



COMUNE DI CATANZARO

PROGETTAZIONE



Via Belvedere 8/10
30035 Mirano (VE)
www.fm-ingegneria.com
fm@fm-ingegneria.com

tel 041-5785711
fax 041-4355933



Via Belvedere 8/10
30035 Mirano (VE)
www.fm-ingegneria.com
divisioneimpianti@fm-ingegneria.com

tel 041-5785711
fax 041-4355933



Napoli
Via Filangieri, 11
sispi.ced@sispinet.it

tel. +39 081 412641



80131 Napoli
Viale DEGLI ASTRONAUTI, 8
amministrazione@giaconsulting.it

tel. +39 081 0383761

PROGETTO

COMUNE DI CATANZARO
LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLE OPERE
INTERNE DEL PORTO DI CATANZARO MARINA

EMISSIONE

PROGETTO DEFINITIVO

DISCIPLINA

RILIEVI

TITOLO

A - PARTE GENERALE
Relazione tecnica su attività di rilievo

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.

ELABORATO N.

A11

DATA: 22/07/2019	SCALA: -	FILE: 1259_A11_0.doc	J.N. 1259/19
PROGETTO L. Apolloni	DISEGNO D. Vinaccia	VERIFICA D. Vinaccia	APPROVAZIONE S. Costabile

INDICE

1	Premessa	2
1.1	DESCRIZIONE	2
2	Rilievo con sistemi GPS	2
2.1	STRUMENTAZIONE	2
3	Rilievo laser scanner terrestre (TLS)	3
3.1	STRUMENTAZIONE	4
3.2	ELABORAZIONE DATI	4
3.3	PUBBLICAZIONE DATI WEB	34
4	Rilievi aerofotogrammetrici e topografici attraverso l'utilizzo di sistemi SAPR	35
4.1	STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	35
4.2	DATI PROGETTO E MISSIONE DI VOLO	35
4.3	INFORMAZIONI SULLA RICOSTRUZIONE 3D	38
5	Elaborati	43
5.1	ORTOFOTO.....	43
5.2	PIANO QUOTATO E CURVE DI ELEVAZIONE	44
5.3	SEZIONI E PROFILI	44

1 Premessa

Con la presente relazione si descrivono le attività di rilievo topografico svolte al Porto di Catanzaro (CZ) compresa della materializzazione e livellazione dei capisaldi plano-altimetrici (riferimento spazio-temporale) e gli altri punti di dettaglio ausiliari mediante tecniche combinate di rilievo con sistemi GPS, rilievo laser scanner terrestre (TLS) e rilievi aerofotogrammetrici e topografici attraverso l'utilizzo di sistemi SAPR (Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto). Tale operazione è finalizzata a definire con precisione; la morfologia dell'area di studio e di tutti gli elementi che insistono sul territorio con maggior attenzione all'area di progetto e alle caratteristiche geometriche e materico costruttive.

1.1 DESCRIZIONE

L'area oggetto di rilievo ha un'estensione di circa 130.500 metri quadrati, con quote altimetriche che variano da 0 s.l.m. a 5.63 m s.l.m.. In direzione Est il porto è caratterizzato da un'area dunale costeggiata da un percorso carrabile, realizzando un dislivello complessivo pari a circa 5 m a partire dalla battigia. L'area Ovest si caratterizza da un ampio spiazzale.

Il porto è inoltre composto da un molo foraneo e di uno di sottoflutto e dalla presenza di numerosi tetrapodi affondati ed affioranti all'imboccatura ed al basso fondale. Nell'area insistono fabbricati e baracche di diversa dimensione e altezza, nonché vegetazione di alto fusto e da cespugli, che si presentano in prossimità di Via Lungomare Stefano Pugliese.

La campagna di rilievi si è svolta il 29, 30 e 31 Maggio 2019 e avuto una durata di 3 gg. di rilievi in campagna e di 7gg. di elaborazione e restituzione in ufficio.

2 Rilievo con sistemi GPS

Scopo del lavoro è quello di determinare i vertici che consentano un inquadramento univoco dei punti di appoggio per le successive osservazioni atte a realizzare la rete di caposaldi. Nel calcolo della rete sono stati determinati due set di coordinate. Un set di coordinate definite "Rettilinee", la cui caratteristica è quella di essere del tutto simile a quelle ottenibili con strumentazione ottico-elettronica tradizionale senza applicare nessun tipo di riduzione nei calcoli e/o distorsione cartografica. Il secondo set invece è rappresentato in coordinate geografiche WGS84 e le corrispondenti coordinate cartografiche. La rete GPS è stata realizzata tramite fasi distinte di attuazione, di seguito descritte, utilizzando un ricevitore GPS Leica GG04 a doppia frequenza. Successivamente si è proceduto alla determinazione degli altri vertici, ottenendo per questi un minimo di due basi indipendenti ciascuno. Per ogni vertice è stata redatta una monografia riportante tutti i dati per il riconoscimento del punto e le relative coordinate e di seguito allegate. Per la serie di punti "caposaldi" si è proceduto con tecnica cinematica con correzione differenziale in tempo reale. Per il calcolo della rete di capisaldi è stato utilizzato un software per post-processing Geomax X-Pad Office. Mentre per il calcolo delle quote ortometriche sono stati utilizzati i grigliati forniti dall'Istituto Geografico Militare ed il software di trasformazione ConveRgo fornito dal Centro Interregionale CISIS-CPSG. la quota ortometrica è stata stimata su un modello di geoidi definito italgo99.

2.1 STRUMENTAZIONE

<p>GPS Differenziale LEICA Zeno GG04</p>	<p>Raccogliere dati geospaziali di alta precisione sul proprio smartphone o tablet, rendendo in tal modo le proprie unicità tecnologiche GNSS cutting-edge e Tracciamento a 555 canali, alla portata di tutti. La smart antenna, robusta, flessibile, e facile da utilizzare, è in grado di gestire non solo la tecnologia RTK, ma anche il Precise Point Positioning (PPP). In tal modo ora è possibile raccogliere dati di alta precisione, in tempo reale, anche nei luoghi e nelle condizioni più difficili, senza la necessità di una connessione dati Mobile, in tal modo il mondo del mapping di alta precisione prenderà vita nelle acquisizioni. Il PPP consente alla GG04 di ottenere una raccolta dati di alta precisione senza la necessità di una connessione dati Mobile.</p>	
---	---	---



Figura 1. Collocazione dei Capisaldi

Si è materializzata a terra una poligonale tecnica di appoggio, ossia una poligonale orientata sui capisaldi di cui alla precedente fase in modo da vincolare la poligonale stessa. Al fine di ottenere una migliore precisione verificando e compensando le letture di campagna si è optato per l'esecuzione di una poligonale chiusa costituita da n°11 vertici ubicati sul terreno (riferimento alle monografie allegate). La poligonale, al fine di minimizzare gli errori di misurazione angolare, è stata realizzata mediante sistema a centramento forzato utilizzando due treppiedi e posizionandoli nei vertici precedenti e successivi. Si è quindi cercato di evitare lati troppi lunghi e disomogenei (mediamente 150mt e comunque sempre inferiori a 300mt) ove possibile. Tutte le quote sono riferite al sistema UTM-WGS84 Fuso 33N con quote ortometriche s.l.m.. Il calcolo della compensazione è stato eseguito automaticamente dal software Geomax X-Pad Office con risultati molto buoni e scarti inferiori alle tolleranze previste per le poligonali di precisione.

A partire dai capisaldi di riferimento è stato effettuato un rilievo altimetrico dell'intero ambito, ovvero sono state determinate le quote assolute s.l.m. e quindi il raffittimento di una rete livellazione geometrica mediante misure GPS. Tali entità sono state utili per la ricostruzione tridimensionale del terreno mediante operazioni di trilaterazione, nonché le relative curve di livello.

3 Rilievo laser scanner terrestre (TLS)

Il rilievo Laser è stato realizzato con lo strumento Leica C10. Il sistema genera una pulsazione laser che, a seconda della natura del punto di contatto, viene riflessa o parzialmente assorbita. Il segnale di ritorno è quindi registrato da un sensore. E' quindi possibile acquisire le coordinate tridimensionali dei punti in modo automatico, ad elevata densità ed in tempo reale. Il Leica C10 registra le coordinate spaziali dei punti rilevati

in coordinate sferiche, con origine interna allo strumento, grazie all'invio di un raggio Laser che colpisce l'oggetto e viene riflesso. I dati registrati per ciascun punto sono:

- la distanza D tra il centro di prospettiva strumentale e il punto di riflessione del laser;
- la direzione azimutale (ϕ) del raggio laser, misurata rispetto ad un sistema di riferimento interno;
- la direzione zenitale (θ) del raggio laser, misurata rispetto ad un sistema di riferimento interno;
- l'informazione radiometrica, risultante dalle proprietà del materiale su cui si è riflesso il laser.

Per il rilievo dell'area oggetto di studio sono state effettuate n. 58 stazioni laser, chiamate "SW-001 a SW-058". Per ogni stazione sono state inoltre effettuate delle singole scansioni relative alle aree di maggiore interesse ed ai marker su treppiede.

Per permettere la ricostruzione della nuvola di punti globale generata dall'unione di tutte le acquisizioni eseguite, è stato necessario installare 4 riflettori (marker) all'interno dell'area di vista del laser scanner: T1, T2, T3 e T4.

Inoltre per ogni scansione sono state scattate delle immagini fotografiche, con una sovrapposizione del 30%. Tali immagini, delle quali si conosce l'orientamento relativo tra sistema laser e sistema immagine, sono state utilizzate nella fase di elaborazione dati per la realizzazione delle immagini solide, della mosaicatura e la relativa colorazione della nuvola di punti.

3.1 STRUMENTAZIONE

<p>Laser Scanner 3D Leica C10</p>	<p>Piattaforma compatta "all-in-one" ScanStation C10 ad altissima velocità, compatto, a impulsi, con compensatore biassiale, precisione per il rilievo di pendenze, lunga portata e campo visivo completo; fotocamera integrata e piombo laser. I vari tools software consentono di avere scenari 3D applicati alla geologia, nei settori dell'impiantistica industriale, nella verifica strutturale delle opere, nella modellazione di siti archeologici e di siti di interesse ambientale.</p>	
--	--	--

Laser scanner basato sull'acquisizione di dati tramite interferenza di fase ad elevata velocità operante su due assi compensati.

lunghezza d'onda	808 nm (invisible) / 658 (visible)
laser di classe	1 (conforme con IEC 60825-1)
intervallo di operatività	120 metri; 18% riflettività (range minimo 0.4 m)
distanza minima	30 cm
risoluzione	<1 mm
errore lineare	< 1 mm
velocità acquisizione	1.016.727 punti al secondo
campo visivo°	max 360 ° x 270
accuratezza angolare	accuratezza 1.5", risoluzione 1", range dinamico +/-5',
temperatura operativa	- 20°C fino a + 50°C
luminosità di lavoro	dal pieno sole al buio completo
umidità operativa	prima del punto di condensa (IP 53)
dati fisici (dim. peso)	238mm x 358 mm x 395mm (11,9 Kg)
alimentatore:	167mm x 67mm x 35mm (0,54 Kg)

3.2 ELABORAZIONE DATI

I dati di campagna sono stati elaborati con il software Leica Cyclone 9.1, seguendo le seguenti fasi:

- Apertura a terra con calcolo delle "stazioni libere" su piano locale.
- Calcolo delle coordinate dei punti di dettaglio.

- Rototraslazione rigida da coordinate locali in coordinate X, Y, Z in WGS84 33N.

Al termine delle operazioni di registrazione il database contenente il modello costituito dall'unione delle singole scansioni è stato sottoposto ad azione di restituzione tramite l'utilizzo del software CloudWorks che ha consentito di selezionare porzioni del modello sulle quali individuare sezioni e prospetti da ridisegnare tramite CAD in modo vettoriale, salvando i dati in formato .dwg. Le linee e polilinee generate sul modello tridimensionale sono poi state estratte e riportate in bidimensionale per la realizzazione degli elaborati grafici da stampare come base per la fase progettuale.

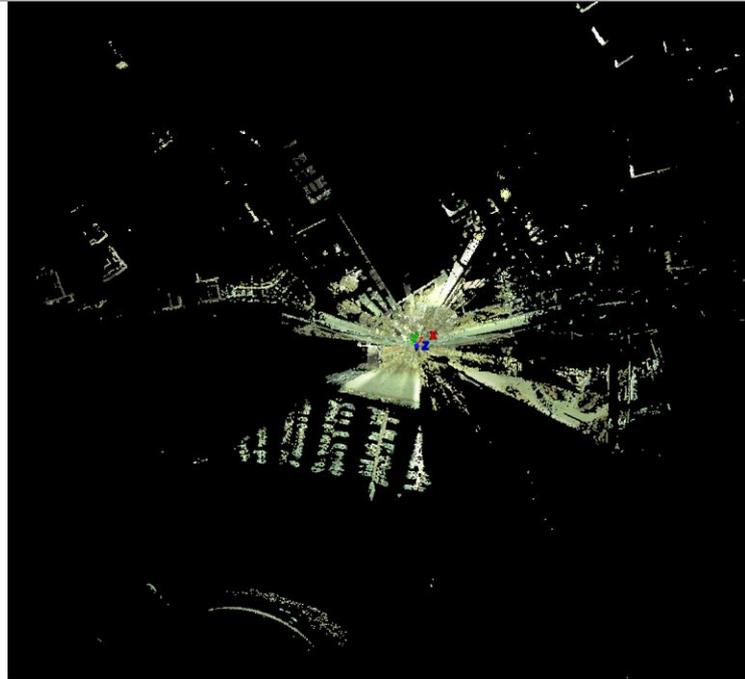
Constraint ID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector	Group Error	Group Error Vector	Group
☒ Cloud/Mes... Station-001: S...	Station-001: S...	Station-002: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.023 m]	0.001 m	aligned [0.023 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-001: S...	Station-001: S...	Station-010: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.021 m]	0.000 m	aligned [0.021 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-002: S...	Station-002: S...	Station-003: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.003 m	aligned [0.028 m]	0.005 m	aligned [0.028 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-003: S...	Station-003: S...	Station-004: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.028 m]	0.002 m	aligned [0.028 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-004: S...	Station-004: S...	Station-005: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.026 m]	0.178 m	aligned [0.026 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-005: S...	Station-005: S...	Station-006: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.003 m	aligned [0.023 m]	0.001 m	aligned [0.023 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-006: S...	Station-006: S...	Station-007: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.022 m]	0.002 m	aligned [0.022 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-007: S...	Station-007: S...	Station-008: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.021 m]	0.001 m	aligned [0.021 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-008: S...	Station-008: S...	Station-009: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.021 m]	0.001 m	aligned [0.021 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-009: S...	Station-009: S...	Station-058: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.018 m]	0.001 m	aligned [0.018 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-010: S...	Station-010: S...	Station-011: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.021 m]	0.000 m	aligned [0.021 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-011: S...	Station-011: S...	Station-012: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.016 m]	0.001 m	aligned [0.016 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-012: S...	Station-012: S...	Station-013: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.017 m]	0.002 m	aligned [0.017 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-013: S...	Station-013: S...	Station-014: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.018 m]	0.018 m	aligned [0.018 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-014: S...	Station-014: S...	Station-015: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.017 m]	0.001 m	aligned [0.017 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-015: S...	Station-015: S...	Station-016: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.019 m]	0.001 m	aligned [0.019 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-016: S...	Station-016: S...	Station-017: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.018 m]	0.000 m	aligned [0.018 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-017: S...	Station-017: S...	Station-018: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.024 m]	0.038 m	aligned [0.024 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-018: S...	Station-018: S...	Station-019: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.023 m]	0.006 m	aligned [0.023 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-019: S...	Station-019: S...	Station-021: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.007 m	aligned [0.020 m]	0.082 m	aligned [0.020 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-019: S...	Station-019: S...	Station-020: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.008 m	aligned [0.020 m]	0.004 m	aligned [0.020 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-020: S...	Station-020: S...	Station-022: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.018 m]	0.002 m	aligned [0.018 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-020: S...	Station-020: S...	Station-027: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.024 m]	0.001 m	aligned [0.024 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-020: S...	Station-020: S...	Station-021: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.008 m	aligned [0.023 m]	0.087 m	aligned [0.023 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-022: S...	Station-022: S...	Station-025: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.019 m]	0.002 m	aligned [0.019 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-022: S...	Station-022: S...	Station-023: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.011 m]	0.000 m	aligned [0.011 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-023: S...	Station-023: S...	Station-024: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.019 m]	0.001 m	aligned [0.019 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-025: S...	Station-025: S...	Station-026: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.016 m]	0.001 m	aligned [0.016 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-027: S...	Station-027: S...	Station-028: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.021 m]	0.001 m	aligned [0.021 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-028: S...	Station-028: S...	Station-029: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.023 m]	0.001 m	aligned [0.023 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-029: S...	Station-029: S...	Station-030: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.022 m]	0.001 m	aligned [0.022 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-030: S...	Station-030: S...	Station-031: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.022 m]	0.003 m	aligned [0.022 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-031: S...	Station-031: S...	Station-032: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.020 m]	0.001 m	aligned [0.020 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-032: S...	Station-032: S...	Station-033: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.020 m]	0.000 m	aligned [0.020 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-033: S...	Station-033: S...	Station-034: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.019 m]	0.000 m	aligned [0.019 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-034: S...	Station-034: S...	Station-035: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.020 m]	0.000 m	aligned [0.020 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-035: S...	Station-035: S...	Station-036: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.025 m]	0.005 m	aligned [0.025 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-036: S...	Station-036: S...	Station-037: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.029 m]	0.002 m	aligned [0.029 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-037: S...	Station-037: S...	Station-038: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.024 m]	0.001 m	aligned [0.024 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-038: S...	Station-038: S...	Station-039: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.030 m]	0.002 m	aligned [0.030 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-039: S...	Station-039: S...	Station-040: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.025 m]	0.002 m	aligned [0.025 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-040: S...	Station-040: S...	Station-041: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.024 m]	0.001 m	aligned [0.024 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-041: S...	Station-041: S...	Station-042: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.027 m]	0.001 m	aligned [0.027 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-042: S...	Station-042: S...	Station-043: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.025 m]	0.002 m	aligned [0.025 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-043: S...	Station-043: S...	Station-044: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.003 m	aligned [0.026 m]	0.003 m	aligned [0.026 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-044: S...	Station-044: S...	Station-045: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.028 m]	0.003 m	aligned [0.028 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-045: S...	Station-045: S...	Station-046: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.003 m	aligned [0.023 m]	0.007 m	aligned [0.023 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-046: S...	Station-046: S...	Station-047: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.003 m	aligned [0.025 m]	0.001 m	aligned [0.025 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-047: S...	Station-047: S...	Station-048: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.029 m]	0.003 m	aligned [0.029 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-048: S...	Station-048: S...	Station-049: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.025 m]	0.001 m	aligned [0.025 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-049: S...	Station-049: S...	Station-050: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.018 m]	0.000 m	aligned [0.018 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-050: S...	Station-050: S...	Station-051: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.018 m]	0.001 m	aligned [0.018 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-051: S...	Station-051: S...	Station-052: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.000 m	aligned [0.017 m]	0.001 m	aligned [0.017 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-052: S...	Station-052: S...	Station-053: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.026 m]	0.002 m	aligned [0.026 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-053: S...	Station-053: S...	Station-054: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.033 m]	0.005 m	aligned [0.033 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-054: S...	Station-054: S...	Station-056: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.002 m	aligned [0.024 m]	0.003 m	aligned [0.024 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-054: S...	Station-054: S...	Station-057: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.001 m	aligned [0.021 m]	0.002 m	aligned [0.021 m]	Group 1
☒ Cloud/Mes... Station-056: S...	Station-056: S...	Station-055: S...	Cloud: Cloud/Mesh - Cloud...	On	1.0000	0.005 m	aligned [0.022 m]	0.007 m	aligned [0.022 m]	Group 1

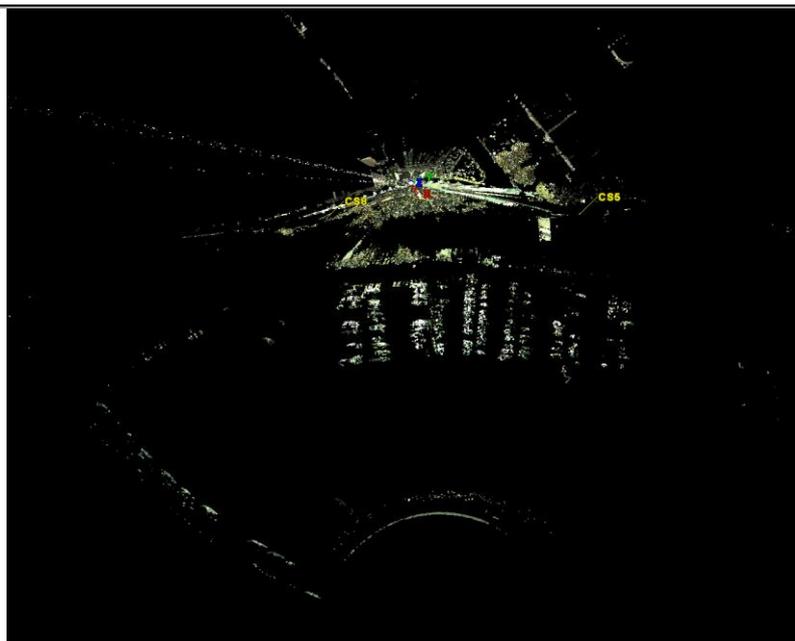
Figura 2 Panoramica complessiva della registrazione della nuvola di punti e relativi errori di allineamento

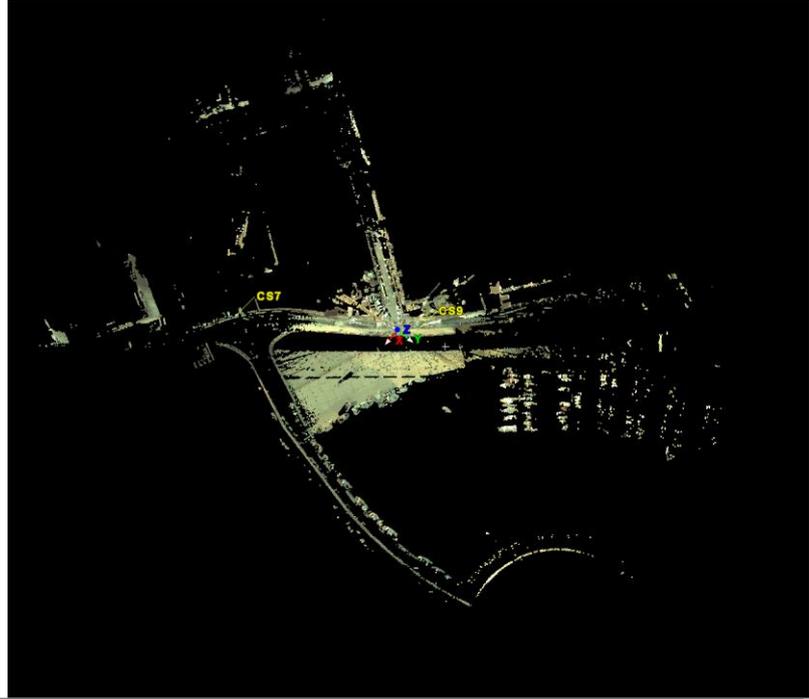
Il modello risultante da tale elaborazione è una **nuvola di punti costituita da 330.145.273** punti e con un errore di **allineamento medio pari a 0,002 cm**.

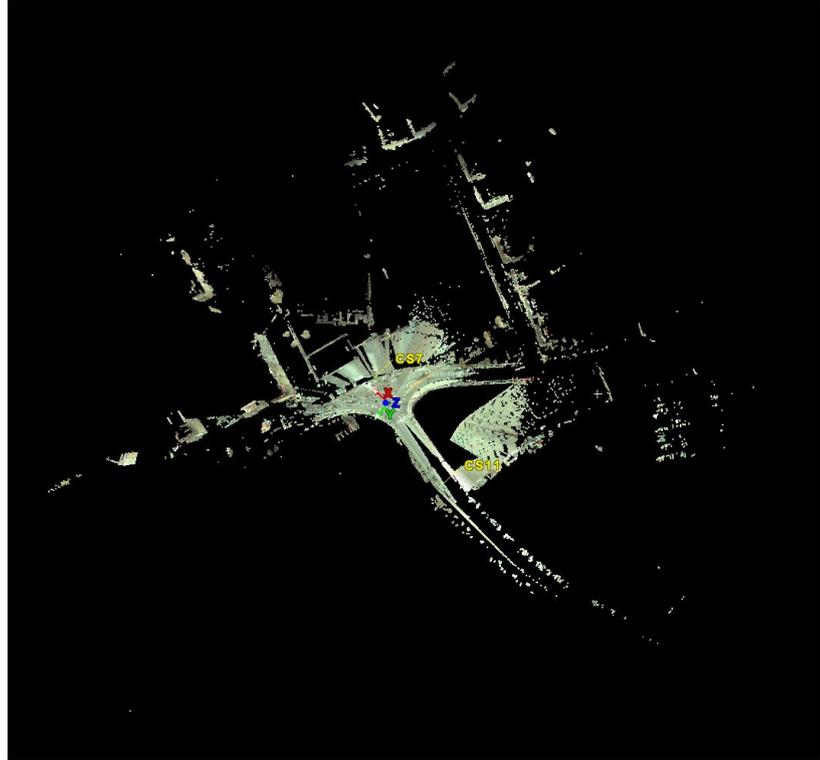
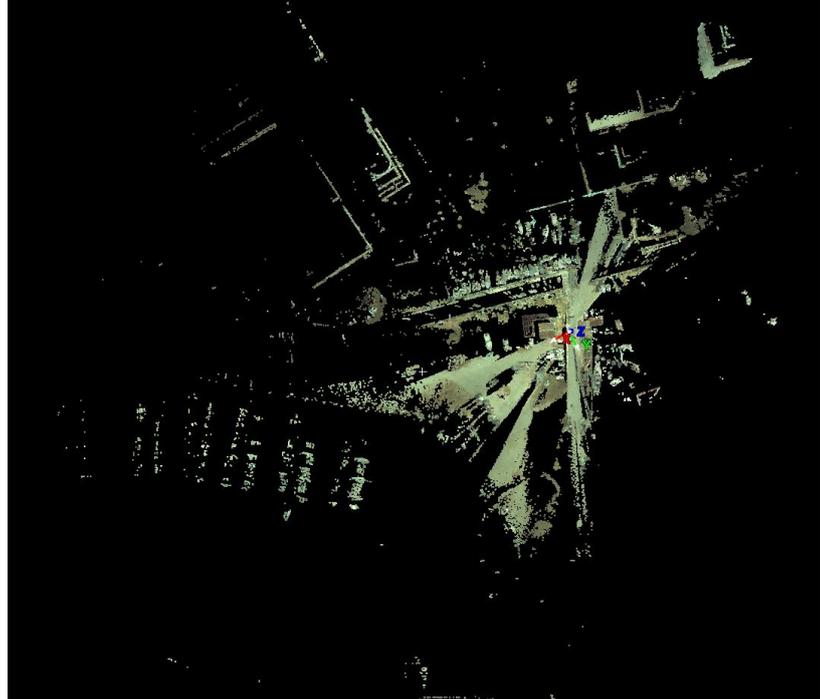
Il modello generato è stato poi georeferenziato con metodo indiretto, ovvero attraverso l'ausilio di GCP (Ground Control Point) materializzati con appositi target, il modello è stato rototraslato su d essi creando una corrispondenza tra i punti della nuvola (centro dei GCP) ed i punti rilevati in loco.

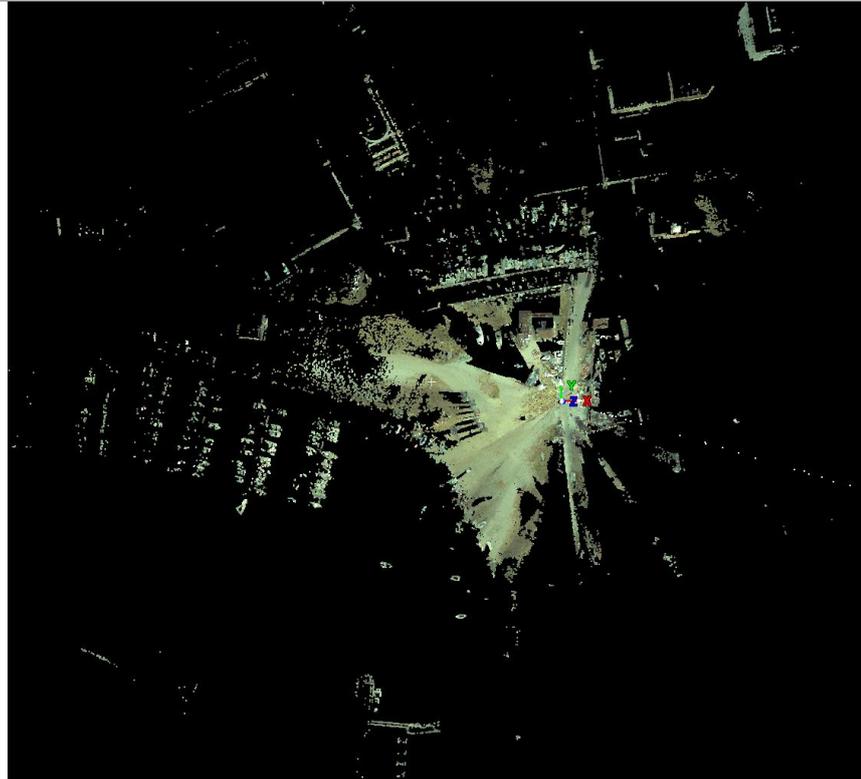
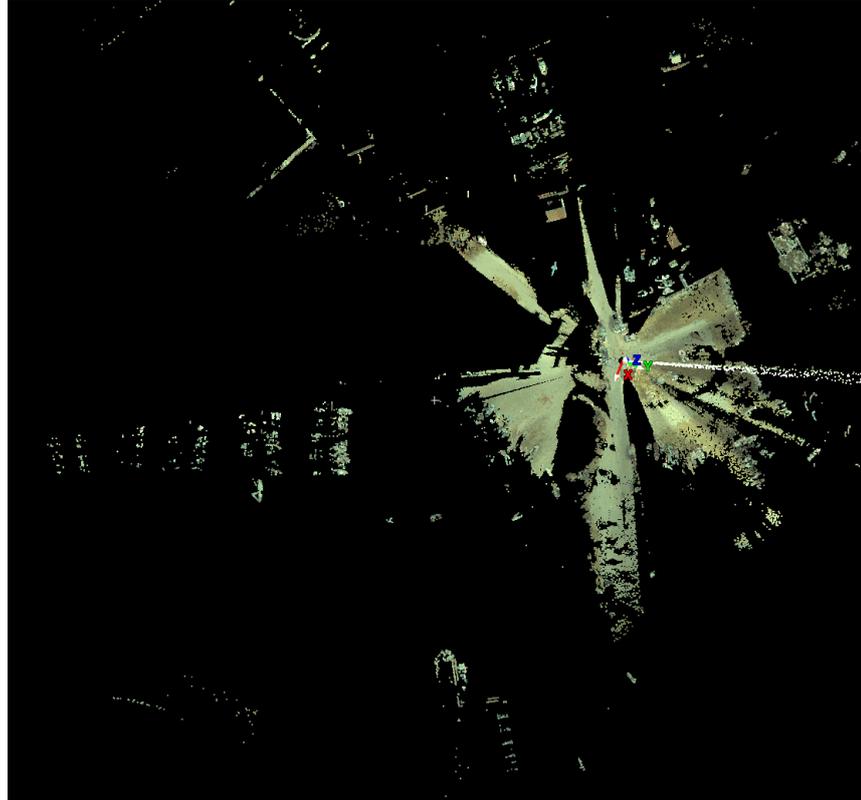
Nome stazione	Totale punti acquisiti	Immagine
SW-001	5172382	
SW-002	5241140	

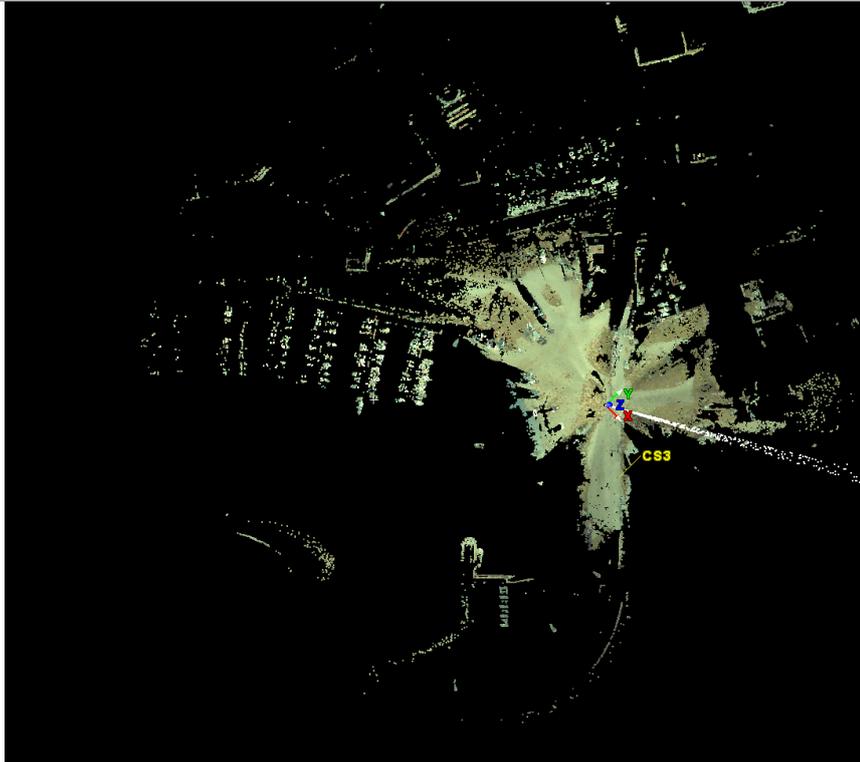
SW-003	6162360		
Sw-004	46393846		

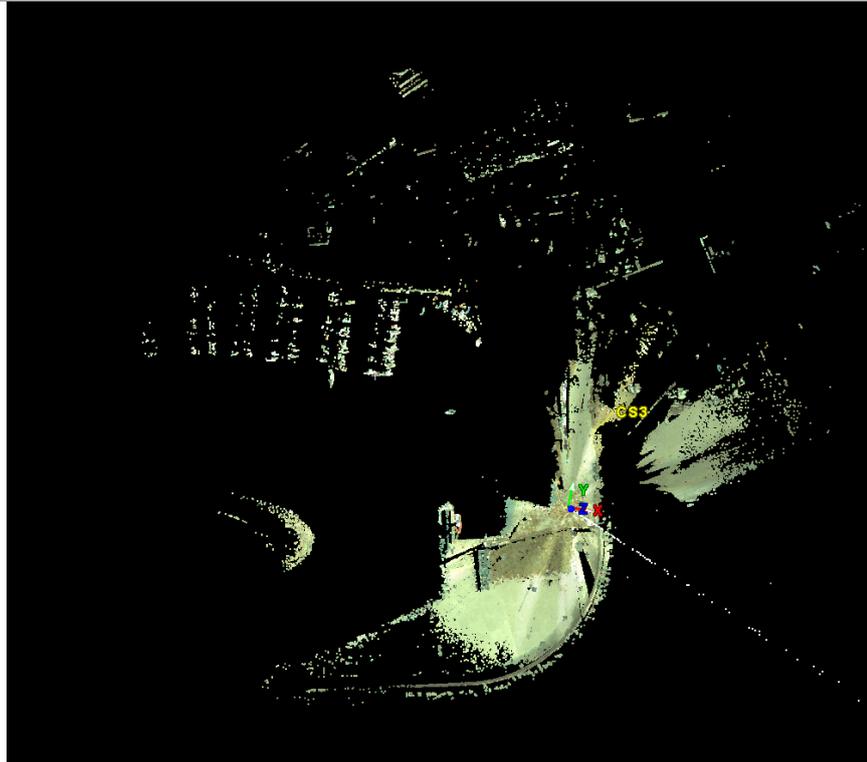
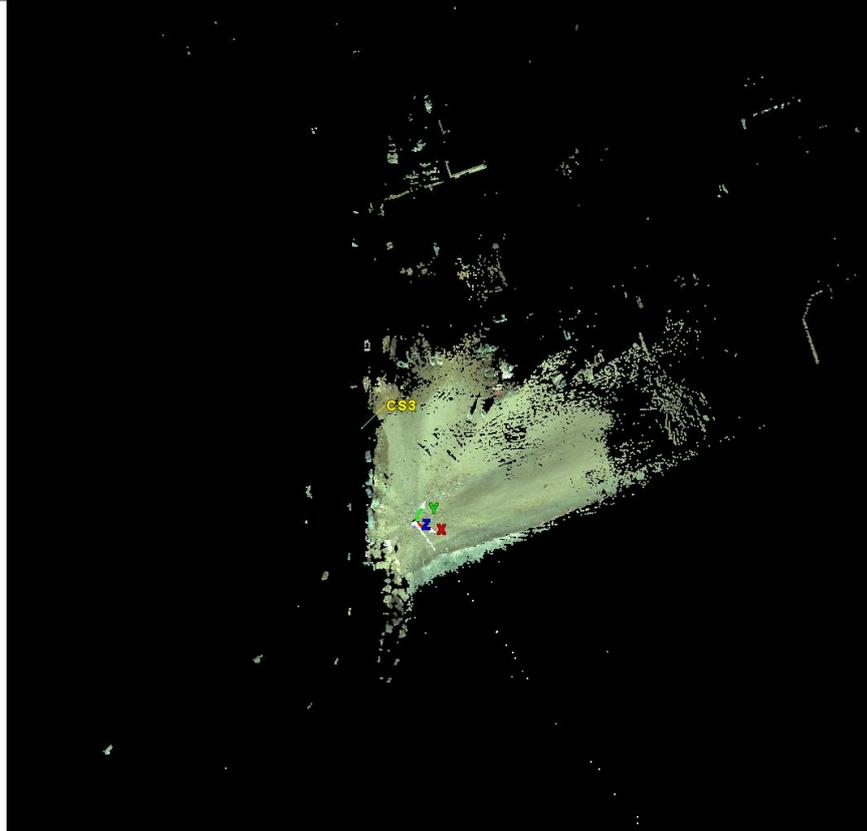
SW-005	5758473		
SW-006	21410958		

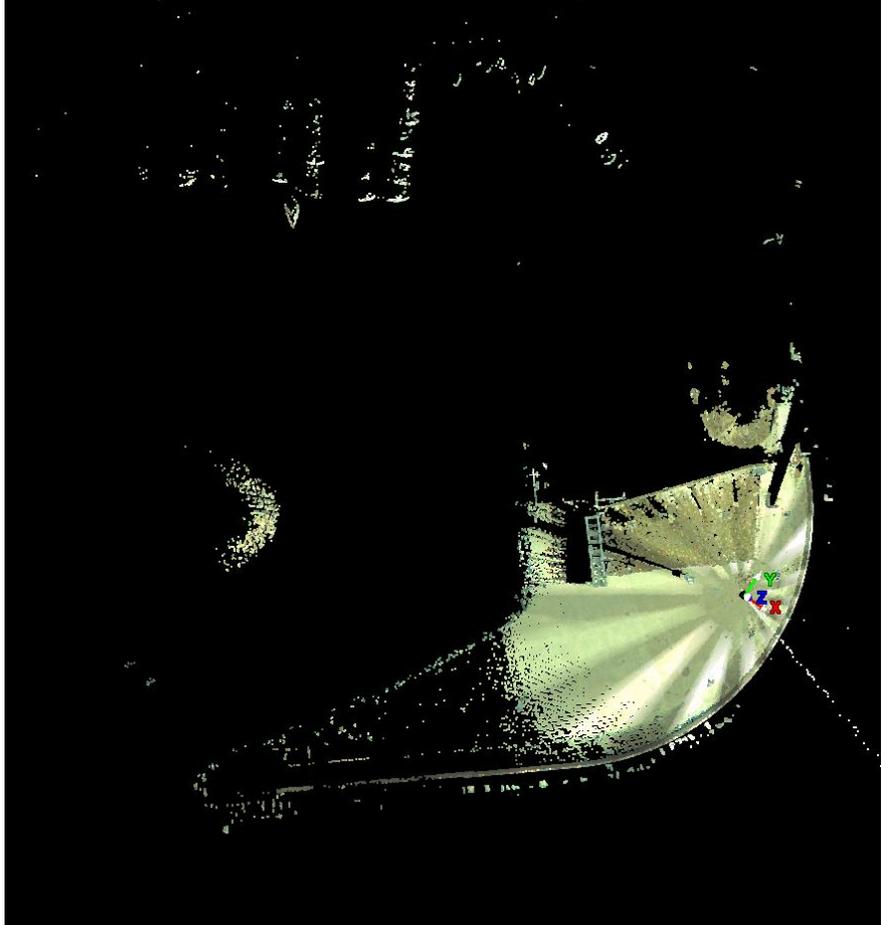
SW-007	5286133		
SW-008	6757994		

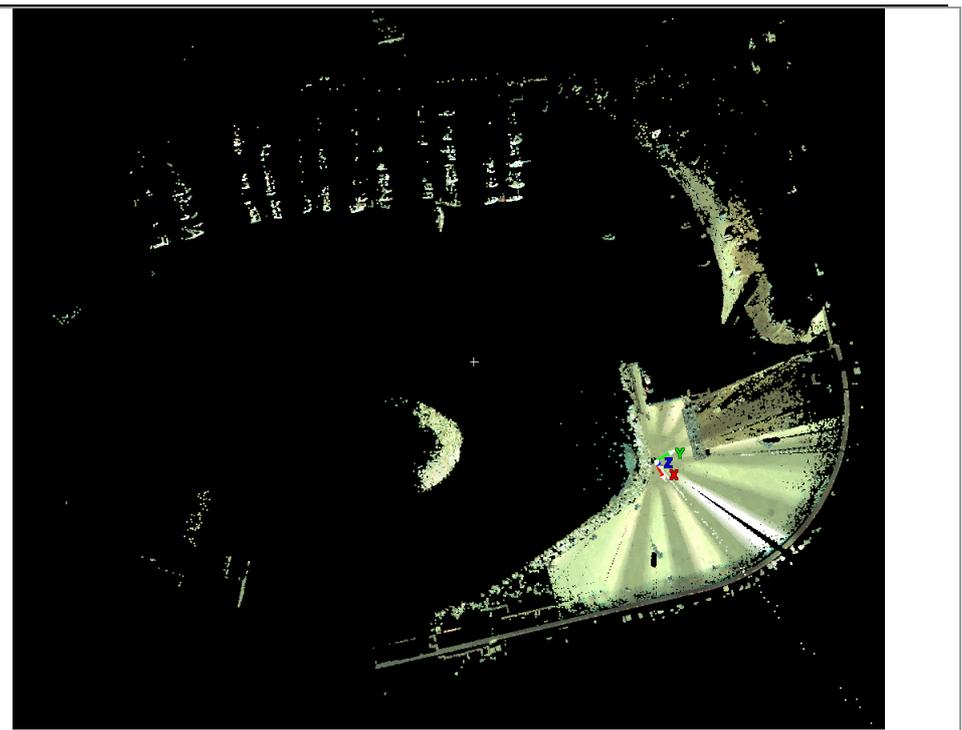
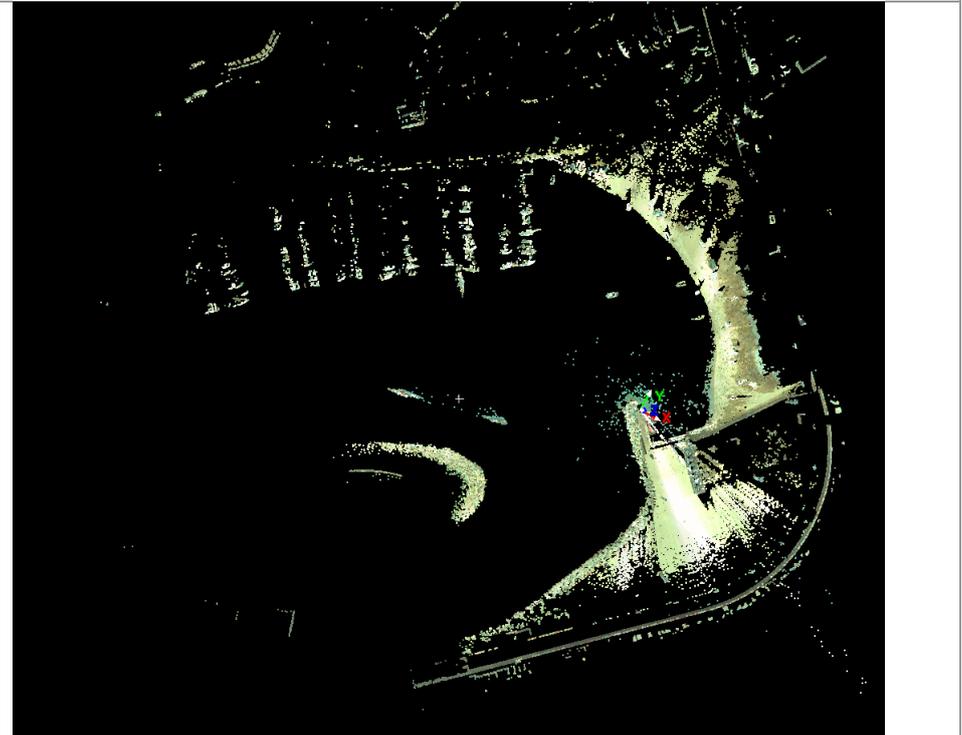
SW-009	5145782		
SW-010	5155316		

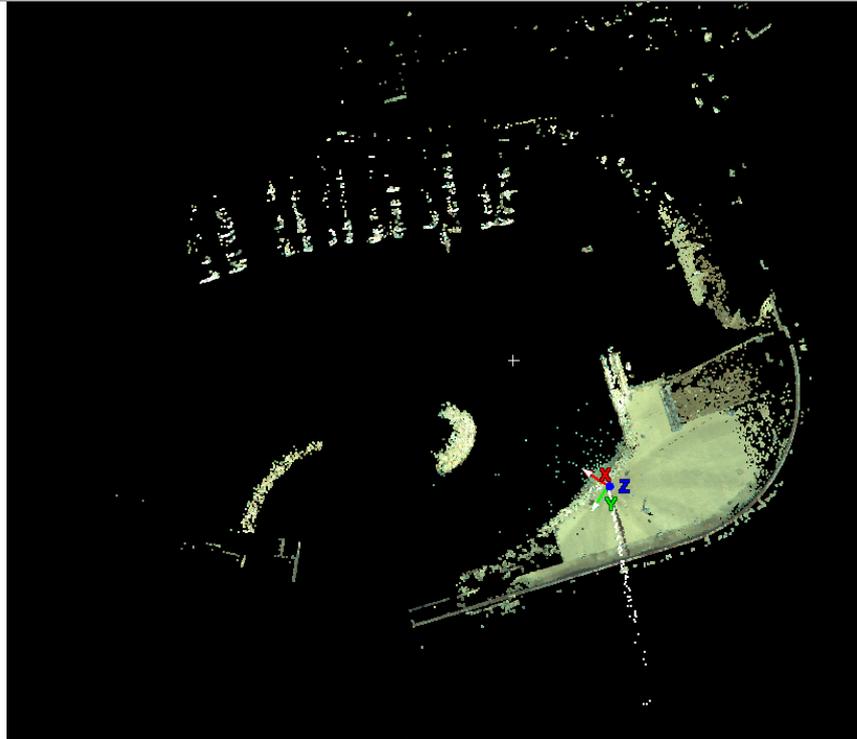
SW-011	5098623	
SW-012	4954404	

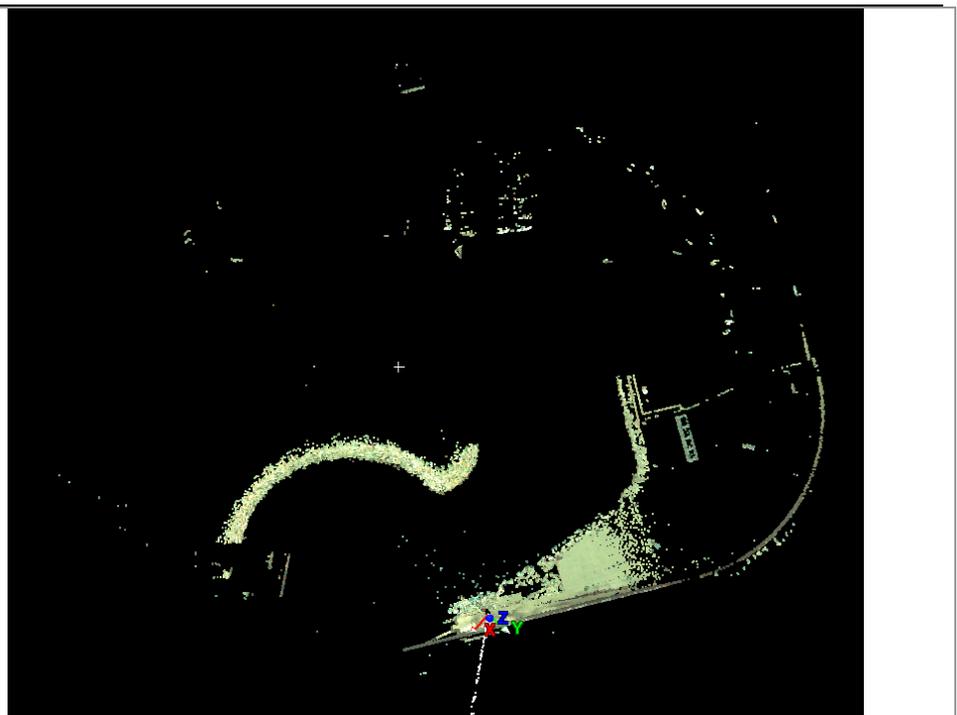
SW-013	4693376		
SW-014	4553301		

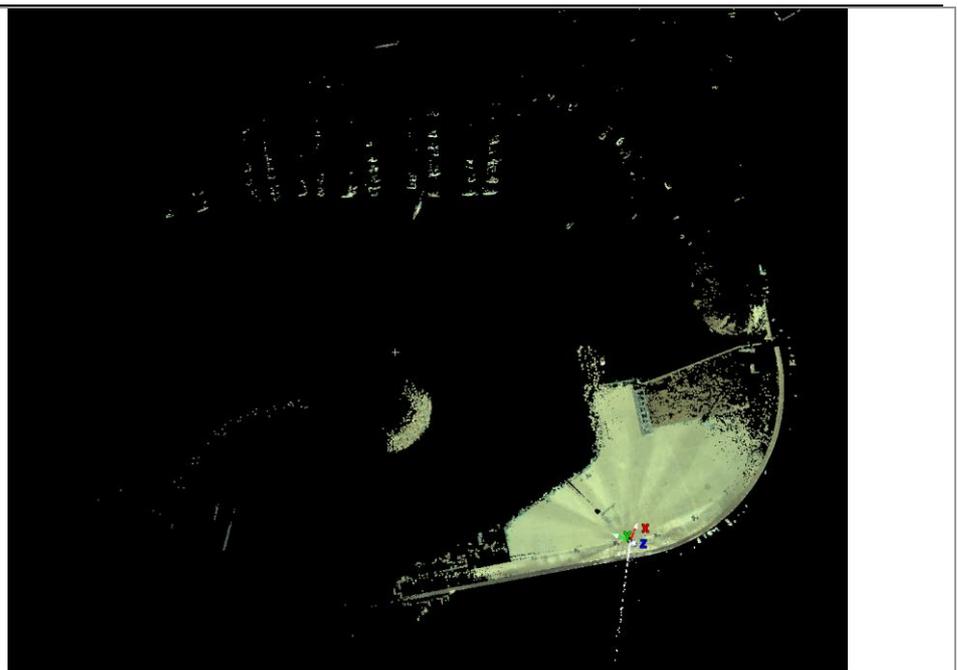
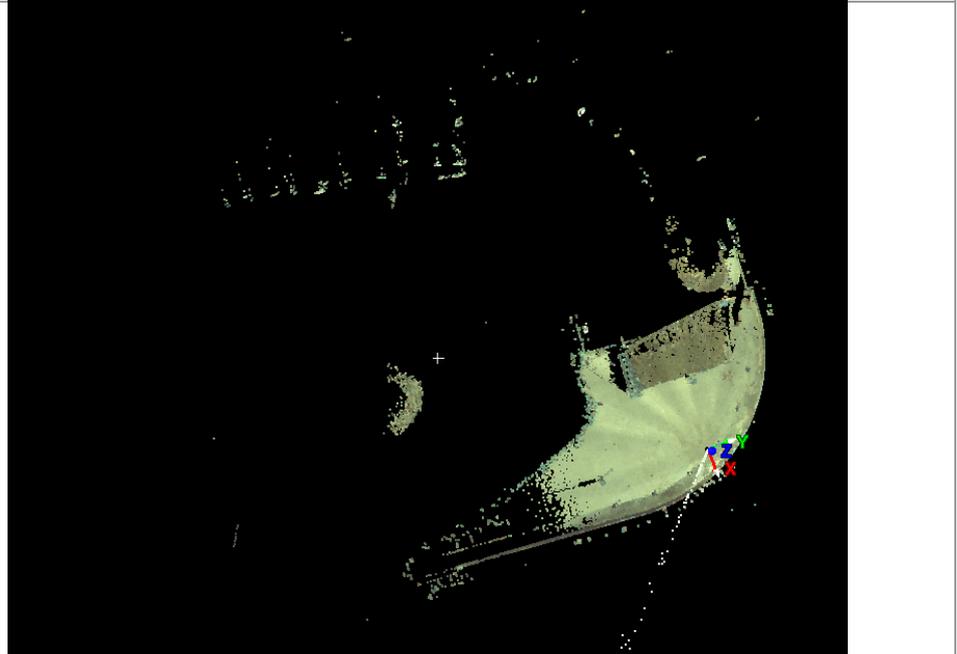
SW-015	4610003		
SW-016	4779153		

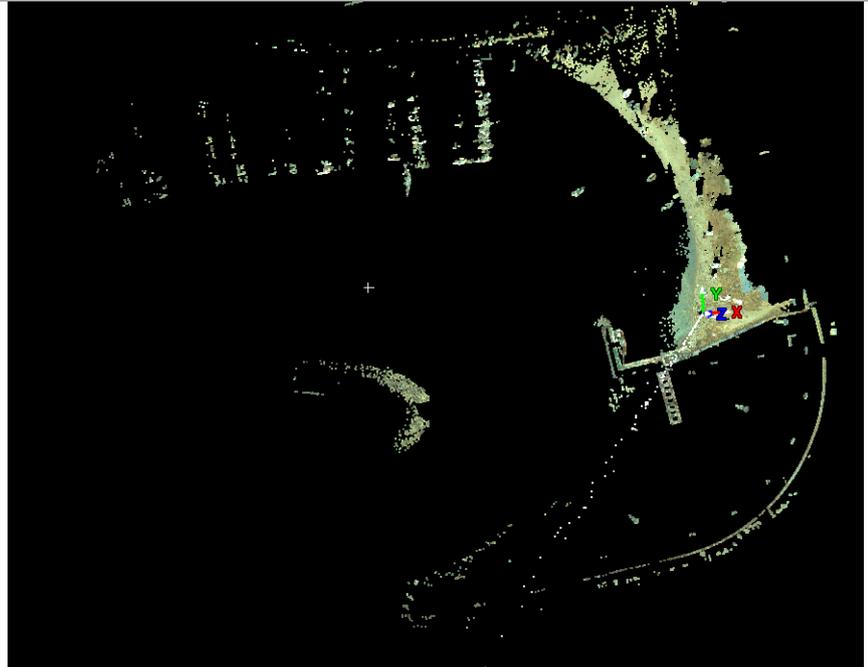
SW-017	6188460	
SW-018	5204218	

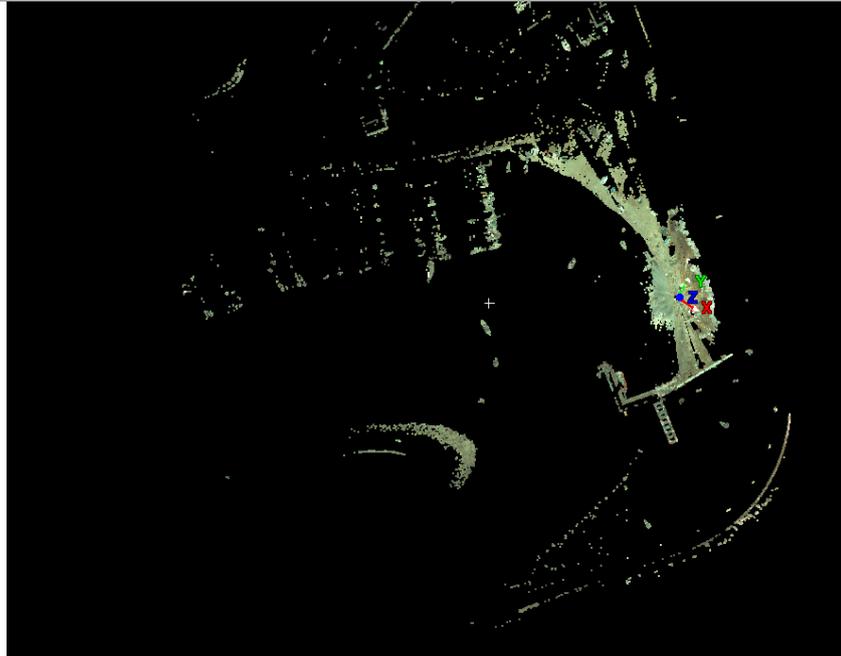
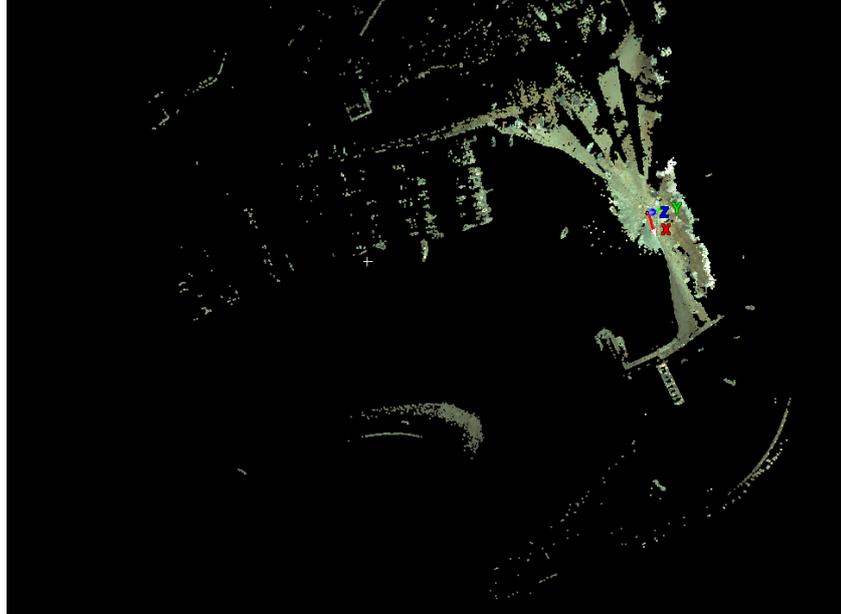
SW-019	4649787	
SW-020	2598937	

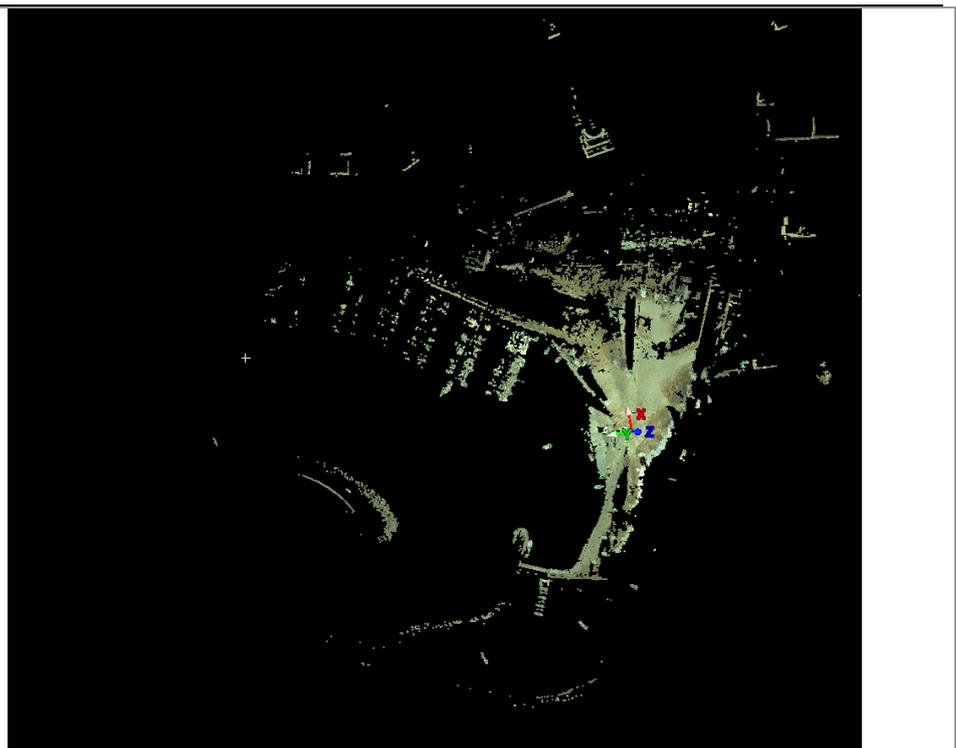
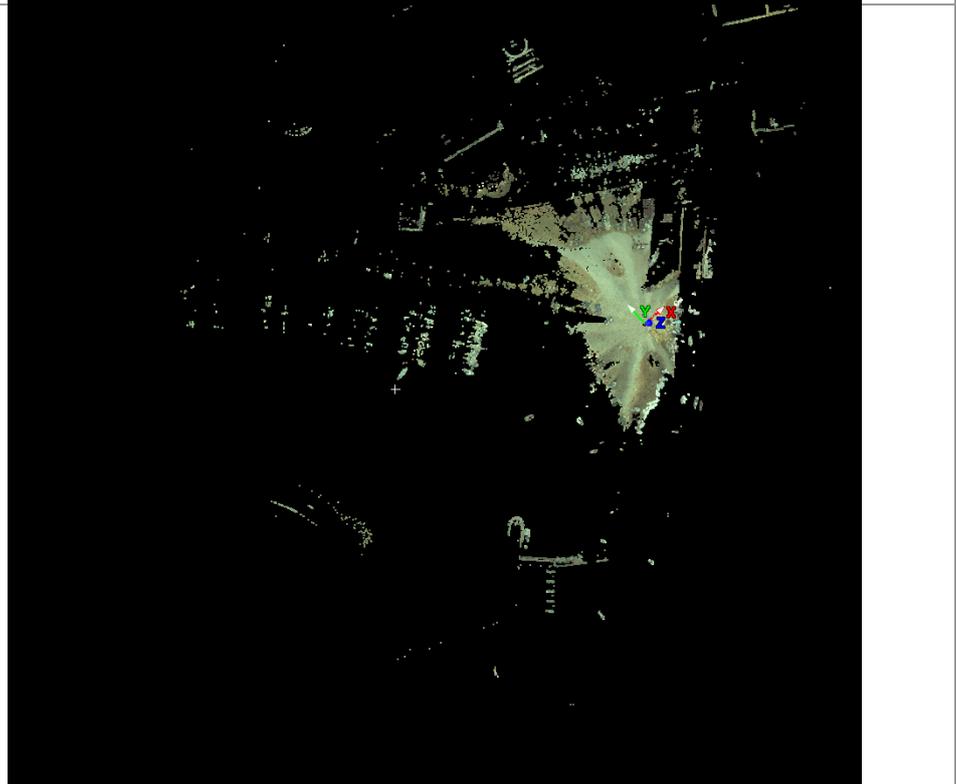
SW-021	4176120		
SW-022	4732751		

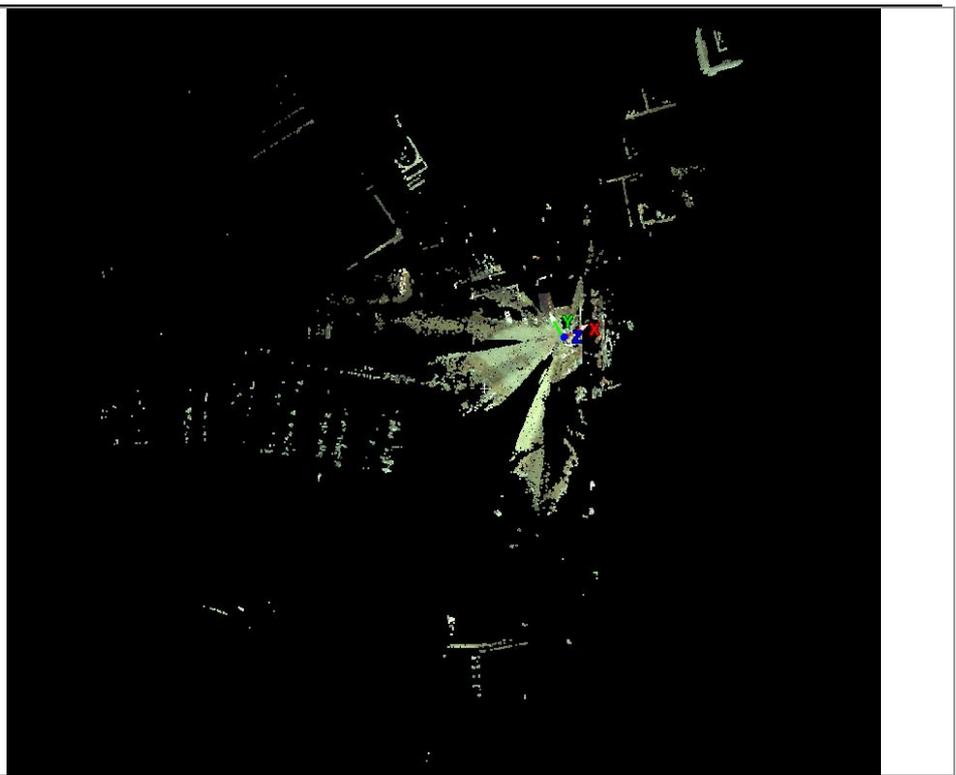
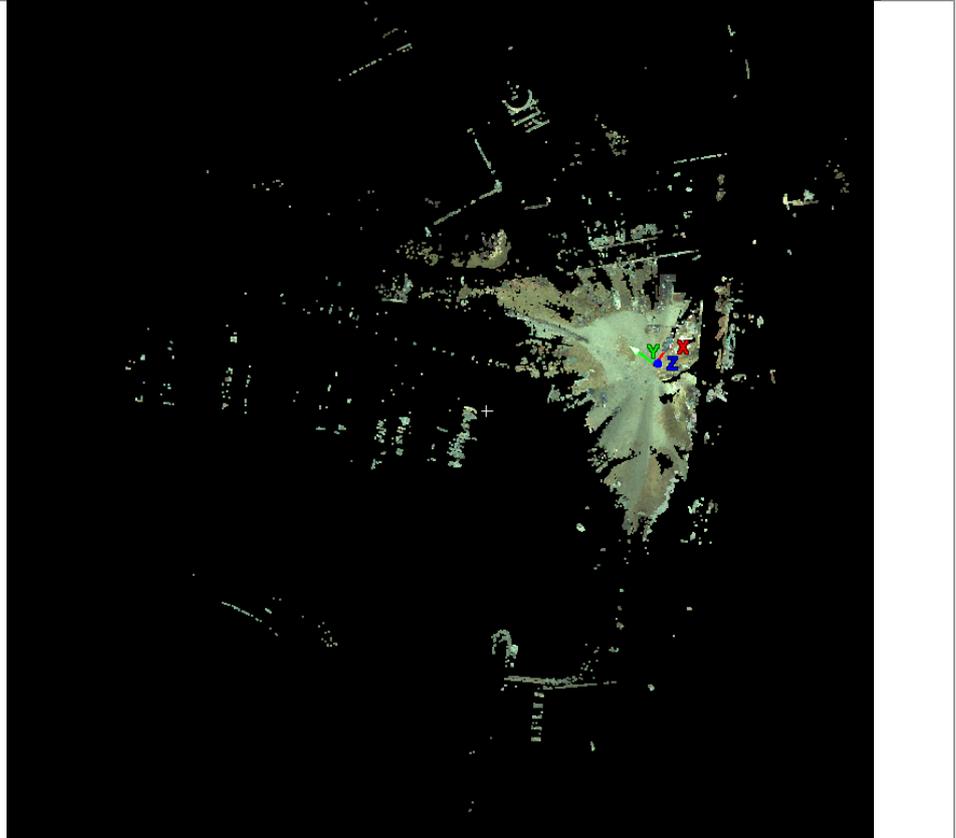
SW-023	5210339	
SW-024	4483629	

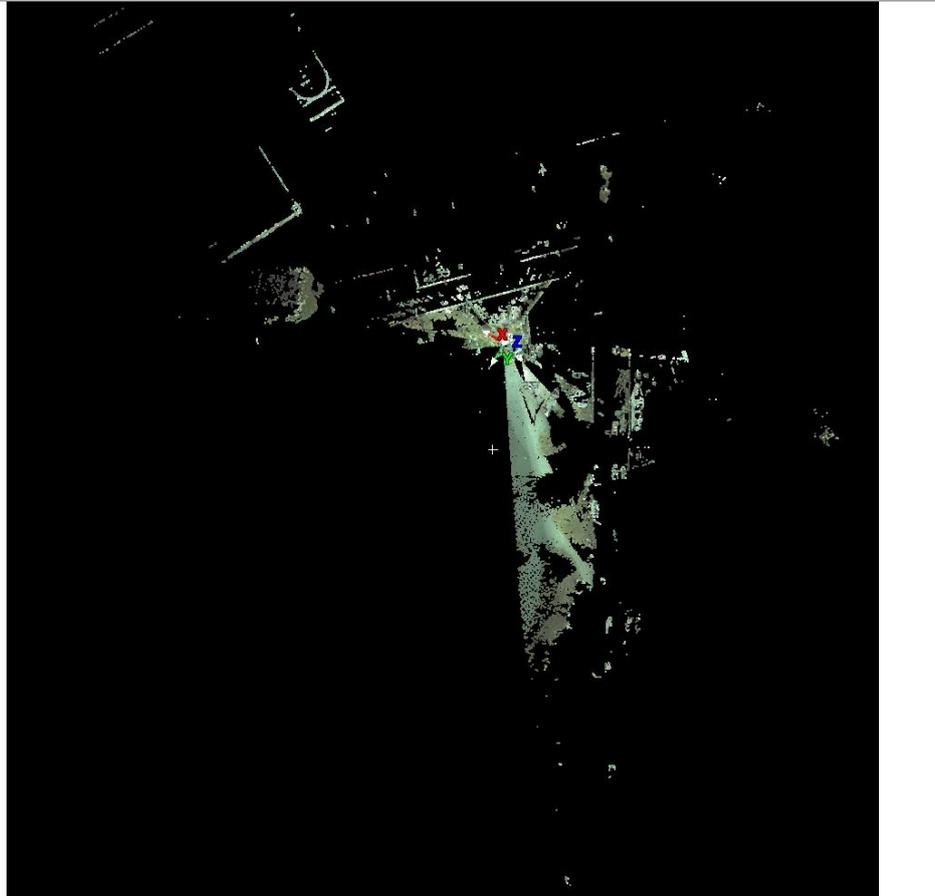
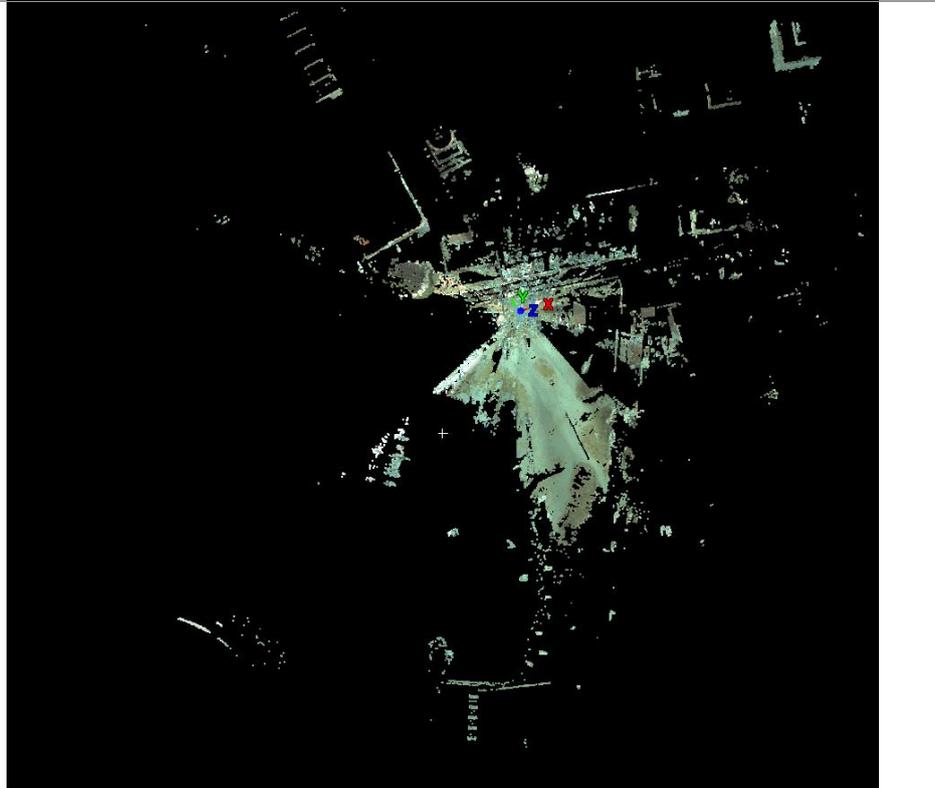
SW-025	5337162	
SW-026	5314477	

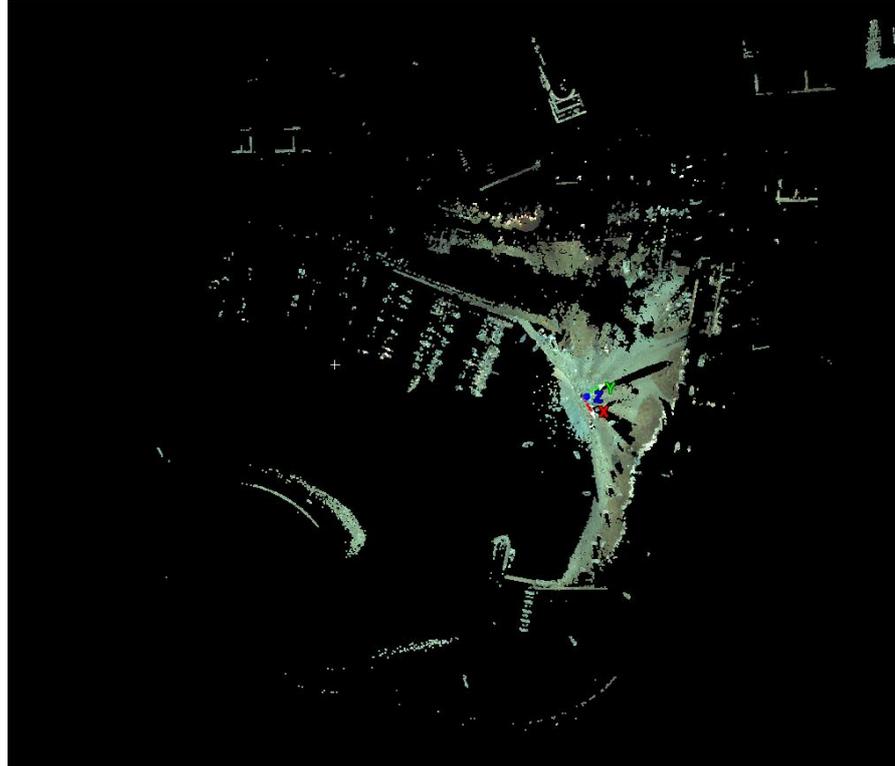
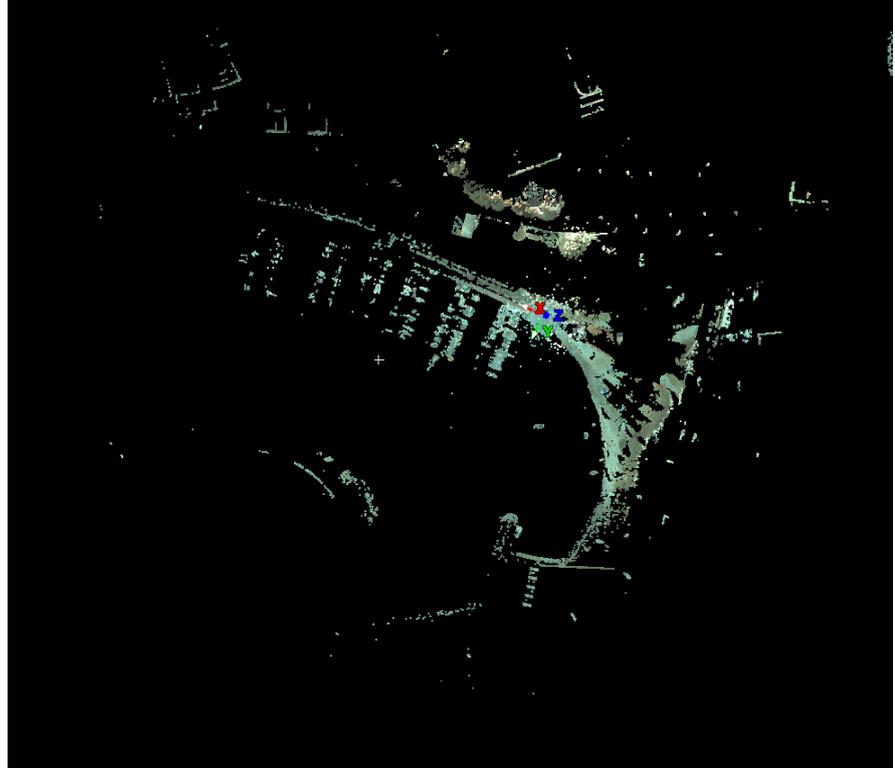
SW-027	4712977	 A 3D point cloud scan of a harbor structure, likely a pier or breakwater. The scan shows a curved structure with a flat top and a sloped side. A small red 'X' and a blue 'Z' are visible on the top surface, indicating a specific point of interest. The background is dark, and the scan is rendered in a light gray color.
SW-028	5180460	 A 3D point cloud scan of a harbor structure, similar to SW-027. It shows a curved structure with a flat top and a sloped side. A small red 'X' and a blue 'Z' are visible on the top surface, indicating a specific point of interest. The background is dark, and the scan is rendered in a light gray color.

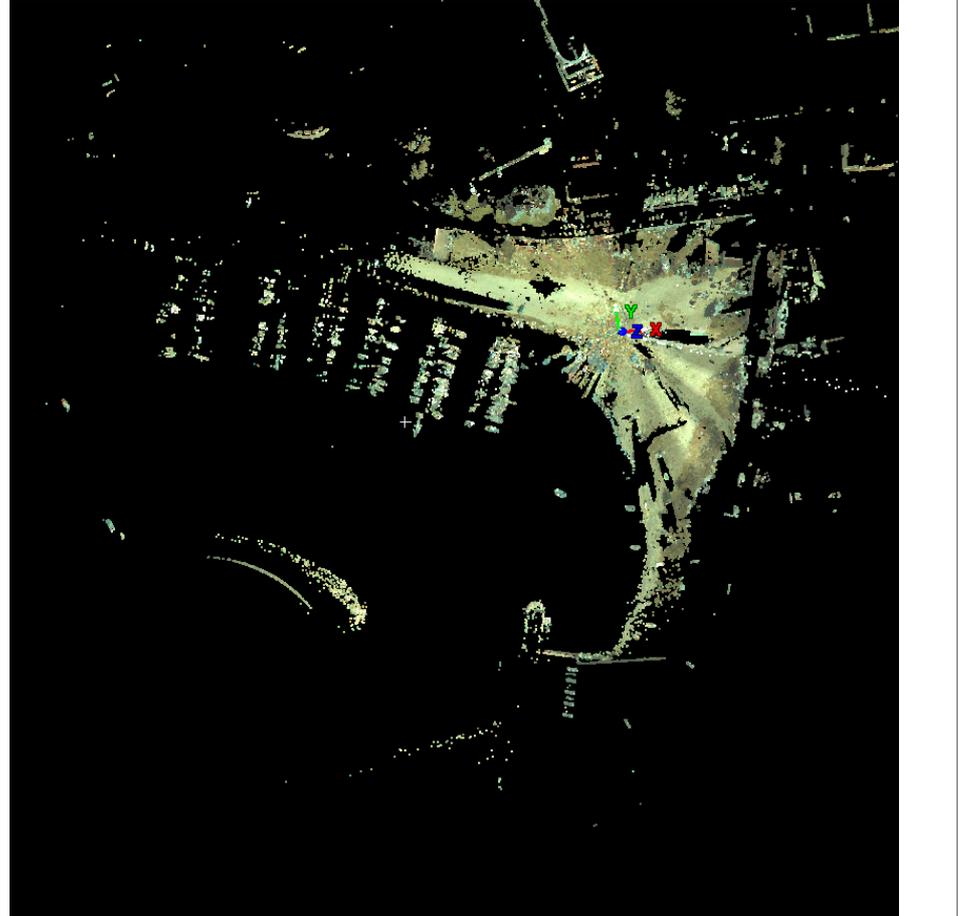
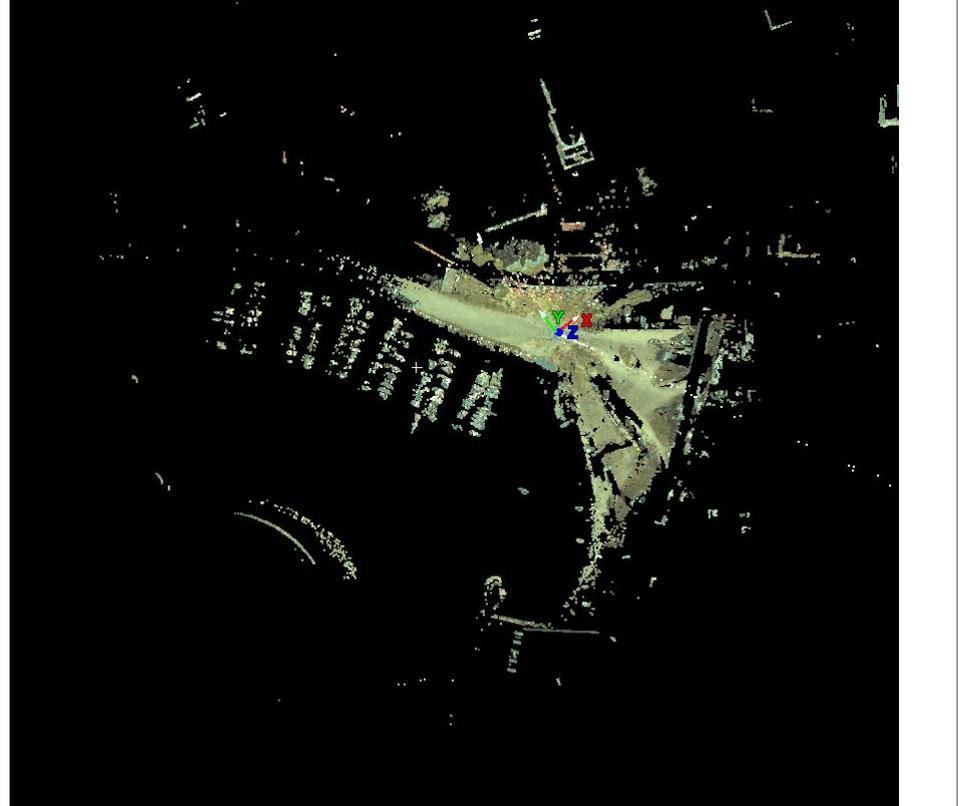
SW-029	4825282		
SW-030	4831004		

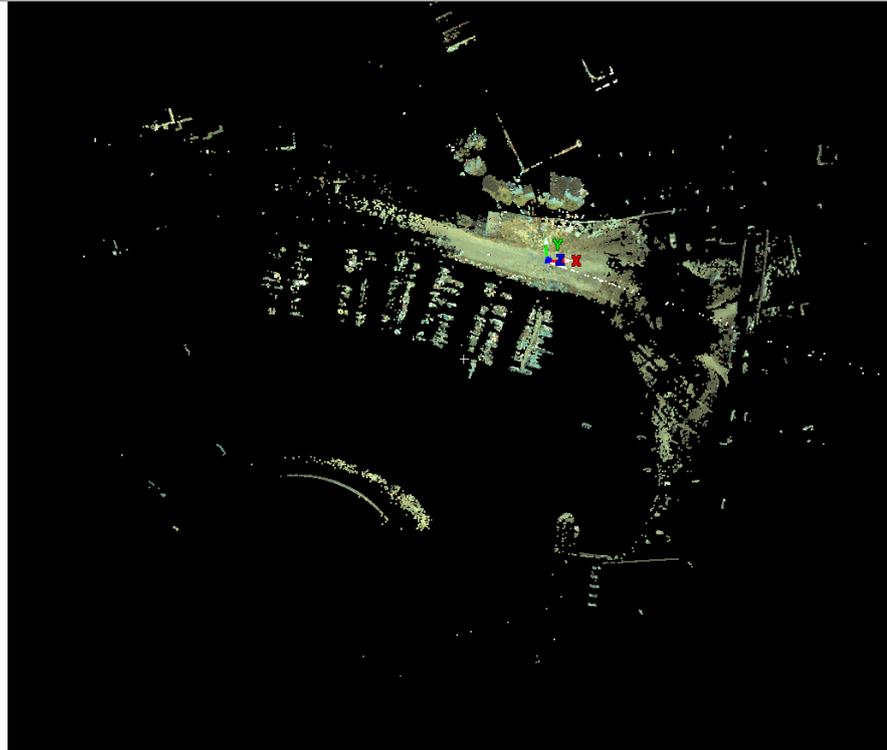
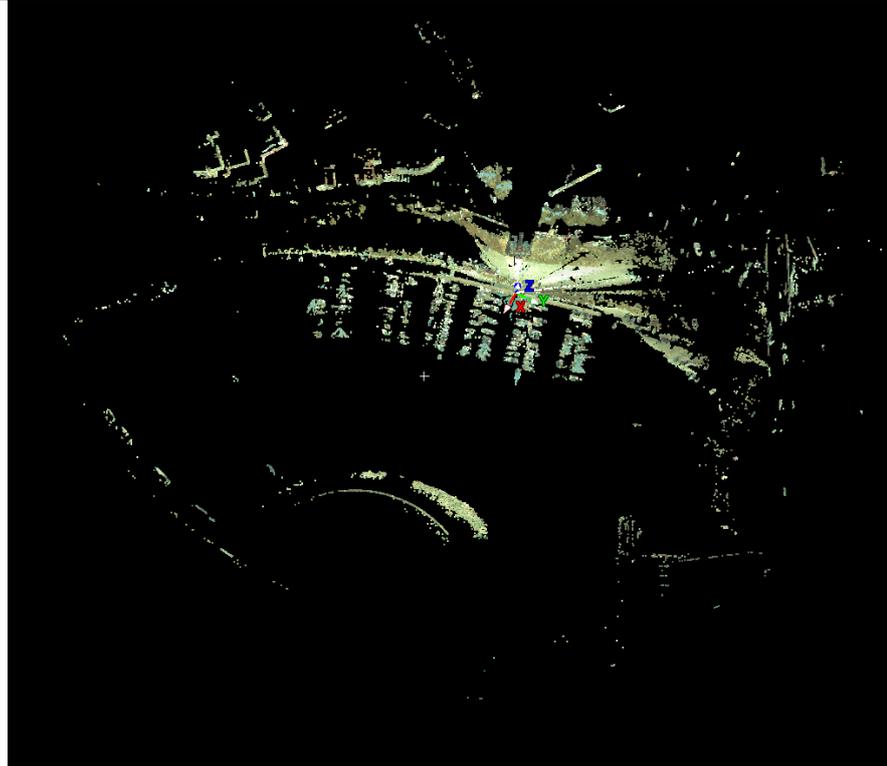
SW-031	5059398	
SW-032	5351421	

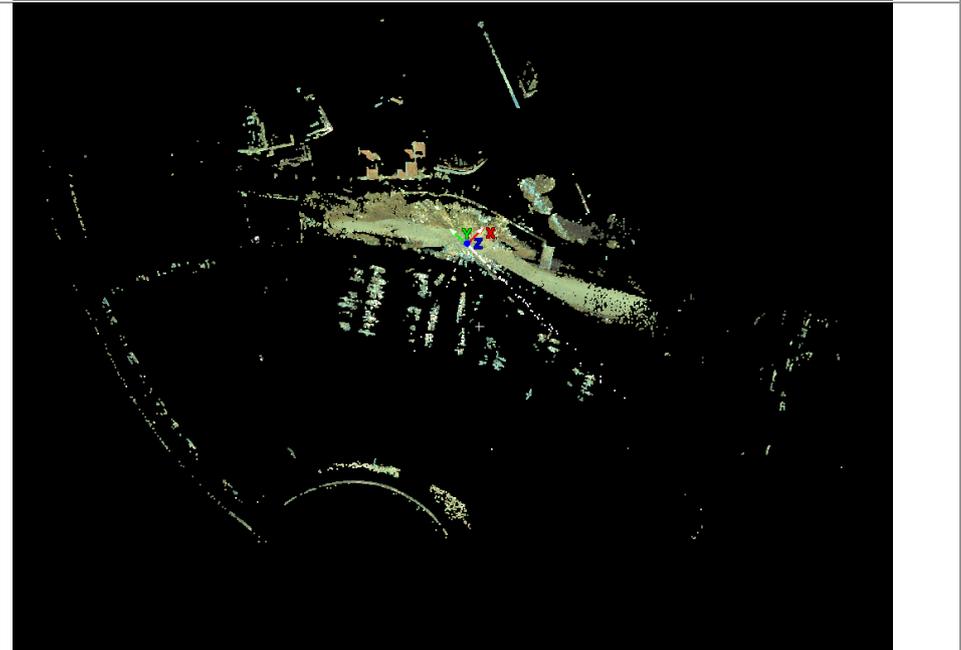
SW-033	5605980	
SW-034	5350357	

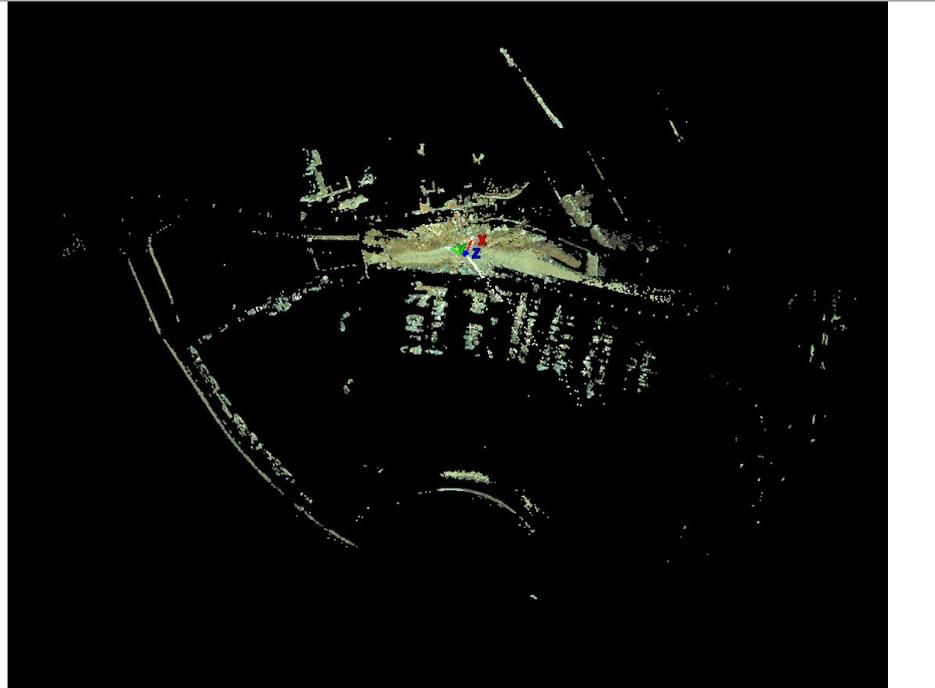
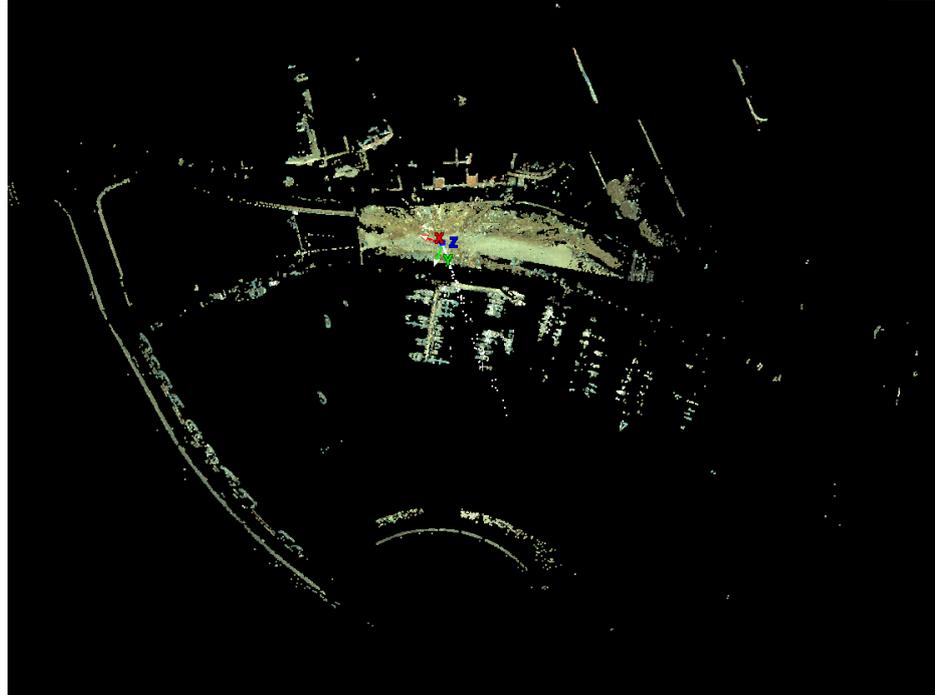
SW-035	5927348	
SW-036	10636245	

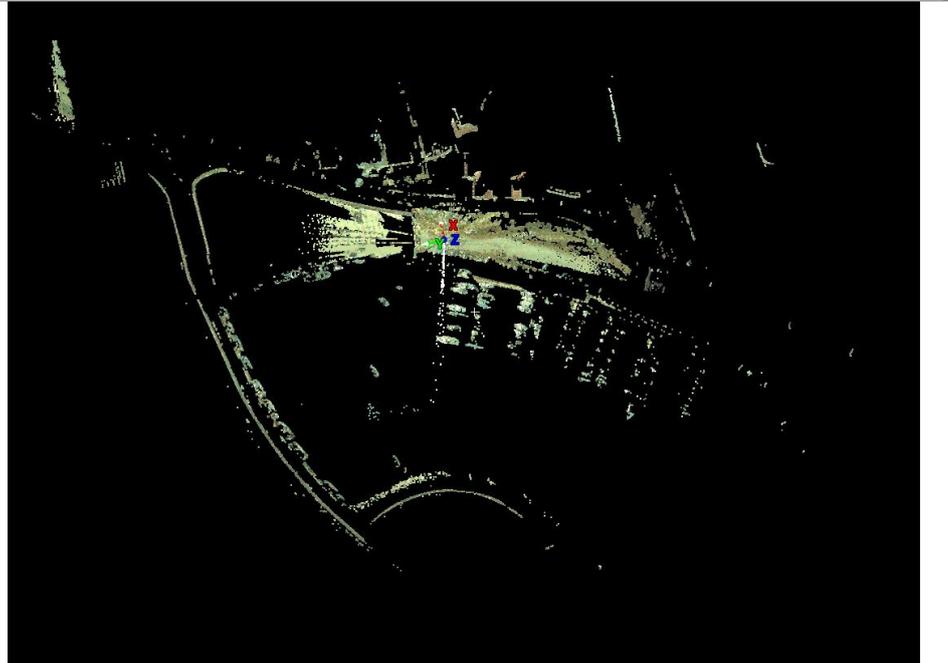
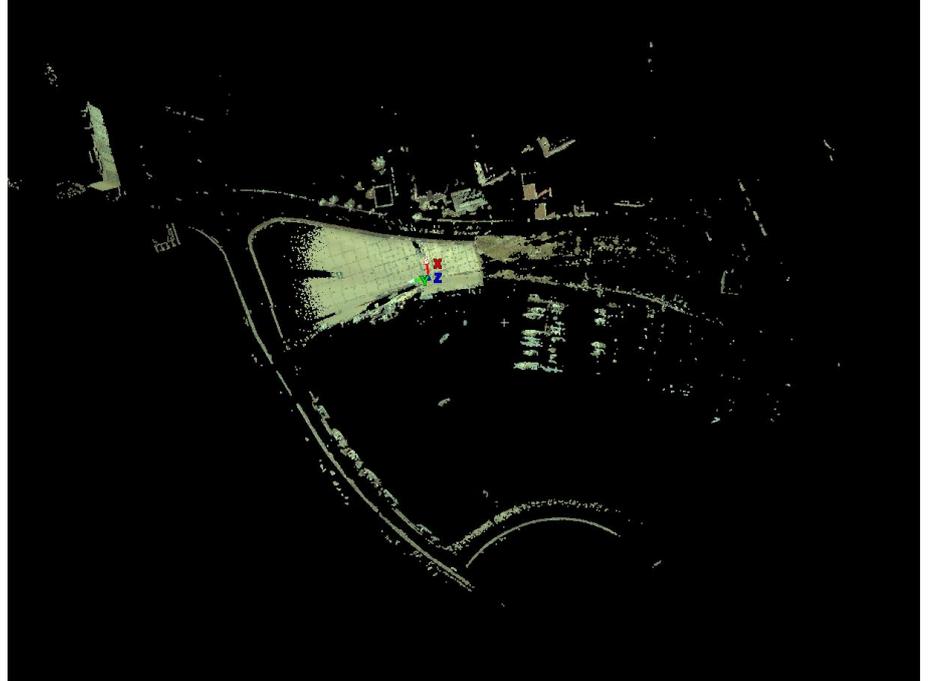
SW-037	4535468	
SW-038	4739233	

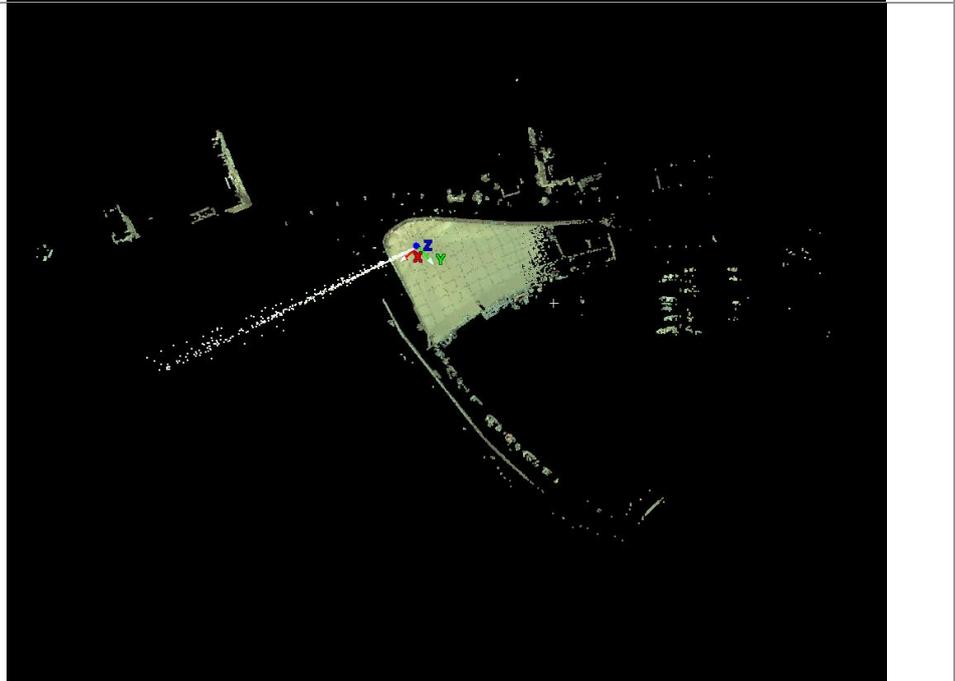
SW-039	10034653	
SW-040	5117305	

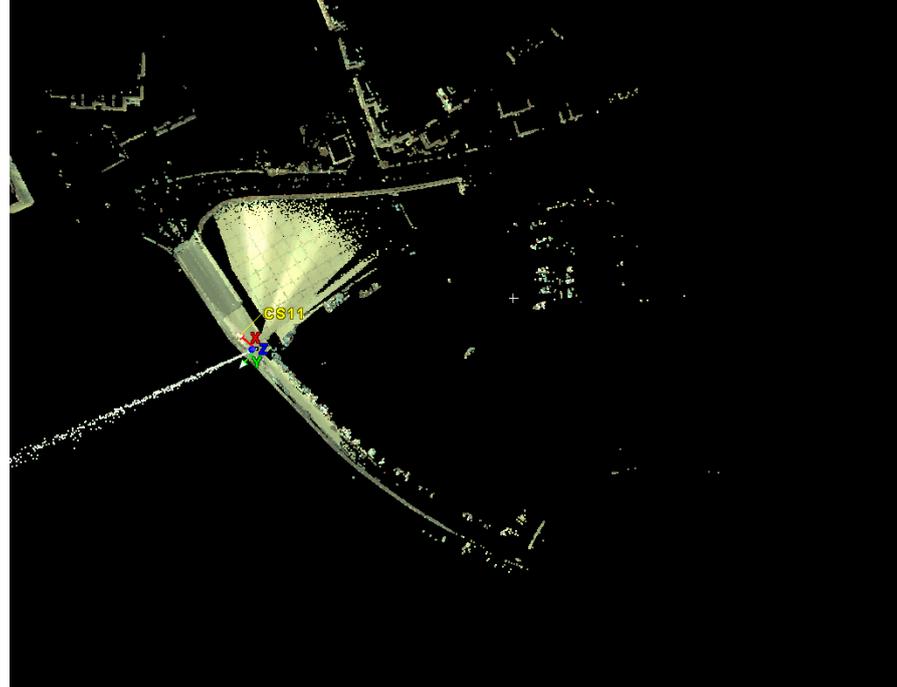
SW-041	5341488	
SW-042	4288832	

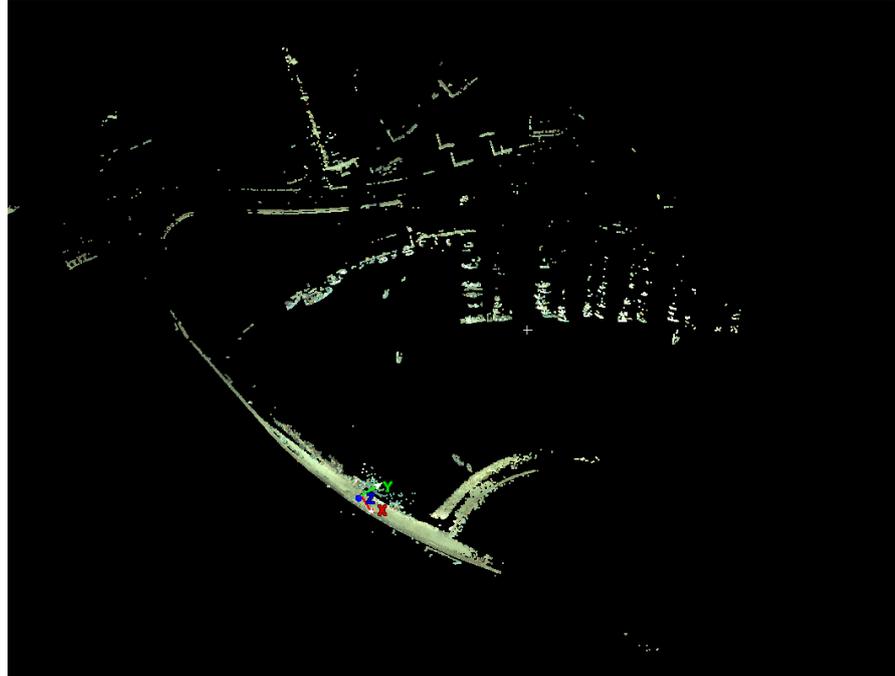
SW-043	5442431	
SW-044	5440617	

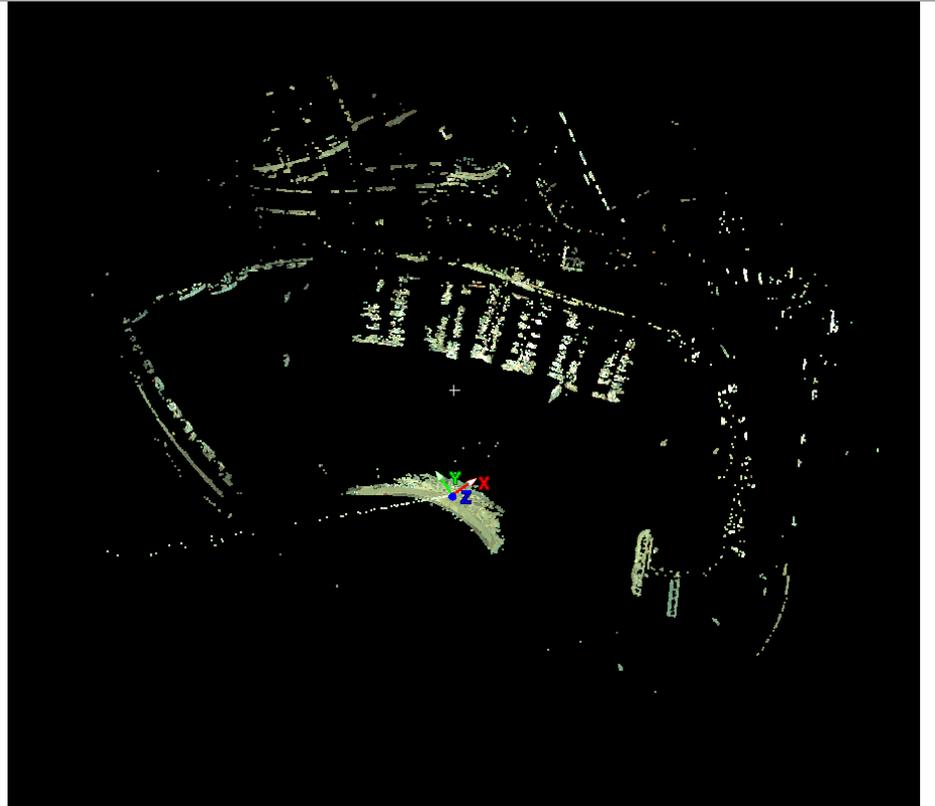
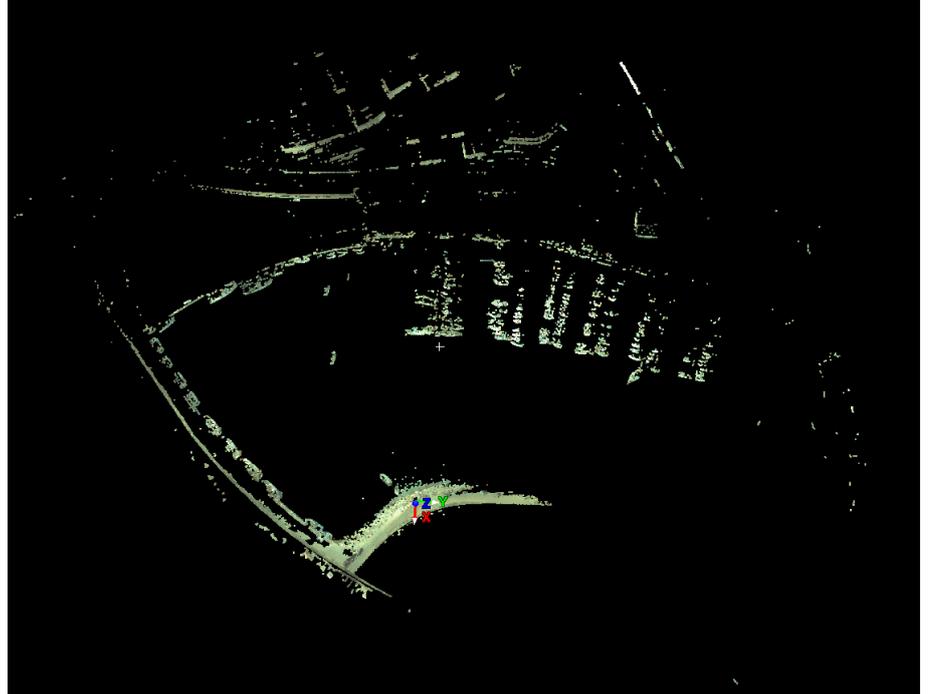
SW-045	12188479	
SW-046	5374717	

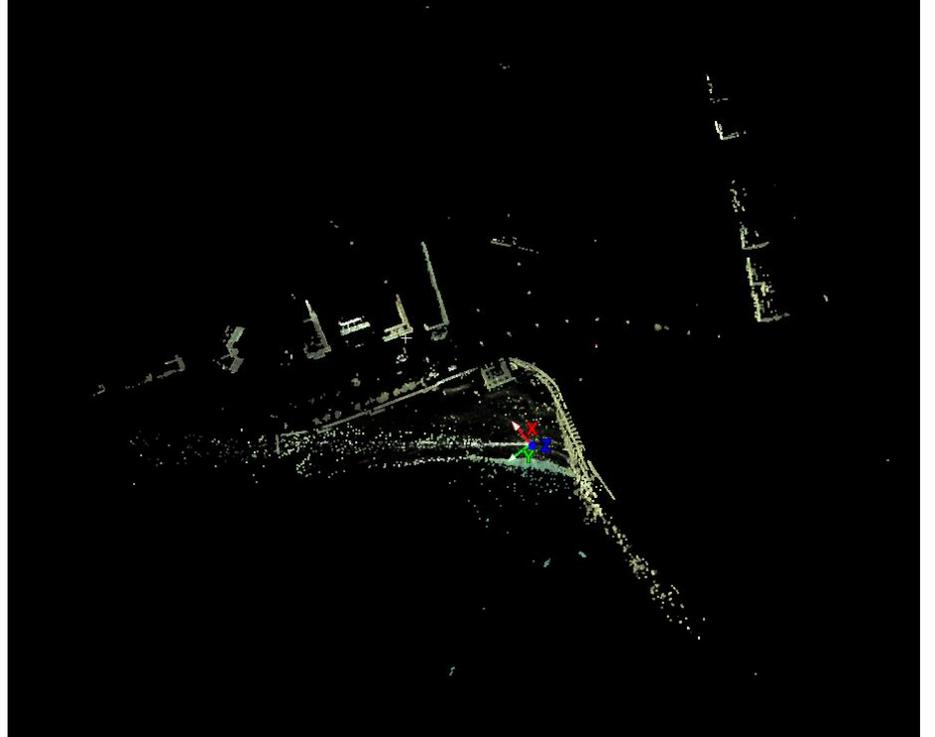
SW-047	5311400	
SW-048	5124299	

SW-049	5461387	
SW-050	5461387	

SW-051	5245642	
SW-052	5672179	

SW-053	6264541	
SW-054	5065060	

SW-055	4080805	
SW-056	3892821	

SW-057	5308953	
SW-058	4759991	
Totale	330.226.328	

3.3 PUBBLICAZIONE DATI WEB

Attraverso un processo di trasformazione dei dati che consente di accedere al database metrico per mezzo del browser web Internet Explorer ed un plug-in gratuito "Leica TruView", è possibile navigare e visualizzare il modello in modalità sferica (dal punto di vista dello strumento) avvicinandosi alle superfici per aumentare la definizione e cliccando i punti della nuvola per effettuare misurazioni della geometria. Il passaggio da una nuvola all'altra è consentito tramite hotspot all'interno della navigazione (rappresentativi dei punti di stazionamento dello scanner) o per mezzo di planimetrie riportanti i punti di stazione dello strumento sui quali selezionare il punto di visione della nuvola di punti.

La semplicità di utilizzo del software TruView permette a chiunque di poter utilizzare la nuvola di punti ottenuta dal sistema laser scanner.

4 Rilievi aerofotogrammetrici e topografici attraverso l'utilizzo di sistemi SAPR

La fotogrammetria è una tecnica che consente di determinare metricamente la forma, la dimensione e la posizione di un oggetto avendo come dati di partenza almeno due distinte riprese fotografiche o fotogrammi che dovrebbero risultare essere delle proiezioni centrali dell'oggetto stesso. Per ottenere il modello tridimensionale dell'oggetto di interesse, scopo dell'elaborazione fotogrammetrica, sono stati effettuati i seguenti passaggi:

- presa strategica della zona interessata;
- rilievo dei punti di appoggio;
- orientamento interno e esterno;
- restituzione tridimensionale.

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Drone DJI Matrice 200	Telaio, costruito con parti di titanio e magnesio ha una rigidità aumentata con un peso di 3.500 g. L'autonomia di volo è di circa 40 minuti grazie alla batteria da 7750 mAh., grazie ad una serie supplementare di sensori ad alta risoluzione posizionati nella parte posteriore e anteriore e a sistemi di rilevamento ad infrarossi posti su entrambi i lati, può autonomamente evitare gli ostacoli e contemporaneamente scattare le immagini più complesse I modelli della serie DJI Matrice 210 sono il prodotto ideale per effettuare ispezioni di linee elettriche, turbine eoliche, ponti e per le operazioni di salvataggio, oltre ad altri molteplici utilizzi,	
Fotocamera panoramica Zenmuse X5S 20.8 MP	La fotocamera DJI ZENMUSE X5S ha risoluzione massima video: 5280 x 2972 Pixel, Risoluzioni video: 1920 x 1080, 3840 x 2160, 4096 x 2160 Pixel, Formati immagini supportati: DNG, JPG. Bilanciamento del bianco: Auto, Nuvoloso, Incandescente, Sunny, Angolo di campo visivo: 72°. Intervallo di inclinazione della sospensione cardanica: -130 - 40°.	

4.2 DATI PROGETTO E MISSIONE DI VOLO

- **Nome Camera** DJI FC6520
- **Lunghezza Focale** 15.0 mm
- **Risoluzione** 5280 x 3956

- **Punti 3D per immagine:** 34922
- **Immagini Orientate:** 1244
- **BA Errore Quadratico Medio:** 1.67167 px
- **BA Varianza di Riferimento:** 0.972085 px

Modello Fotocamera	Skew	Focali	Centro\nOttico	Distorsione\nRadiale	Distorsione\nTangenziale
DJI FC6520	0.00000	X: 4492.77344 Y: 4492.77344	X: 2626.24854 Y: 2035.12354	K1: -0.00837 K2: 0.00068 K3: 0.00835	P1: 0.00210 P2: -0.00041

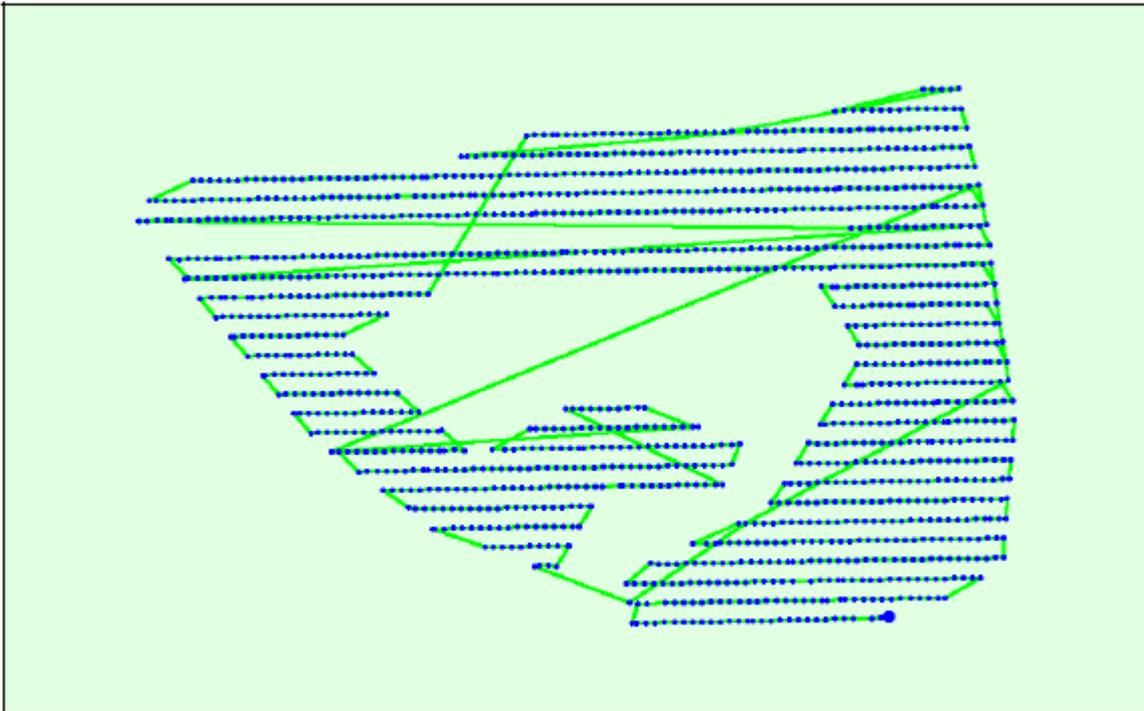


Figura 3 vista dall'alto della missione di volo, e delle relative fotografie scattate. Il punto identifica la destinazione di arrivo.

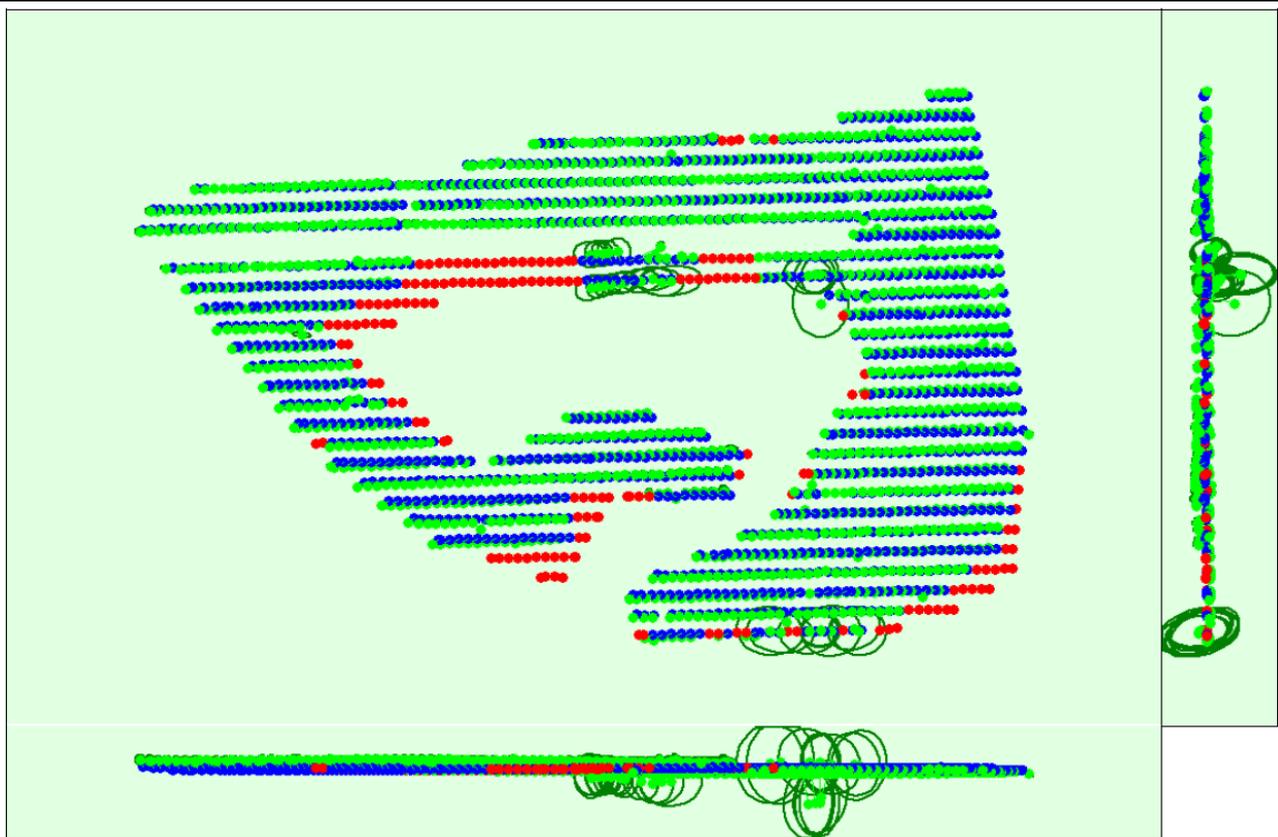


Figura 4 Offset tra posizioni iniziali (punti blu) e calcolate (punti verdi) dell'immagine nonché l'offset tra le posizioni iniziali dei GCP punti di controllo (croci blu) e le loro posizioni calcolate (croci verdi). Ai lati (piano XY), vista frontale (piano XZ) e vista laterale (piano YZ). I punti rossi indicano le immagini disabilitate o non calibrate. Le ellissi verde scuro indicano l'incertezza della posizione assoluta del risultato della regolazione del blocco del fascio.

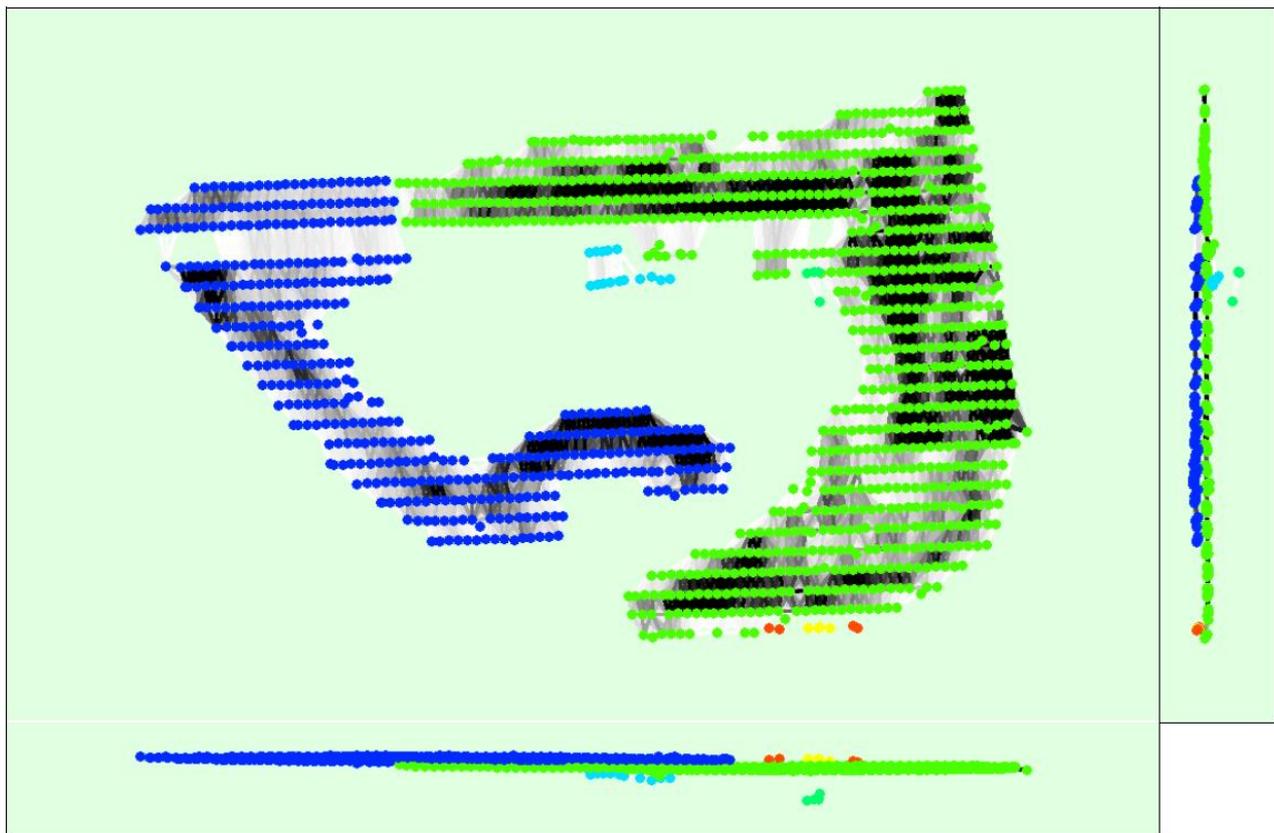


Figura 5 : Posizione delle immagine calcolate e relativi abbinamenti. I colori scuri indicano collegamenti un maggior numero di punti chiave 2D abbinati tra le immagini. I colori chiari indicano collegamenti deboli

Numero delle associazioni



4.3 INFORMAZIONI SULLA RICOSTRUZIONE 3D

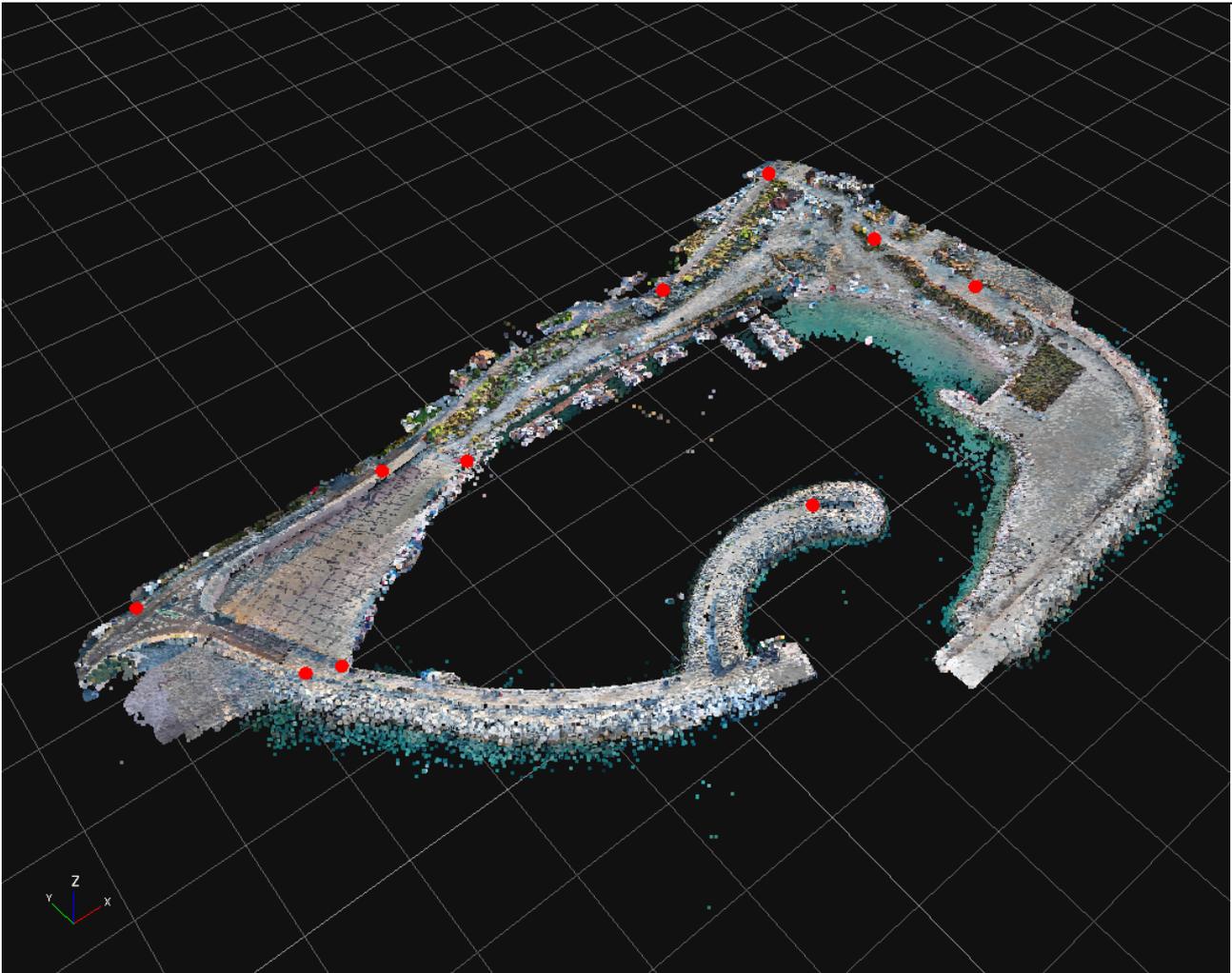


Figura 6 Modello nuvola di punti rototraslato sui caposaldi (punti rossi) materializzati con strumentazione GPS.

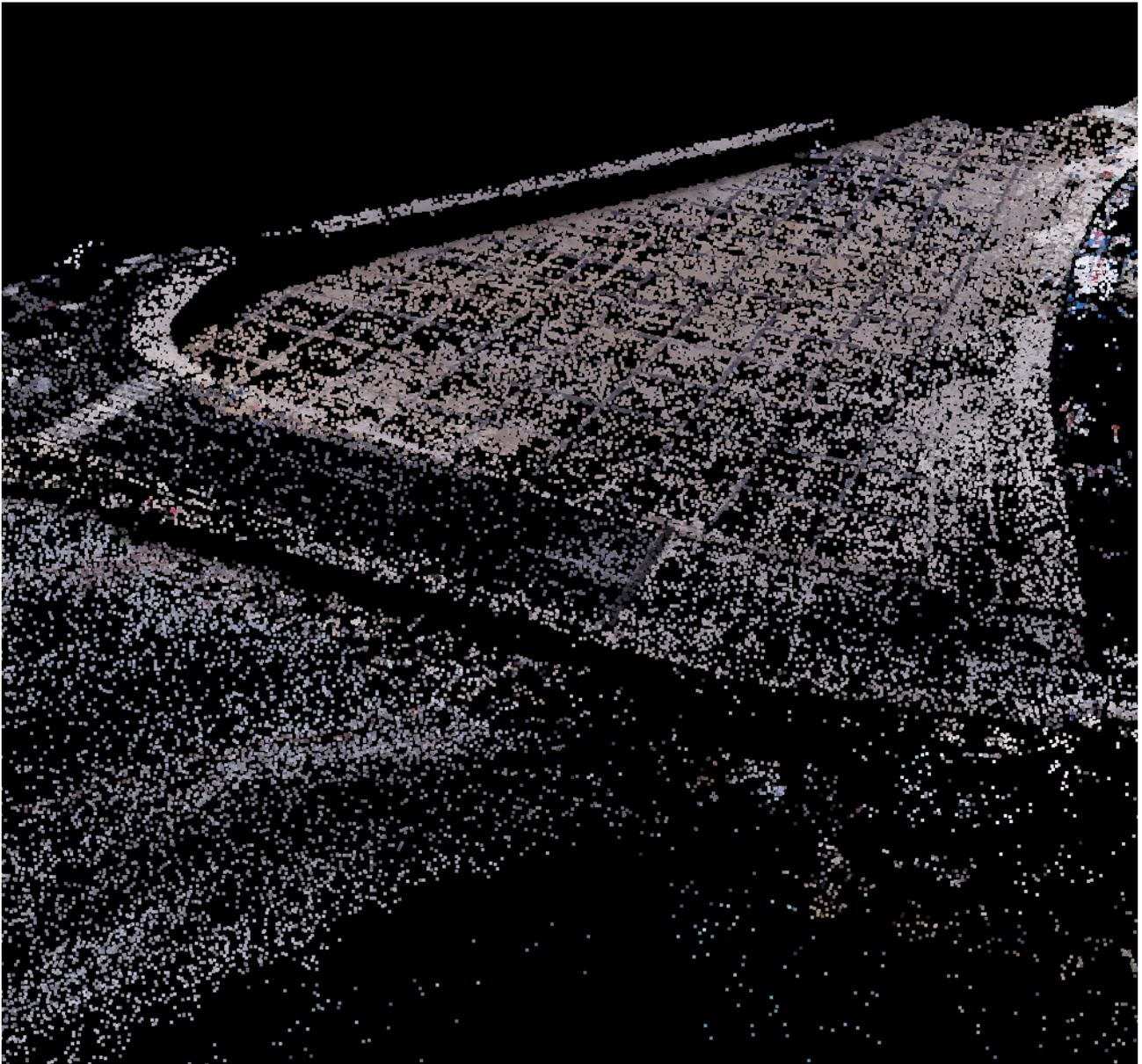


Figura 7 Particolare della nuvola di punti sparsa. Numero di punti totali: 178.275.027, densità media (per m3) 8.556,01

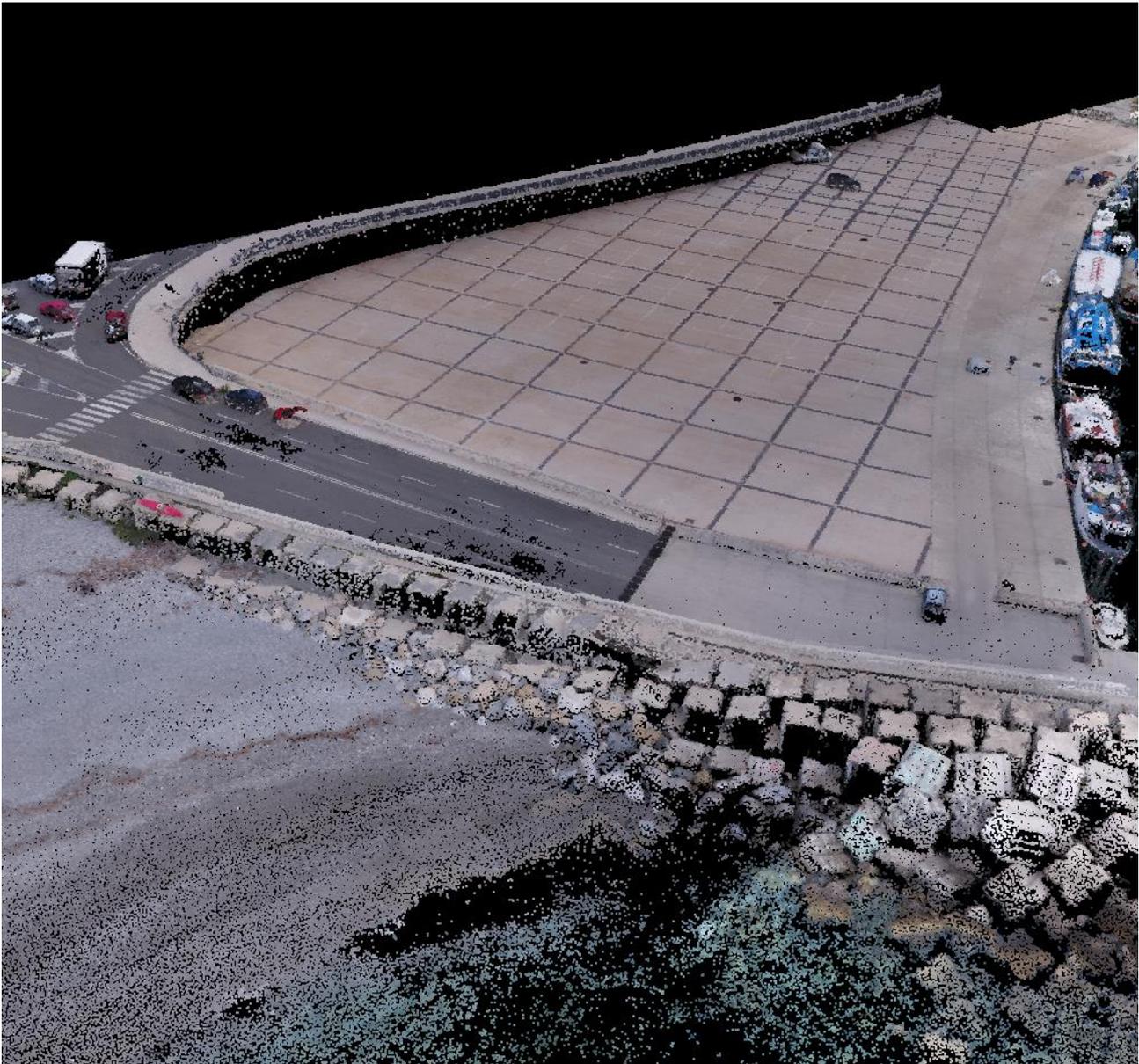


Figura 8 Particolare della nuvola di punti densa:

Punti: 10000000,

Poligoni: 19962321,

Area: 73224.4 ^2

Volume: 457834 ^3

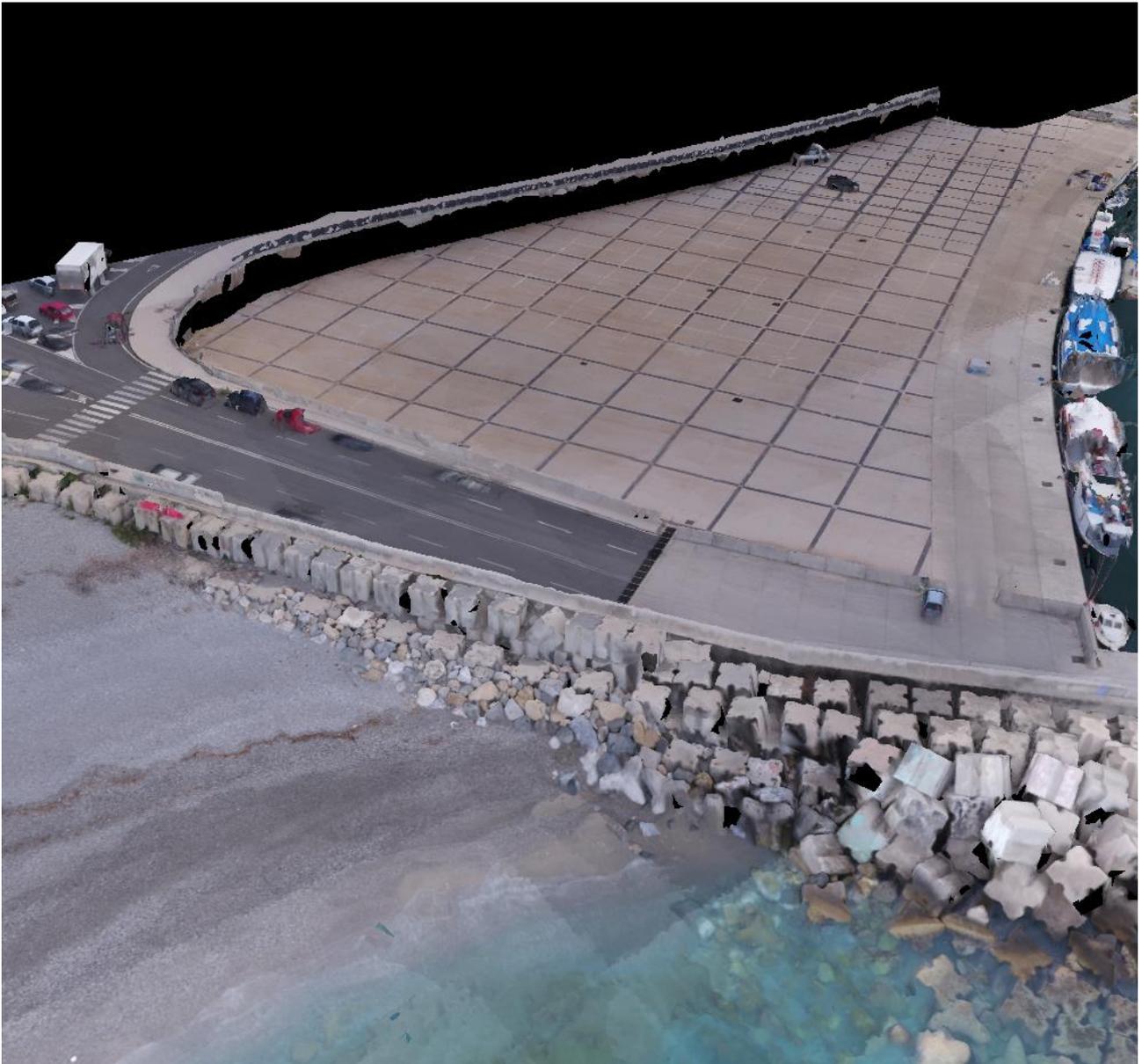


Figura 9 Particolare della mesh di precisione texturizzata.

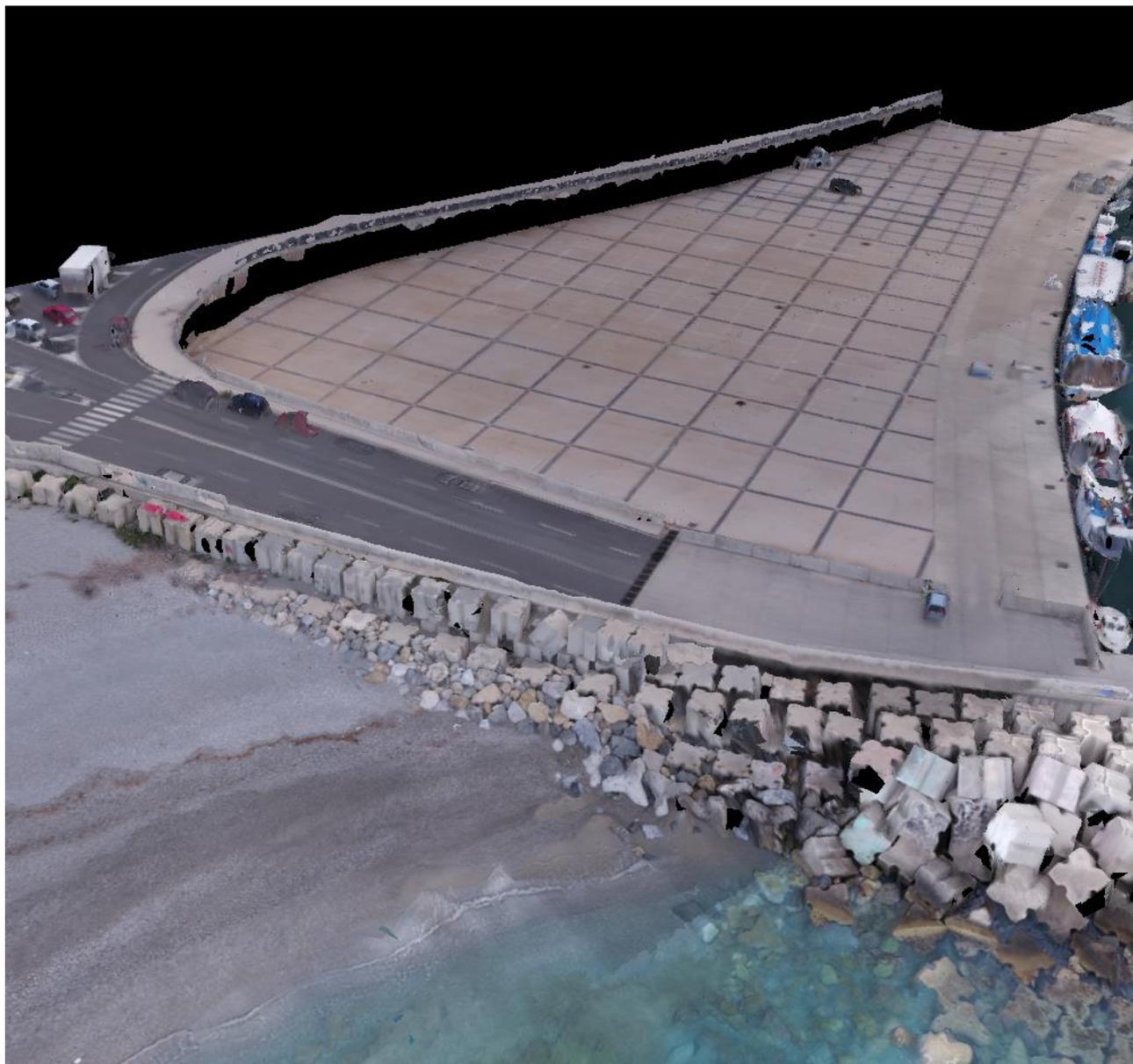


Figura 10 Mesh 3D texturizzata, Dimensione Texture: 8192

5 Elaborati

Ciascun rilievo effettuato ha prodotto nuvole di punti che descrivono solo parzialmente la zona inquadrata, perché il raggio laser emesso e le fotografie scattate incidono sulla stessa da una particolare angolazione. Le superfici non colpite resteranno nascoste, creando cosiddette zone d'ombra, anche nell'acquisizione digitale.

E' stato quindi necessario effettuare un numero di scansioni tale da eliminare o limitare al minimo le zone d'ombra. L'unione del modello elaborato dai rilievi Laser Scanner e il modello generato con strumentazione SAPR ("Droni") ha permesso di avere un risultato più preciso e di creare un modello tridimensionale completo che descrive con elevato grado di accuratezza la geometria del rilevato in tutti i suoi elementi.

Successivamente la registrazione si è proceduto quindi all'elaborazione degli elaborati tecnici utili per la redazione del progetto.

5.1 ORTOFOTO

I rilievi fotogrammetrici hanno consentito l'elaborazione di un ortofoto di dettaglio, con definizione pari a 1cm/pixel, geometricamente corretta e georeferenziata la quale consente una adeguata valutazione di distanze, confini, aree di interesse, nonché il calcolo dei volumi e delle pendenze.

5.2 PIANO QUOTATO E CURVE DI ELEVAZIONE

L'immagine solida tridimensionale prodotta ha permesso di ottenere informazioni sulla posizione tridimensionale di punti da una sola immagine, senza l'ausilio di sistemi di visione stereoscopica. A differenza di un'immagine digitale RGB, ad ogni pixel dell'immagine solida è associato un valore di distanza ed un valore di riflettività.

Tale prodotto è un risultato dell'integrazione tra tecniche fotogrammetriche e tecniche LIDAR.

Avendo infatti a disposizione un'immagine orientata nello spazio ed un DDSM (dense digital surface model) dell'oggetto, è stato possibile associare ad ogni pixel dell'immagine orientata il valore di distanza tra centro di presa della camera e punto oggetto ed il relativo valore di riflettività.

Avendo a disposizione i parametri di orientamento dell'immagine è quindi stato possibile ricavare analiticamente le coordinate oggetto di ogni punto selezionato sull'immagine, e quindi la planimetria sulla quale vengono riportati i punti caratteristici del terreno rilevati planoaltimetricamente, nonché le curve di elevazione con equidistanza pari a 0,50 cm.

5.3 SEZIONI E PROFILI

Le n. 18 sezioni topografiche rilevate sono state effettuate in corrispondenza di tutti i punti significativi come banchine, rampe, spiazzi, molo e sottoflutto con il fine di identificare l'andamento altimetrico, le diverse geometrie degli oggetti rilevati e tutto ciò utile per avere una frequenza adeguata per le finalità della progettazione. Le sezioni topografiche sono state realizzate a partire dalle nuvole di punti e mesh prodotte. Nel caso di "zone d'ombra" o inaccessibili (es. parti aggettanti sul mare, muri di recinzione inaccessibili e piani scoscesi), ci si è basati su verificando e/o integrando le misure tramite misure dirette (stadia, palina) per la ricostruzione degli elementi scarsamente visibili.