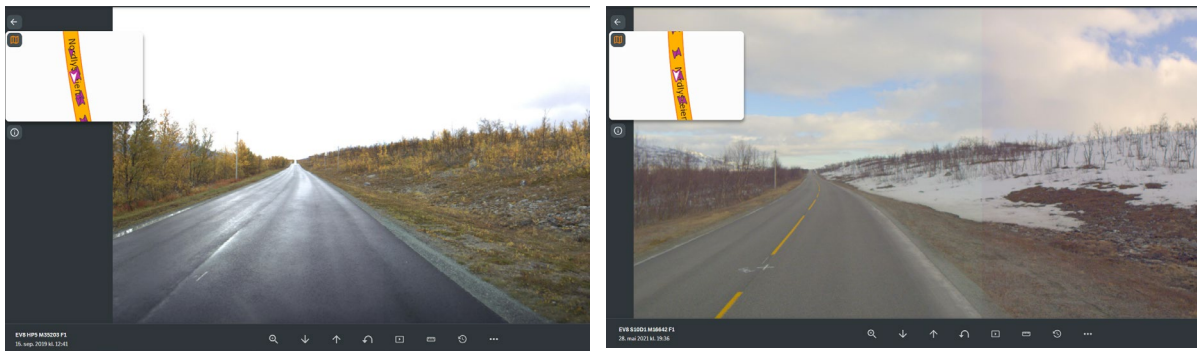
Figur 25: Utklipp fra Road Doctor for m1060 (t.v.), vann i grøft fører til feil i tolking og m1320 (t.h.), uklar grøftekant.

4.3 Delstrekning 3: S10D1 m16480-16680 F1

Figur 26 viser resultater for delstrekning 3 jamfør Tabell 1. Denne viser at ViaPPS-data (2021) og Roadscanners data (2019) sammenfaller rimelig godt med innmålingene. TerraTec-data (2019) ser ut til å gi noe større grøftedybder. På slutten av strekningen (fra meter ca. 16650) skiller alle lasercann-data seg fra innmålingene. En sjekk mot vegbilder viser at det ved måledato 28.05.2021 (figur 27) fortsatt var snø i grøftene og dette har sannsynligvis påvirket tolkingen av laserskann fra denne datoen. Ved innmåling ble det målt i kanten mellom snø og barmark [11]. Av figur 27 kan man se at bunn grøft ikke er synlig i 2021. Dette forklarer forskjellene i innmålt og scannet dybde fra meter ca. 16650.



Figur 26: Resultater for S10D1 m16480-16680 F1 (se også vedlegg 1 for større figur)



Figur 27: Vegbilder fra 2019 (t.v.) og 2021 (t.h.) ved S10D1 m16642. [16]

5 Vurdering av resultater

5.1 Nøyaktighet

For å vurdere nøyaktigheten på laserskanningene er det i figur 28 til figur 31 satt opp plott over tolket grøftedybde fra lasercann og innmålt dybder referert til asfaltkant og vegskulder med datagrunnlag fra strekningen S9D1m17920-S10D1m1385. Best resultat får man ved tettest mulig samling rundt regresjonslinjen, og at trendlinjen er mest mulig parallell med denne. En trendlinje som ligger over regresjonslinjen vil tilsi at det er tolket dypere grøfter enn det som er innmålt. Det er viktig å huske på at datagrunnlaget inneholder både ny og eldre veg med store forskjeller i tverrfall og skulderbredder noe som kan innvirke på resultatene.

For ViaPPS-data tolket med Road doctor gir innmålte grøftedybder med asfaltkant som referanse best sammenfall. Trendlinjen ligger nært regresjonslinjen og så å si parallellt med denne. Samtidig med en R^2 -verdi på 0,9 må det ansees som et bra resultat. Det er noe overraskende at tolking med Road Doctor gir bedre sammenfall med asfaltkant som referanse enn vegskulder. Dette kan ha sammenheng med at det er brukt en nyere versjon av programvaren eller at vegskulder er vanskelig å definere både ved innmåling og i laserdata.

For ViaPPS-data tolket med Desktop gir innmålte grøftedybder med asfaltkant som referanse gir best sammenfall. Man ser også en tendens til at det tolkes litt for dype grøfter når grøftene er grunne (<1m) og litt for grunne grøfter når grøftene er dype (>1m) fordi trendlinjen ikke ligger parallellt med regresjonslinjen. Dette er spesielt synlig hvis vegskulder brukes som referanse. R^2 -verdi på 0,79 for asfaltkant som referansen gir likevel et brukbart resultat. Feilkilder i disse data kan være vann i grøfta. Man skal også huske på at dette er en beta-versjon under utvikling.

For TerraTec-data gir innmålte grøftedybder med asfaltkant som referanse best sammenfall. Det er god samling rundt regresjonslinjen selv om denne også tenderer til å tolke litt for dype grøfter når grøftene er grunne og litt for grunne grøfter når grøftene er dype. R^2 -verdi på 0,87 gir et bra resultat. Med vegskulder som referanse ser man at det tolkes for dype grøfter. Dette har sannsynligvis sammenheng med at hvitmarkeringen brukes til tolking av vegoverflatens høyde sammen med delvis stort tverrfall.

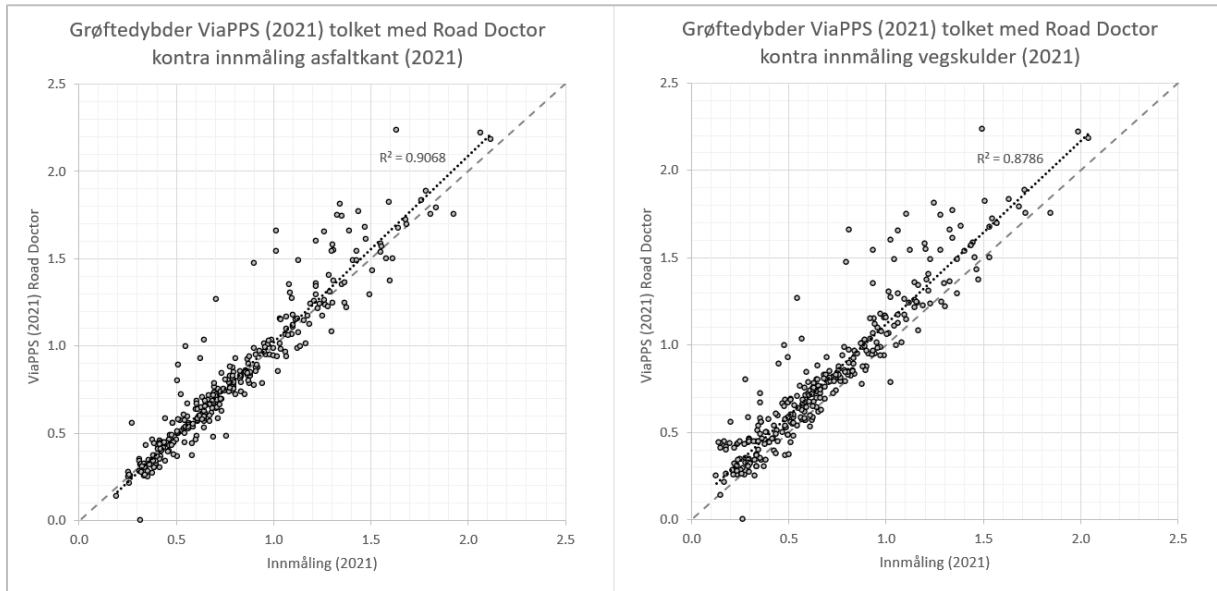
For Roadscanners-data gir innmålte grøftedybder med skulderkant som referanse best sammenfall. Det er god samling rundt regresjonslinjen selv om denne også tenderer til å tolke litt for dype grøfter når grøftene er grunne og litt for grunne grøfter når grøftene er dype. R^2 -verdi på 0,89 gir et bra resultat. Når asfaltkant brukes om referanse tolkes det for grunne grøfter. Dette er forventet ut fra at Road Doctor benytter vegkant som referanse i tolkingen.

Resultatene viser samlet sett at for asfaltkant som referanse treffer ViaPPS-data tolket med Road Doctor og TerraTec best. For vegskulder som referanse treffer Roadscanners best. R^2 -verdiene ligger på 0,79-0,9 noe som må sies å være ganske bra. Spesielt med tanke på mulige feilkilder som nevnes i kapittel 5.2.

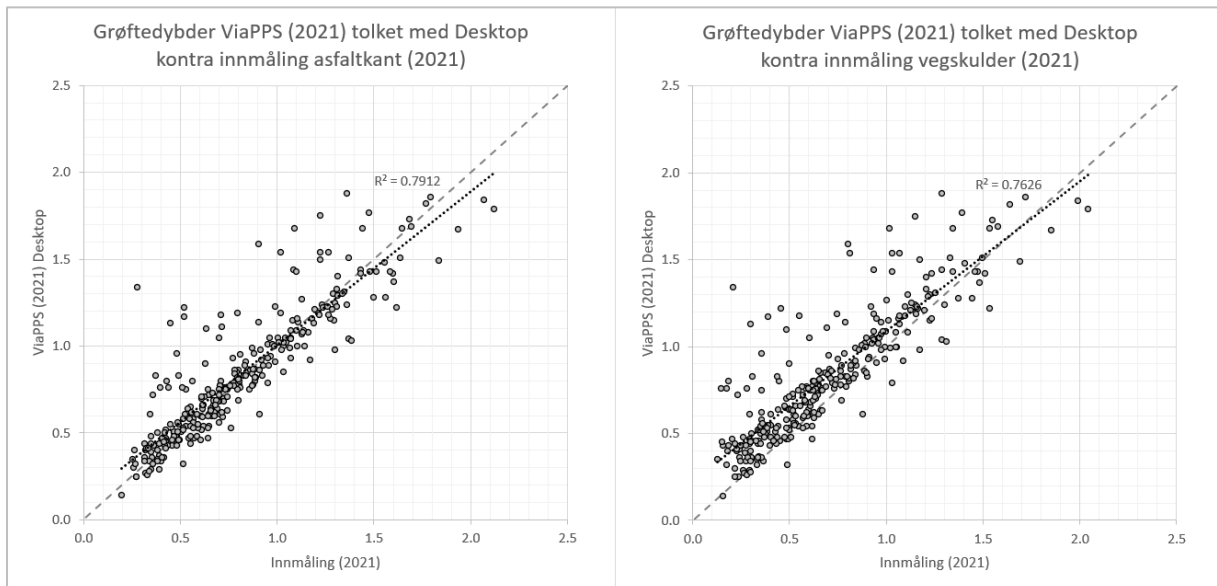
Av statistikken i figur 32 ser man medianverdier og 90/10-percentiler for alle data på strekningen S9D1 m17920 – S10D1 m1385. En negativ verdi vil angi at laserskann er tolket grunnere enn innmålt. Medianverdien til Roadscanners-data viser i praksis ingen forskjell fra innmålingene referert til vegskulder med et spenn på +15/-10 cm hvis man ser på 90/10-percentiler. For asfaltkant som referanse ser man at både TerraTec og ViaPPS-data tolket med både Desktop og Road Doctor har medianverdier som er lik innmålingene og et spenn på +/-

E8 Borealis – Kartlegging av grøftedybder med bilbåren laserskanner

11-14 cm for 90/10-percentiler. ViaPPS-data tolket med Desktop har litt større spenn på +25/-11 cm for 90/10-percentiler. Grunnen til dette kan være vann i grøfta. Nøyaktighet for 90/10-percentiler er derfor innenfor +/-15 cm. Når man sammenligner med den referansen programmet bruker for høyden på vegoverflaten ligger medianverdiene på 0-2 cm avvik fra reell grøftedybde. Dette er vurdert som godt nok for praktiske driftsformål som for eksempel å se på endringer over tid, finne områder med for grunne grøfter og andre kritiske punkter for dreneringen.

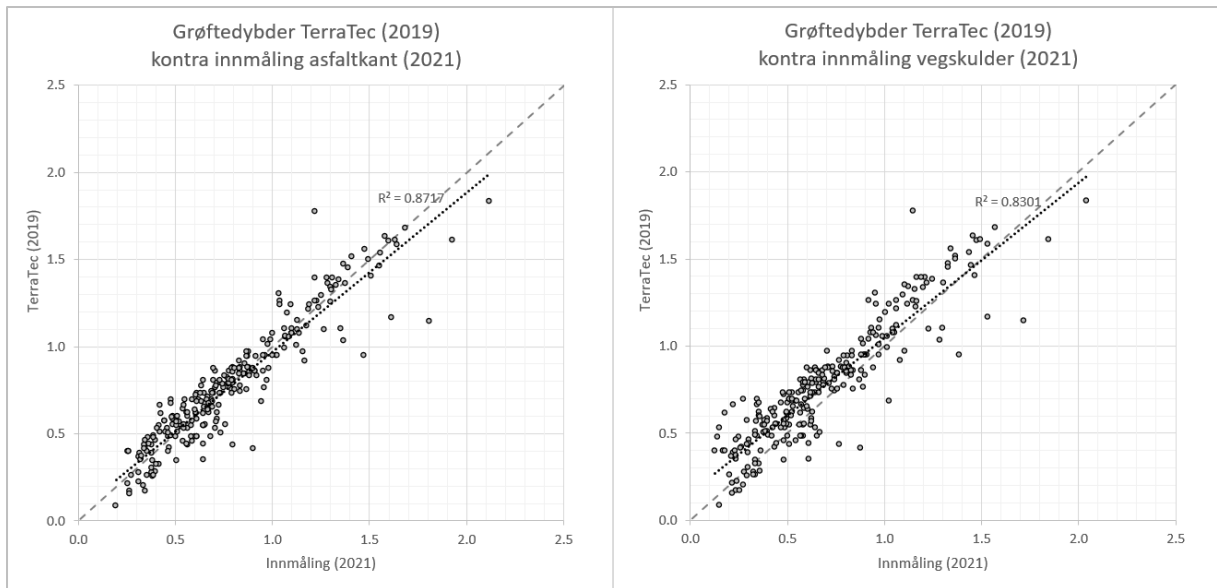


Figur 28: Grøftedybder for ViaPPS (2021) tolket med Road Doctor kontra innmålt asfaltkant (t.v.) og vegskulder (t.h.). Datagrunnlag fra strekningen S9D1m17920-S10D1m1385.

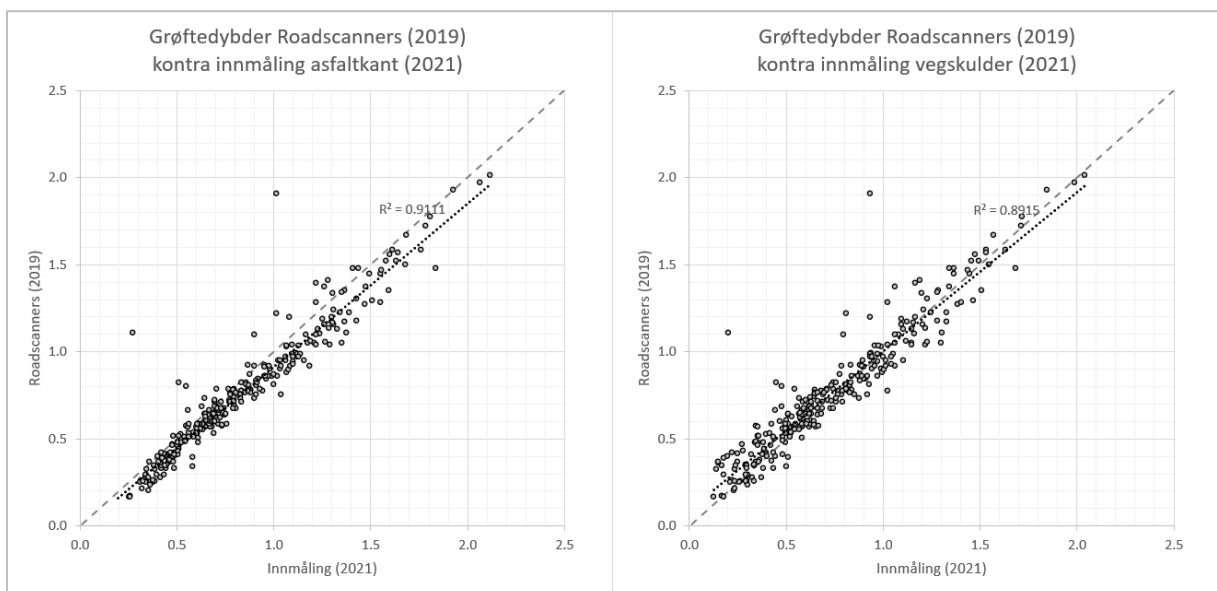


Figur 29: Grøftedybder for ViaPPS (2021) tolket med ViaPPS Desktop Beta kontra innmålt asfaltkant (t.v.) og vegskulder (t.h.). Datagrunnlag fra strekningen S9D1m17920-S10D1m1385.

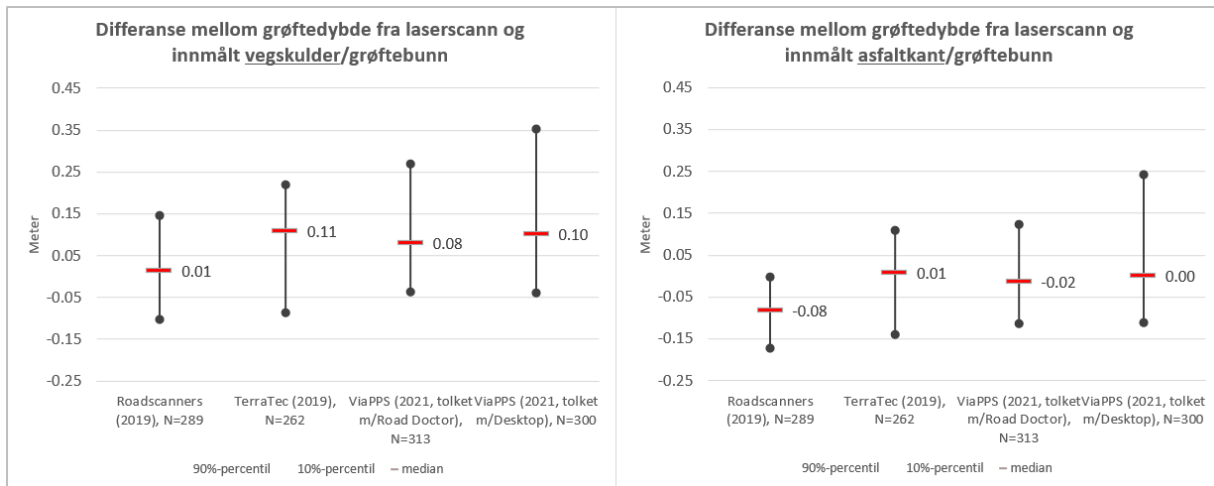
E8 Borealis – Kartlegging av grøftedybder med bilbåren laserskanner



Figur 30: Grøftedybder for TerraTec (2019) kontra innmålt asfaltkant (t.v.) og vegskulder (t.h.). Datagrunnlag fra strekningen S9D1m17920-S10D1m1385.



Figur 31: Grøftedybder for Roadscanners (2019) kontra innmålt asfaltkant (t.v.) og vegskulder (t.h.). Datagrunnlag fra strekningen S9D1m17920-S10D1m1385.



Figur 32: Statistikk for S9D1 m17920 – S10D1 m1385

5.2 Feilkilder

Det er flere mulige feilkilder som kan skape uriktige verdier for grøftedybder når man skal tolke punktskydata. De viktigste er:

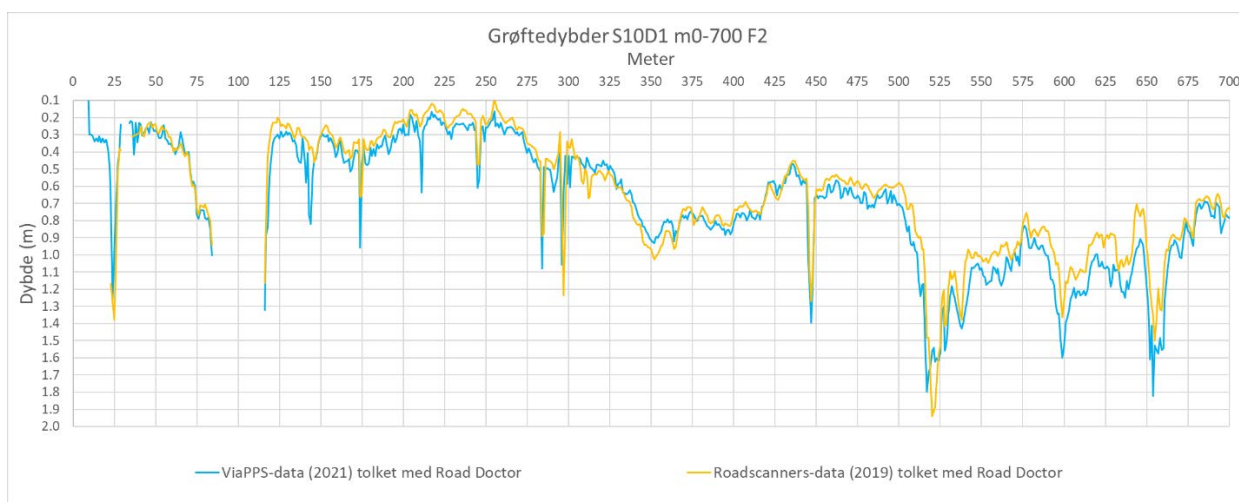
- Tett vegetasjon
- Skygger, for eksempel rekkverk
- Søkeavstand (grøft langt fra vegkant)
- «Utflytende», uklart grøfteprofil
- Vannspeil (og snø) i grøft
- Hvilken referanse (vegkant, asfaltkant eller hvitmarkering) som benyttes
- Posisjonering og metring kan avvike med flere meter mellom to ulike målinger.

Ang. vegetasjon ser dette ikke ut til å være så stort problem som diskutert i kapittel 5.3. I disse datasettene har det ikke vært profiler med rekkverk på grøftesiden av vegen slik at vurdering av dette ikke har vært mulig. Sannsynligvis er det ikke så stort problem da rekkverk som oftest bare er på fyllingssiden av vegen. Problemet kan potensielt oppstå i trange fjellskjæringer. For grøfter som ligger langt fra vegkant og/eller er utflytende og uklare vil det kunne bli usikkerheter pga. at ulike tolkingsprogrammer har ulike parameter for deteksjon av punkter for beregning og derfor kan de velge ulike punkter når grøfteprofilen ikke er godt definert i terrenget. Vannspeil i grøft vil føre til refleksjoner som gir feilaktige verdier slik som diskutert i kapittel 4.2. Som tidligere diskutert vil valg av referanse på vegoverflaten være avgjørende for hvilken grøftedybde man får ut, men også hvordan punktskyen blir tilrettelagt og hvordan man finner dypeste punkt innenfor en 1m-strekning ut fra et større antall scan. Det anbefales å benytte asfaltkant som referanse og bruke det absolutt dypeste punktet innenfor hver 1m-strekning som representativt for grøftedybden på denne strekningen. Dette for å få en ensartet definisjon av grøftedybde og å unngå mest mulig av feil som kan oppstå pga. vegetasjon.

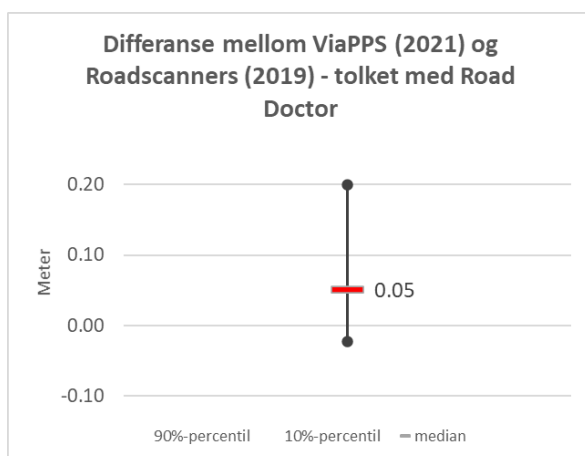
5.3 Effekt av vegetasjon

For å se på effekten av vegetasjon kan det være nyttig å sammenligne ViaPPS-data 2021 og Roadscanners-data 2019, begge tolket med Road Doctor. Dette pga. 2021 data er samlet inn om våren med lite vegetasjon og 2019 data er samlet inn på høsten med mer vegetasjon (se figur 35). Siden datasettene er tolket med samme programvare skal ikke tolkingen ha så mye å si, bortsett fra at 2019 data er tolket med en eldre versjon av Road Doctor. Vann i grøftene

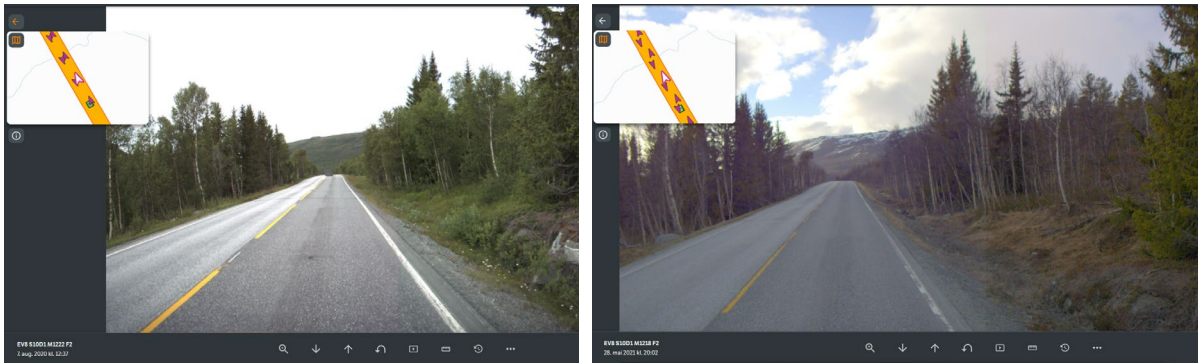
ved 2021-målingen og evt. sedimentering i grøfta mellom målingene kan være andre feilkilder. 2019-data er også samlet inn med et annet utstyr, men som tidligere analyser i denne rapporten har vist er det ikke stor forskjell på datakvalitet innsamlet med ulikt utstyr. Figur 33 viser en slik sammenstilling for S10D1 der man ser at 2021-data gjennomgående er tolket noe dypere enn 2019-data. Statistikk (figur 34) for alle data på strekningen S9D1-S10D1 (hovedstrekningen) viser en medianverdi på +5 cm (dypere grøft) for 2021-data kontra 2019-data med 90%-percentil på +20 og 10%-percentil på -2. Vegetasjonen kan være betydelig større enn dette og dette viser at selv om det er relativt tett og høy vegetasjon vil man kunne finne grøftebunn med god nok nøyaktighet, i alle fall for praktiske driftsformål. Ang. bruk av skråstilt laser som skal gi bedre penetrasjon under vegetasjon ser det ut til at linjelaser gir like gode data så lenge dypeste punkt innenfor hver meter beregnes.



Figur 33: Sammenstilling av 2019 og 2021-data for vurdering av effekten av vegetasjon (se også vedlegg 1 for større figur)



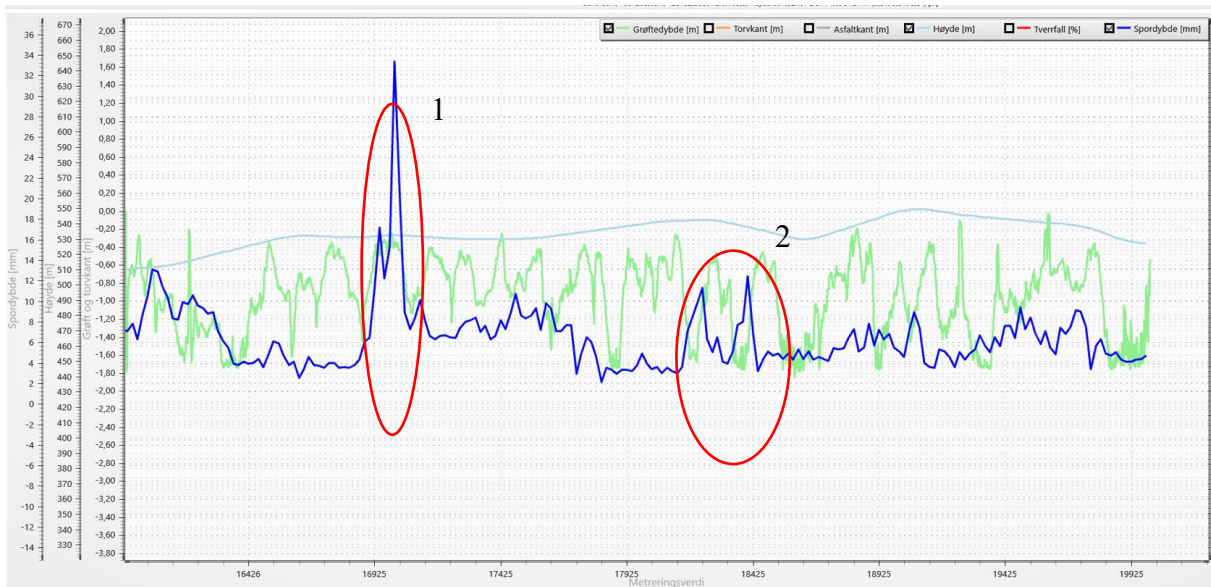
Figur 34: Statistikk for 2019 og 2021-data for vurdering av effekten av vegetasjon.



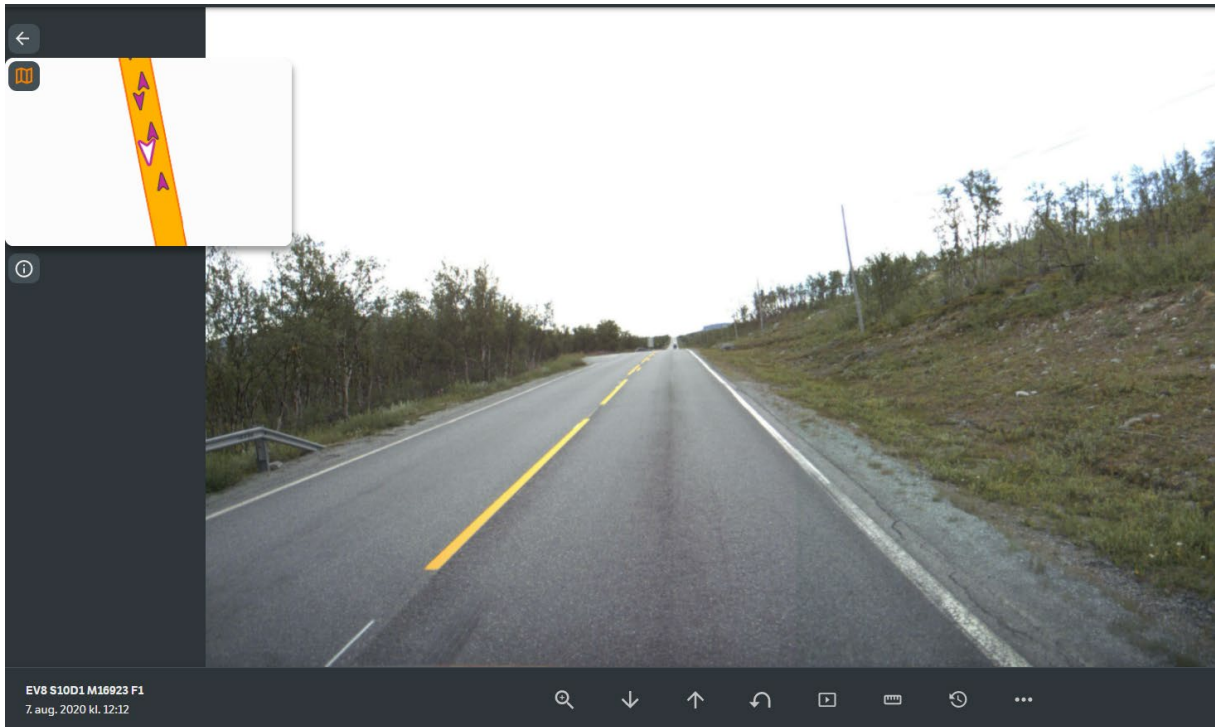
Figur 35: Bilder fra 2019-målingen med mye vegetasjon (t.v.) og 2021-målingen med lite vegetasjon (t.h.), m1220. [16]

5.4 Eksempel på bruk av data

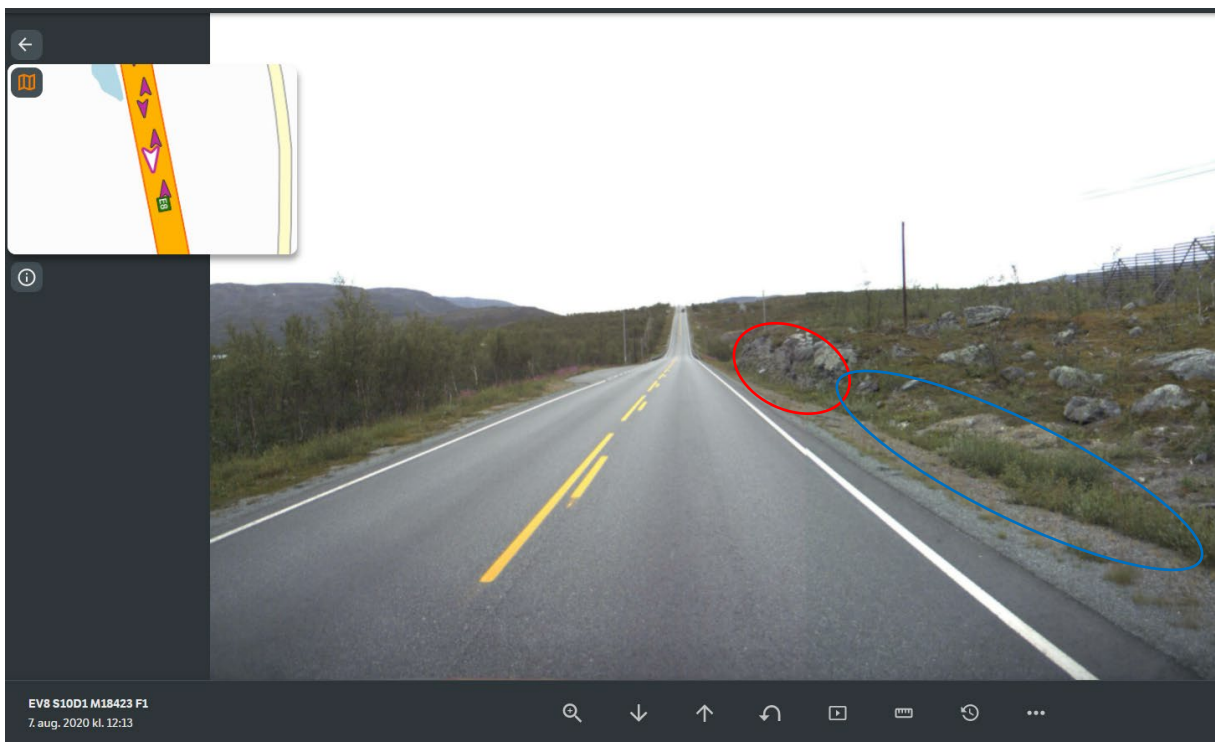
Grøftedata kan sammen med andre vegdata gi svar på årsaker til vegskader og unormal sporutvikling. I eksemplet i figur 36 er grøftedata sammenstilt med data om vegens lengdeprofil og spordybde. Ved hjelp av disse data kan man finne områder der grøfta er for grunn eller det er terskler i grøfta som fører til vannansamling i vegkroppen og unormal sporutvikling. Område 1 i figuren er et område med dype spor, relativt grunne grøfter og relativt flatt lengdeprofil. Figur 37 viser bilde fra m16923 som viser grunn grøft. Område 2 er et område der vegens lengdeprofil heller mot høyre. Innenfor området ser man 2 områder med grunnere grøfter som utgjør terskler. Like foran disse tersklene er det dypere spor enn på tilstøtende strekninger. Dette pga. vann som renner mot høyre stopper opp mot tersklene og ledes inn i vegkroppen. Figur 38 viser et bilde fra m18423 som er like før den siste terskelen. Her ser man terskelen i form av en bergskjæring som sannsynligvis leder vann inn i vegkroppen like oppstrøms. Ved å utbedre disse 3 punktene i grøfta kan man med lave kostnader sannsynligvis forlenge levetiden til vegdekket for hele strekningen.



Figur 36: Eksempel på lokalisering av problemområder for dreneringen for S10D1 F1. Lys blå=lengdeprofil på veg, mørk blå=spordybde, grønn=grøftedybde. (utklipp fra ViaPPS Desktop Beta).



Figur 37: Bilde fra m16923. Grunn grøft. [16]



Figur 38: Bilde fra m18423. Rød ring angir terskel i grøft. Blå ring angir område med oppdemming av vann. [16]

6 Konklusjoner

Laserskanninger virker å være et godt verktøy for å kartlegge grøftedybder. Nøyaktigheten er god nok for praktiske driftsformål, men man skal være obs på potensielle feilkilder, og da spesielt vann i grøfta ved måling.

Det er litt forskjell på hvordan de ulike programvarene tolker grøftedybder og resultatene varierer derfor litt, men de fleste treffer med nøyaktighet innenfor +/-15 cm (90/10-percentiler) sammenlignet med fysiske innmålinger med GNSS. Medianverdier viser 0-2 cm avvik fra reell grøftedybde (når man sammenligner med den referansen programvaren bruker for høyden på vegoverflaten).

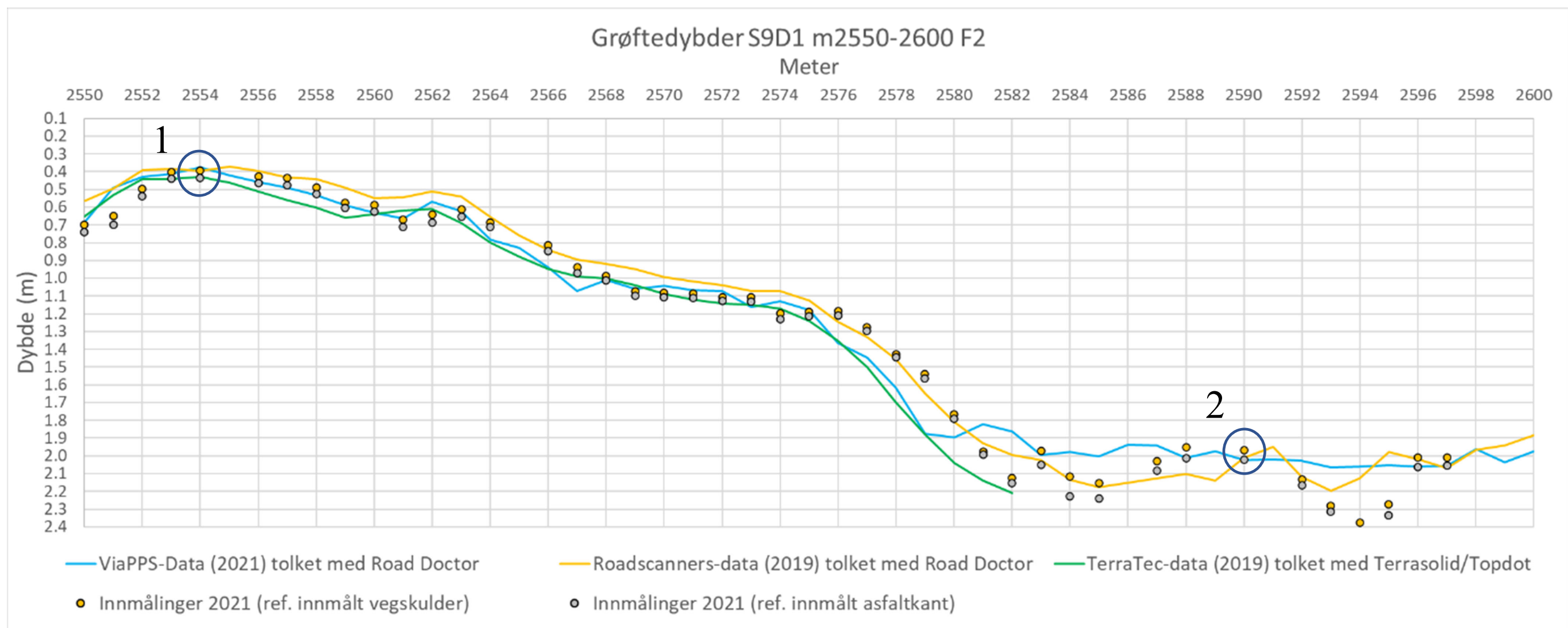
Asfaltkant som referanse gir best sammenfall med innmålte grøftedybder, og det anbefales derfor å benytte asfaltkant som referanse i stedet for vegkant. Dette også pga. at denne er lettere å definere i en punktsky enn vegkanten. Dette stemmer da ikke helt med definisjon av grøftedybde i R610. For medianverdier kan man få opptil 10 cm differanse mellom reel grøftedybde slik den er definert i R610 og grøftedybde utledet fra laserscann med asfaltkant som referanse. Det ansees likevel som godt nok for bruk i praktisk drift. Videre anbefales det å bruke det absolutt dypeste punktet innenfor hver 1m-strekning som representativt for bunn grøft på denne strekningen. Dette gir størst sannsynlighet for å treffe dypest punktet i grøfta og man unngår i stor grad forstyrrelser fra vegetasjon.

Datakvaliteten ved innsamling av data ser ut til å være god på tvers av systemer, og tolking av data ser ut til å gi større utslag på resultatene enn datakvaliteten. Korrekt posisjonering og metring er en utfordring når målinger fra to ulike tidspunkter skal sammenlignes. Linjelaser gir like gode data som skråstilt laser når formålet er tolking av grøftedybde til praktiske driftsformål.

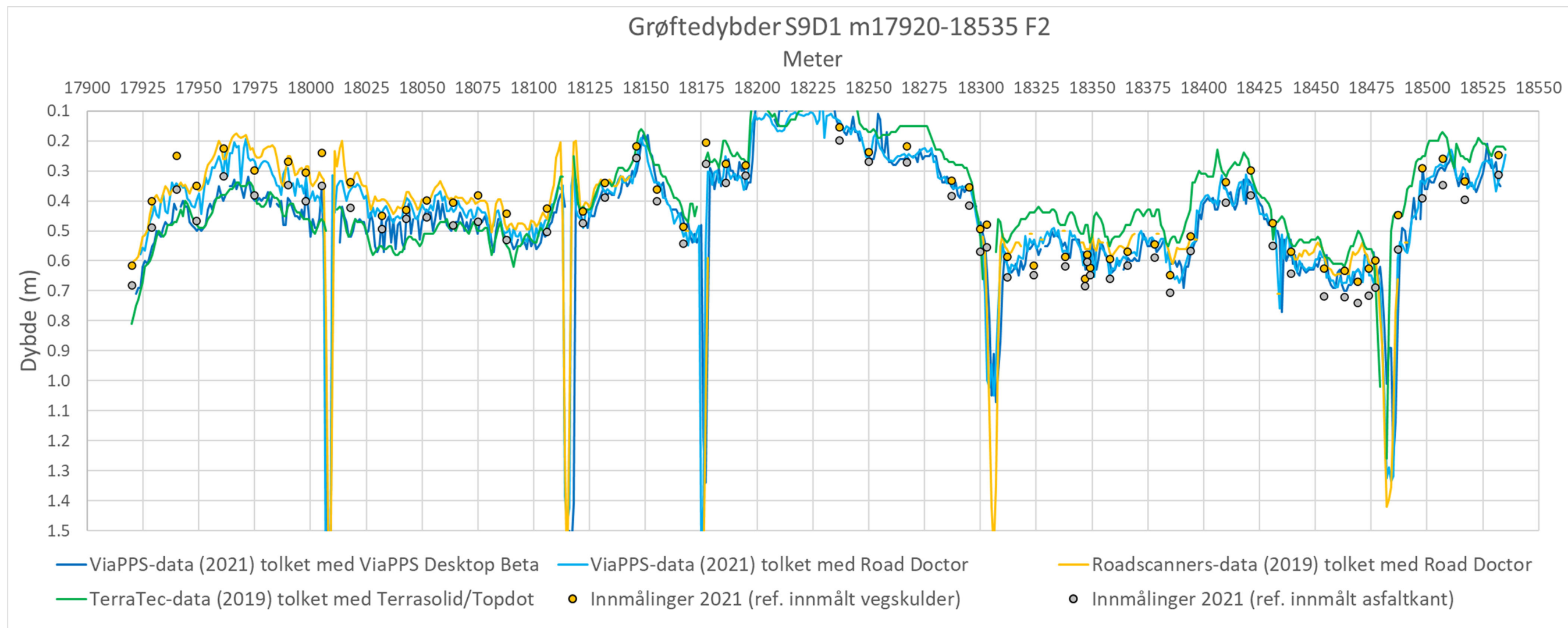
Data om vegens geometri sammen med spordybder og grøftedybder kan brukes til å detektere kritiske punkter der for eksempel terskler i grøfta leder vann inn i vegen med påfølgende rask sporutvikling.

7 Referanser

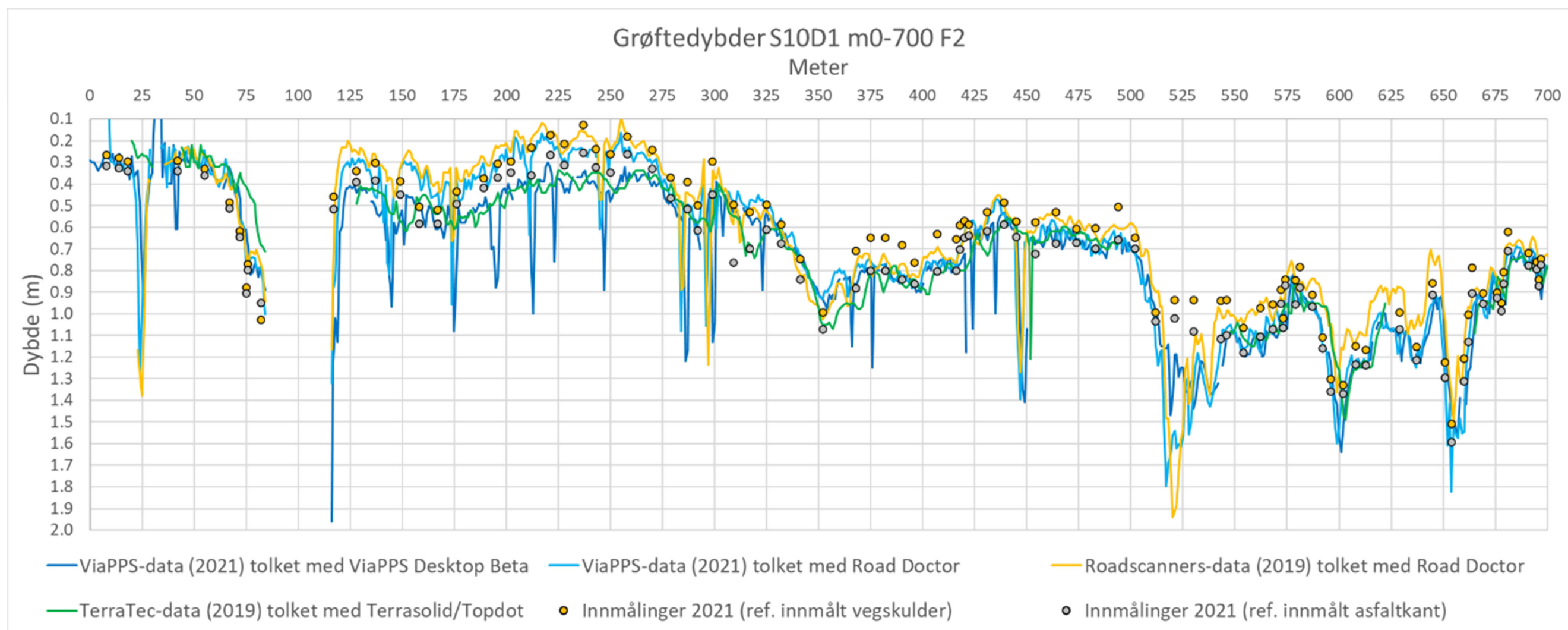
- 1) «*Måling av vegoverbygning, bæreevne og grøftedybder, E8 Borealis, Skibotn-Riksgrense Finland*», Rapport nr. 707, Statens vegvesen, 2021
- 2) «*Datareport for lasermeasurements on E8 Borealis*», Rapport nr. 712, Statens vegvesen, 2021
- 3) «*Leveranserapport E8 Borealis*», TerraTec, 2019 (ligger som vedlegg til rapport 707)
- 4) «*RDSV surveys E8 Borealis 2019*», Roadscanners, 2019 (ligger som vedlegg til rapport 707)
- 5) «*Dekksys II, GNSS malinger av test strekninger i Skibotndalen*», oppmålingsnotat, Statens vegvesen, 2021 (vedlegg 2)
- 6) <https://vegbilder.atlas.vegvesen.no/>
- 7) <https://www.zofre.de/en/laser-scanners/2d-laser-scanner/z-f-profilerr-9012>
- 8) <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>
- 9) Informasjon fra Aslak Myklatun, ViaTech
- 10) Informasjon fra Tomi Herronen, Roadscanners
- 11) Informasjon fra Bendik Myrvang, Geomatikk Drift og vedlikehold, Statens vegvesen
- 12) Informasjon fra Gunhild Mæhlum, TerraTec
- 13) O:\DoV\Teknologi\CCA00 Teknologi\00 Prosjektarkiv\C13404 DekksysII_E8Borealis
- 14) <https://leica-geosystems.com/>
- 15) <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>
- 16) <https://vegbilder.atlas.vegvesen.no/>
- 17) Håndbok R610 – Standard for drift og vedlikehold, Statens vegvesen (2014)
- 18) Håndbok N200 – Vegbygging, Statens vegvesen (2021)



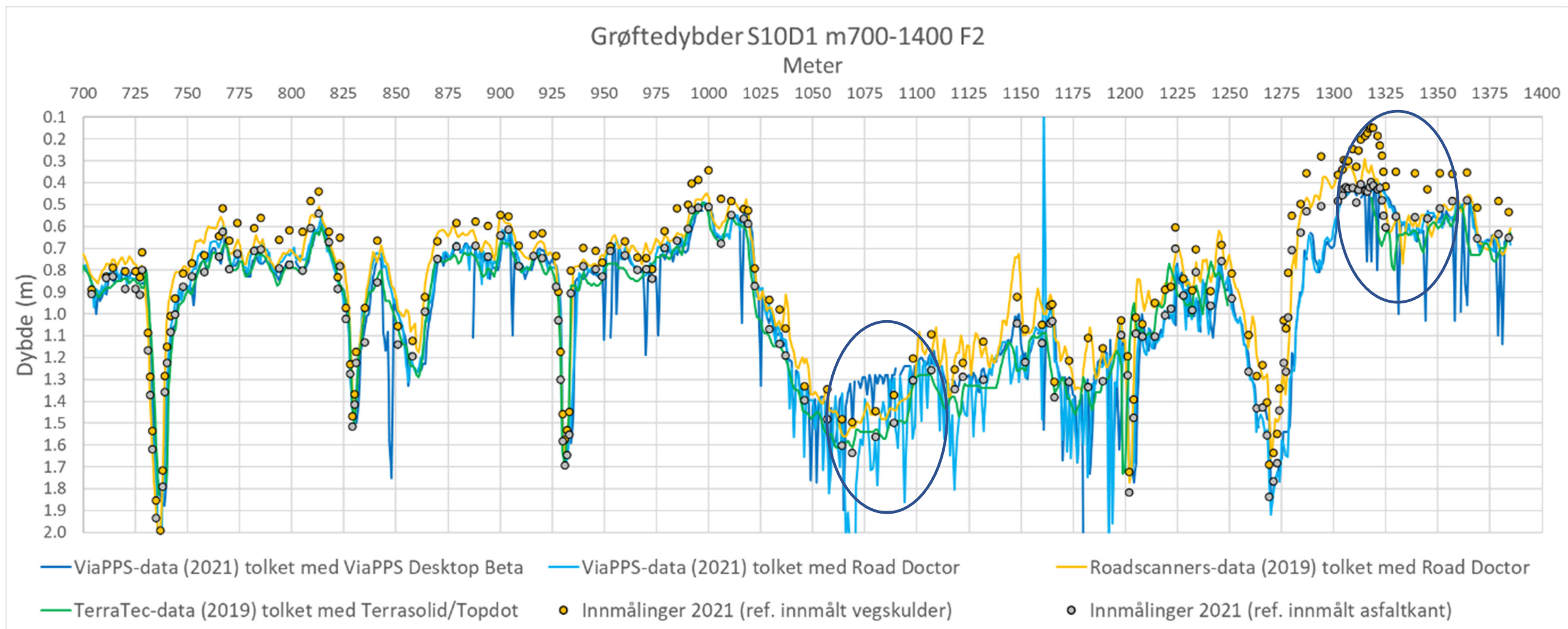
Figur 1: Resultater for S9D1 m2550-2600



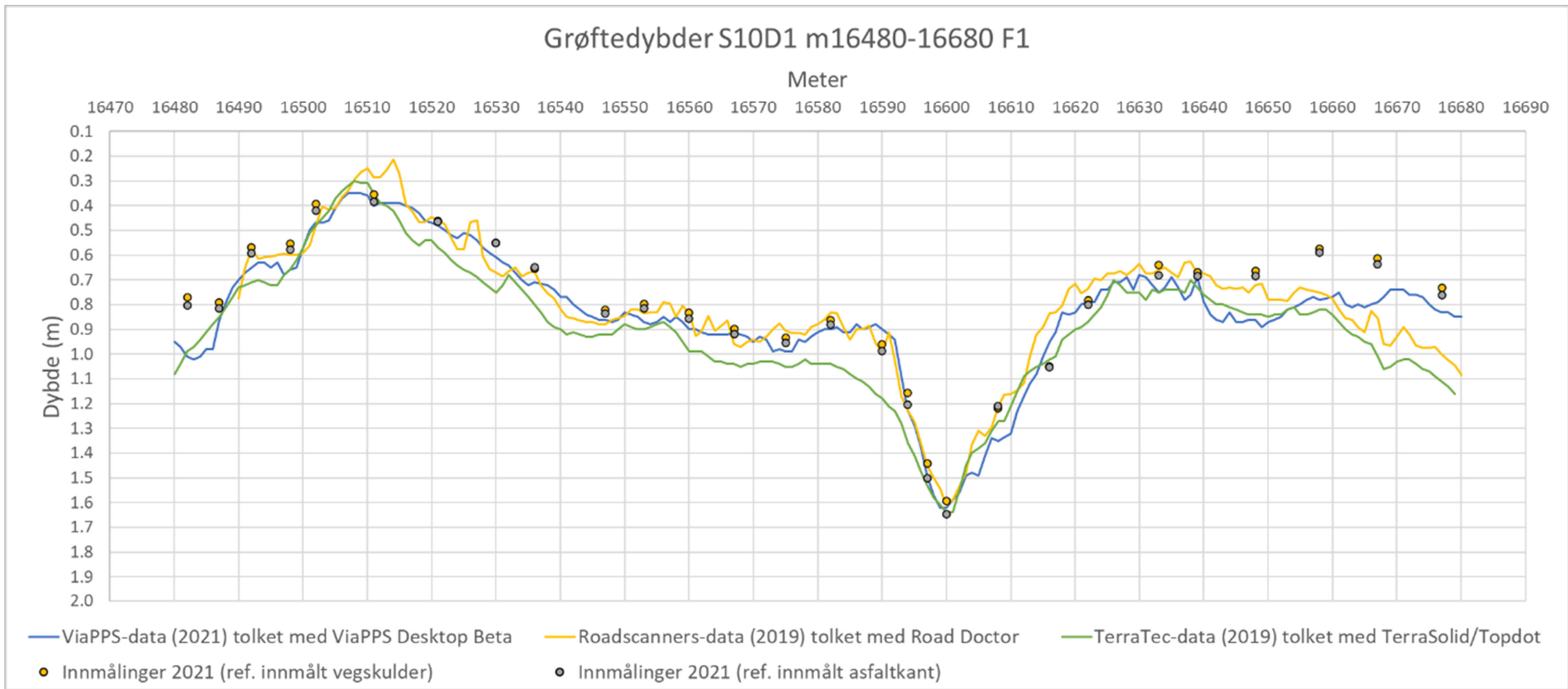
Figur 2: Resultater for S9D1 m17920-18535



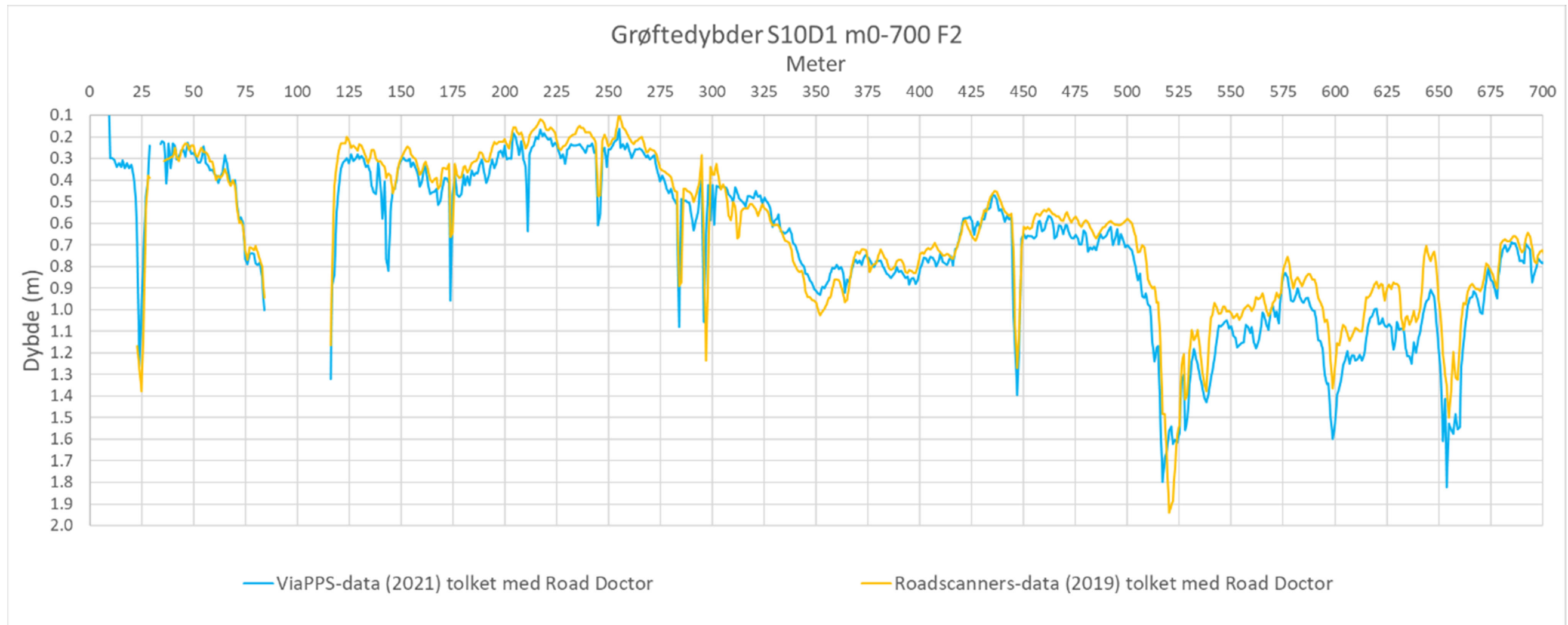
Figur 3: Resultater for S10D1 m0–700



Figur 4: Resultater for S10D1 m700-1400



Figur 5: Resultater for S10D1 m16480-16680 F1



Figur 6: Sammenstilling av 2019 og 2021-data for vurdering av effekten av vegetasjon

Dekksys II.

GNSS målinger av test strekninger i Skibotndalen.

Dato: 26. og 27.05.2021

Instrument: Leica GS18T og GS10

Koordinatsystem: EUREF 89 UTM-sone 33, datum: NN2000

Fil: **Terrengmålinger -Dekksys II.XML:** GNSS-målinger (punkt, linje)

Fastmerker_Dekksys_II.KOF: Fastmerker, med tilhørende beregningsdokumentasjon.

.DOK-filer: Berengingsdokumentasjon (utjevning, observasjonstest, indre- og ytre pålitelighet)

Kommentar:

Punktene er målt med GNSS-instrumenter med CPOS korreksjon. Instrumentene er kontrollert mot landsnett. Hovedstrekningen ble målt med GS18T og de 2 strekningene i nedre og øvre del av Skibotndalen ble målt med GS10. Temakode 7006: Vegskulder. 7018: Vegdekkekant/asfaltkant. 3203: Grøft.

Se side 2 for notat for målingene for hovedstrekningen.

Fastmerker (F1-F4 og FM1-FM6) er målt 2-3 ganger med CPOS, se vedlagt beregningsdokumentasjon. Fastmerkene har et standardavvik mellom 6-13mm i grunnriss (2D) og 10-23mm i høyde (1D). Ytre pålitelighetstest godkjent i geodatanorm klasse 3 i 2D og 3D.

Kontrollmålinger:

Målt mot landsnettpunkt. Begge instrumentene er innenfor 3cm på Landsnettpunkt R06T029 (nede i skibotndalen). GS10 hadde et avvik på 7,5cm mot landsnettpunktet R07N0042, men det var målt i forbindelse med fastmerke målingen dagen etter terrengmålingene.

GS18T. Tidspunkt	Punkt nr.	Nord	Øst	Høyde		Diff. N	Diff. Ø	Diff. H
26052021 10:14:51	R06T0029	7704995,738	707981,32	76,556		0,006	-0,005	0
27052021 07:53:54	R06T0029	7704995,758	707981,315	76,583		-0,014	0	-0,027
GS10	Punkt nr.	Nord	Øst	Høyde		Diff. N	Diff. Ø	Diff. H
26052021 10:18:29	R06T0029	7704995,753	707981,329	76,553		-0,009	-0,014	0,003
27052021 06:52:55	R06T0029	7704995,765	707981,319	76,586		-0,021	-0,004	-0,03
27052021 10:49:02	R07N0042	7687064,045	726338,196	341,655		0,015	0,013	0,075
27052021 11:44:29	R07N0042	7687064,068	726338,21	341,696		-0,008	-0,001	0,034

Punktnummer i parentes er punkt-ID etter rekkefølgen i XML fila.

Generelt:

Punktene 1290-1298 (1042-1051) definerer utkjøring.

Venstre side fra Finland mot Skibotn er det målt midt stolpe autovern som vegskulder.

7006 Vegskulder:

Ved punkt GR609 (525) er det ingen vegskulder og forholdsvis flatt terreng.

Punkt GR619-GR641 (535-557) start - slutt autovern. Målt mot autovern.

Punkt GR688-GR690 (606-608) ikke noe vegskulder

3203 Midt grøft

Punkt GR817-GR818 (652-653) stopp og start linje ved rist.

Punkt GR825-GR826 (660-661) stopp og start linje utrast og ingen grøft.

Punkt GR852-GR853 (687-688) stopp og start linje utrast og ingen grøft.

Punkt GR860-GR861 (695-696) stopp og start linje (rist).

Punkt GR867-GR868(702-703) stopp og start linje bru ved Rovijokkelva på måling øst mot Finland.

Punkt GR915-GR918(750-751) flatt terreng og ingen grøft.

Punkt GR962 (798) målt midt i utløpet på stikkrenne.

Punkt GR987 (823) målt midt i utløpet på stikkrenne.

Punkt 1009 (844) målt midt i utløpet på stikkrenne.

Punkt 1058 (893) målt midt i utløpet på stikkrenne.

Punkt 1101 (911) målt midt i utløpet på stikkrenne.

Punkt 1109 (919) flatt terreng, grøft definert.

7018 Asfaltkant

7018 asfaltkant er målt helt inntil støpkant over Rovijokk bru.



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag