

Confronto tra i metodi tradizionali di raccolta dei dati per i profili trasversali delle strade forestali e i metodi moderni basati sulle tecnologie LIDAR

Bogdan POPOVICI¹ Olivier BOURIAUD¹

1. Stefan cel Mare Forestale Università di Suceava,

Via Universitatii nr.13 Suceava

axxbogdan@yahoo.com, obouriaud@usm.ro

1. Introduzione

L'accessibilità è una delle condizioni fondamentali per una gestione forestale sostenibile ed efficiente (Alexandru, 2000).

La gestione delle foreste e delle risorse naturali è una delle principali preoccupazioni nel contesto della conservazione dell'ambiente e della garanzia della sostenibilità di tali risorse. A questo proposito, le strade forestali occupano un posto centrale nelle strategie per la corretta gestione delle foreste e di altre risorse naturali. Sono la principale infrastruttura che facilita l'accesso, la sorveglianza, lo sfruttamento e la conservazione delle foreste. Uno dei principali vantaggi delle strade forestali è l'accessibilità che offrono nella foresta.

Il trasporto è un ramo particolarmente importante del processo produttivo, che è caratterizzato dall'attività umana, nelle condizioni di divisione del lavoro, per il movimento nello spazio di materie prime, strumenti, merci e persone (Corlațeanu, 1964). Accessibilità e trasporti sono aspetti fondamentali nella gestione delle foreste e delle altre risorse naturali. Le strade forestali forniscono un accesso sicuro ed efficiente all'interno della foresta, facilitando varie attività come il disboscamento, la gestione della selvaggina, la raccolta di altre risorse naturali o la conduzione di ricerche sul campo e il monitoraggio. Consentono lo spostamento rapido e semplice di personale e attrezzature in varie aree della foresta, contribuendo a ottimizzare la logistica e l'efficienza delle operazioni.

Delle vie di trasporto forestali permanenti, la più grande estensione è rappresentata dalle strade forestali, che forniscono oltre il 90% del volume totale dei trasporti forestali in Romania (Alexandru, 2000). Le strade forestali offrono opportunità per il trasporto di legname e altri prodotti forestali verso i siti di lavorazione. Ciò facilita lo spostamento efficiente delle risorse e la riduzione dei costi di trasporto, con un impatto positivo sull'economia locale e regionale. Inoltre, un facile accesso

attraverso le strade forestali consente lo sviluppo di attività ricreative e turistiche nella foresta, generando entrate aggiuntive e promuovendo lo sviluppo sostenibile delle comunità locali.

Il trasporto forestale appartiene alla categoria dei trasporti di interesse industriale e serve, in particolare, i settori del ramo economico forestale, vale a dire: il settore forestale della cultura e della cura degli stand, il settore forestale e il settore dell'industrializzazione del legno e di altri prodotti (Corlațeanu,1964).La movimentazione delle merci forestali viene solitamente effettuata in base alle condizioni di soccorso delle foreste, in due fasi, vale a dire (Corlațeanu,1964):

- trasporto a breve distanza, seguito da
- trasporti a lunga percorrenza.

L'accessibilità e il trasporto fornito dalle strade forestali sono fondamentali per la gestione delle foreste e di altre risorse naturali. Facilitano lo sfruttamento sostenibile delle risorse, lo sviluppo economico delle comunità locali, gli interventi di emergenza e l'accesso ai servizi essenziali.

La sorveglianza e il monitoraggio sono aspetti critici nella gestione delle foreste e di altre risorse naturali e le strade forestali svolgono un ruolo vitale in queste attività. Attraverso queste strade, il personale responsabile può facilmente accedere a varie aree della foresta per controllare le condizioni degli alberi, identificare le infestazioni di parassiti, rilevare focolai di incendio e monitorare i cambiamenti negli ecosistemi forestali.

Uno dei principali vantaggi della strada forestale in termini di sorveglianza e monitoraggio è la facile accessibilità a diversi tipi di habitat e aree forestali. Le strade facilitano la raccolta di dati e informazioni sul campo, nonché lo svolgimento di studi e ricerche.

Attraverso le strade forestali, è possibile effettuare inventari periodici e valutazioni delle risorse forestali, tra cui il conteggio degli alberi, la misurazione del loro diametro e altezza, la stima del volume di legno disponibile e l'identificazione delle specie vegetali e animali presenti nella foresta. Questi dati sono essenziali per valutare la salute e la produttività della foresta, nonché per pianificare una corretta gestione delle risorse. Inoltre, attraverso le strade forestali, si può seguire l'evoluzione della diversità biologica e i cambiamenti degli ecosistemi forestali nel tempo.

Anche la sorveglianza e il monitoraggio tramite strade forestali sono essenziali nella gestione degli incendi boschivi. Monitorando attivamente le aree attraversate dalle strade forestali, è possibile rilevare e agire rapidamente in caso di focolai di incendio, riducendo così al minimo i danni e la diffusione degli incendi.

1.2.Potenziale dei moderni metodi di raccolta dati sulla progettazione delle strade forestali

In silvicoltura, il sistema LIDAR è l'unico in grado di raccogliere dati penetrando le piccole lacune esistenti nella chioma forestale. Quando si effettuano osservazioni nella fitta vegetazione, queste inversioni di ritorno dell'impulso possono essere utilizzate per descrivere e determinare la vegetazione (Jordan, 2014). La scansione con sistemi LIDAR aerei viene eseguita da un aereo, un elicottero o un UAV. Il sistema si basa su due elementi, un sistema di scansione laser e coppia GNSS/IMU; il vantaggio di questo sistema è che può essere utilizzato sia di giorno che di notte (Jordan, 2014).

Se la stazione totale e lo strumento GPS richiedono spostamenti e un'analisi molto più approfondita delle aree di studio al fine di poter pianificare l'area necessaria per realizzare progetti infrastrutturali forestali, la nuova tecnologia LIDAR presenta un vantaggio sostanziale. Con l'ausilio del LIDAR (Light Detection and Ranging) si ottiene con precisione la topografia del terreno, la struttura della vegetazione e degli edifici. Lidar utilizza tre sistemi distinti:

- scansione laser (determinazione delle distanze dall'oggetto misurato);
- sistema di posizionamento globale (GPS);
- sistema di unità di misura inerziale (IMU);

Il sistema IMU aiuta a registrare l'orientamento durante la raccolta dei dati di volo. La misurazione si basa sulla registrazione del tempo di andata e ritorno percorso dal raggio laser dal ricevitore a terra. Il sistema LiDAR crea una nuvola di punti per gli oggetti a terra. Mentre l'assemblaggio di questi modelli richiede software specializzato, il processo è relativamente veloce e genera mappe di alta qualità con file di piccole dimensioni. La tecnologia dei velivoli senza pilota (UAV) dotati di sensore LIDAR è in continua evoluzione, il che significa che questi velivoli nel più breve tempo possibile saranno in grado di raccogliere dati sul campo in condizioni molto più difficili e con elevata precisione.

1.3. Scopo e obiettivi del lavoro

Lo scopo di questo documento è analizzare i dati risultanti dalle misurazioni con strumenti che utilizzano la tecnologia LIDAR e quelli che utilizzano metodi tradizionali al fine di stimare l'accuratezza dei metodi basati sulla tecnologia LIDAR. A tal fine, le misurazioni sono state effettuate nella stessa area con strumenti diversi: stazione totale, scanner a terra, drone dotato di sensore LIDAR e drone dotato di fotocamera fotogrammetrica. La prima misurazione è stata eseguita con un drone utilizzando il sensore LIDAR 200, la seconda misurazione è stata eseguita con lo scanner di terra Leica C10 e la stazione robotica totale Trimble S5 è stata utilizzata per analizzare le misurazioni tradizionali.

Materiali e Metodi

2.1. Sito sul campo dell'area di studio

L'area di studio si trova a Brasov nella parte meridionale del distretto di Răcădău ed è l'area vicino al fiume Răcădău - la diga di protezione e il punto turistico "La Iepure".

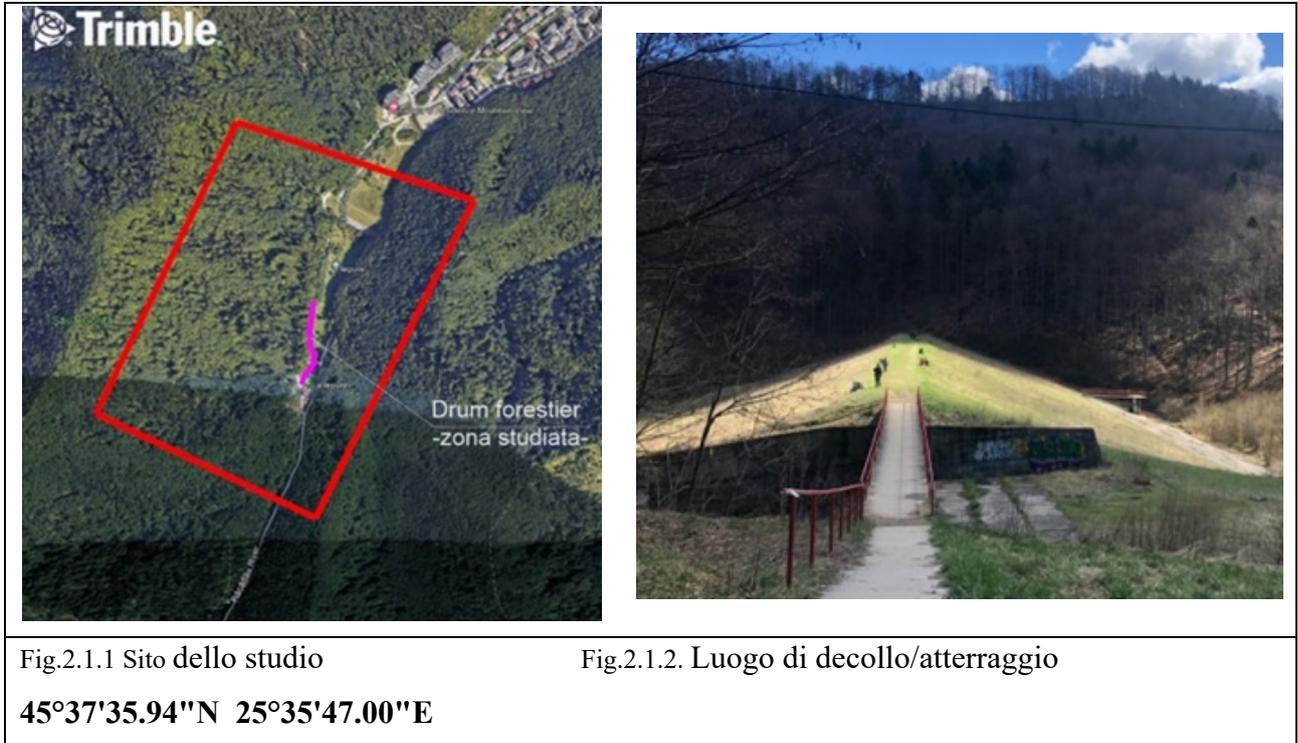


Fig.2.1.1 Sito dello studio

Fig.2.1.2. Luogo di decollo/atterraggio

45°37'35.94"N 25°35'47.00"E

L'area di studio presentata è un'area boschiva che si sviluppa su entrambi i lati della strada forestale studiata. La superficie misurata con il drone è di 92 ha e comprende i due pendii sviluppati su entrambi i lati della strada. Il sito di atterraggio e decollo è lo stesso e si trova sulla sommità della diga di terra. L'area boschiva è costituita da alberi decidui e resinosi, in modo che al momento della ripresa delle immagini nell'area, la vegetazione fosse a riposo.

2.2 Raccolta dei dati risultati dalle

2.2.1 Per la raccolta dei dati dei droni

Il processo di lavoro per la raccolta dei dati con il drone utilizzando la fotocamera per fotogrammetria è identico a quello del drone con il sistema LIDAR. Per un esempio più accurato, verranno presentati tutti i passaggi per il drone con la fotocamera fotogrammetrica. Il drone utilizzato da WingtraOne, è un velivolo ad ala fissa. L'autonomia di volo è di 55 minuti, e per la procedura di decollo e atterraggio, il drone effettua un passaggio dal piano verticale al piano orizzontale (per il decollo) in modo che lo spazio minimo richiesto sia di soli 2× 2 m. La fotocamera ha una risoluzione dell'immagine di 7952 x 5304 con un obiettivo da 35 mm. Il piano

di volo è stato realizzato con Wingtrapilot e tutti gli elementi di sicurezza sono stati presi in considerazione per un volo in depressione e il terreno (pendenze) ha una pendenza molto elevata (il dislivello dal punto di decollo al punto più alto delle pendenze è di circa 400 m).



Fig.2.2.1.1 Drone WingtraOne Fig.2.2.1.2Tablet con piano di volo



Fig.2.2.1.3 DRONE DJI Array 350



Fig.2.2.1.4 Sensore Lidar 200

Le condizioni meteorologiche prima e durante il periodo di volo sono state analizzate al momento del volo. Durante il volo, il monitoraggio del vento è stato eseguito con un anemometro e il valore più alto è stato al punto di decollo 3.2m/s e in volo 3.8m/s a determinati intervalli di tempo. WingtraOne gestisce il vento in modo diverso rispetto alla maggior parte dei droni grazie al suo esclusivo design VTOL.

Il volo è stato eseguito nel sistema PPK, questo significa che tutti i dati grezzi sono nel sistema WGS e devono essere elaborati e portati nel sistema stereografico 1970. Per questo abbiamo bisogno delle coordinate WGS del punto e dell'intervallo di tempo per il periodo di volo (l'intervallo sarà più lungo almeno 30 minuti prima e 30 minuti dopo la fine del volo). Per questo progetto, la stazione virtuale è stata determinata con l'aiuto del [servizio vrsnow.eu](http://servizio.vrsnow.eu), ottenendo i necessari rinex di geotagging.

2.2.2. Raccolta dati Ground Scanner

Nella prima fase, il percorso è stato analizzato e i punti di stazione sono stati contrassegnati sull'allineamento dello studio e sono stati determinati due punti di coordinate noti nel sistema stereografico del 1970 per collegare le misurazioni al sistema di riferimento. Le lunghezze delle stazioni erano condizionate dalla vegetazione perimetrale lungo la strada, che rendeva variabili i livelli tra le stazioni. Il tempo di raccolta dei dati per ciascuna stazione è stato impostato su 1,43 minuti per la nuvola di punti e 5 minuti per l'acquisizione di immagini HDR. Dopo aver completato l'intera sezione di studio, i dati sono stati elaborati in ufficio e analizzati insieme ai dati raccolti dal drone.



Fig.2.2.2.1 Scanner C10 in stazione di scansione su allineamento drm



Fig.2.2.2.2 Scanner C10 in stazione di scansione e rover GPS Trimble R8s stazionato sul punto n.2

2.2.3. Raccolta dati con stazione totale

I dati raccolti con la stazione totale hanno seguito l'intero percorso in analisi. Tutti i dati sono stati misurati con il metodo di attraversamento della gomma utilizzando tre stazioni e il tempo richiesto per l'intera misurazione è stato di circa tre ore. In questa misura, a causa della distanza e del numero ridotto di stazioni, non c'era bisogno di compensare l'attraversamento. L'attraversamento è supportato alle estremità su punti di coordinate noti.



Fig.2.2.3.1 Stazione totale robotizzata Trimble S5



Fig.2.2.3.2 Prism 360 - con controller TCU 3-

Processar ta' data

Per l'analisi dei risultati, sono stati creati tre modelli 3D (TIN) utilizzando la triangolazione. Ogni modello è stato generato utilizzando i punti topografici risultanti dalla trasformazione della nuvola di punti da punti CAD in punti topografici. Ogni modello ha la sua peculiarità:

- Il modello LIDAR è stato classificato in modo che la mancanza di vegetazione e arredo urbano renda il modello 3D un elemento con dati completi per entrambe le piste.
- Il modello realizzato dopo la scansione terrestre e le misurazioni tradizionali con la stazione totale ha un'area di studio molto più piccola e comprende solo il manto stradale e le aree circostanti che non sono state coperte di vegetazione.

I modelli 3D sono realizzati nello stesso sistema di riferimento stereografico del 1970. L'analisi dei risultati è stata effettuata utilizzando i profili trasversali disposti a 10,00m di distanza lungo tutto l'allineamento del percorso studiato. Il numero totale di profili è 18. I profili sono disposti su tutti i modelli nello stesso punto e hanno la stessa larghezza. La larghezza dei profili è di 8,00m e 4,00m si sviluppa bilateralmente dall'asse stradale. Quando si analizzano i risultati con LIDAR, si è tenuto conto del fatto che la determinazione delle quote (z) su qualsiasi superficie è influenzata da errori.

Gli errori nella raccolta dei dati con LIDAR sono:

- Errori sistematici - sono errori generati da INS (sistema di navigazione inerziale)

- Errori casuali – sono generati dal rumore delle misurazioni.

Secondo la letteratura e tutti gli articoli di presentazione

- Schede tecniche
- Raccomandazioni per l'uso di droni dotati di sensore LIDAR

. L'elaborazione dei dati fotogrammetrici, le osservazioni del sensore LIDAR di scansione terrestre e le misurazioni tradizionali con la stazione totale sono state effettuate dopo una sequenza di fasi ben analizzate e organizzate dall'inizio della ricerca.

2.3.1.Elaborazione dei dati raccolti con il drone

L'elaborazione dei dati è simile per entrambi i metodi, l'unica differenza è legata al tipo di software utilizzato per generare la nuvola di punti. Per elaborare i dati con il sensore LIDAR sono stati utilizzati i programmi 3Dsurvey e Lidar 360. Entrambi i programmi sono dedicati a lavori di fotogrammetria. Il geotagging dei dati fotogrammetrici è stato eseguito con il programma WingtraHub

2.3.2. Elaborazione dei dati raccolti con lo scanner Leica C10

Dopo aver completato le misurazioni e scaricato i dati grezzi dalla macchina, i dati sono stati elaborati con il programma Cyclon REGISTER 360. Il programma consente l'importazione della nuvola di punti raccolta ma anche delle immagini scattate in ogni stazione. Il programma consente di viaggiare dove le stazioni vicine non possono essere "riconosciute" perché mancano molti punti in comune (la sovrapposizione è piccola). Dopo aver collegato le stazioni tra loro per tutta la sezione studiata, alla fine verrà generato un report qualitativo e quantitativo. Sulla base di tale report verrà effettuata un'analisi statistica unitamente ai dati ottenuti dal drone con sensore LIDAR e alle misure tradizionali con la stazione totale.

La nuvola di punti esportata avrà un'estensione universale -E57- che può essere importata in tutti i programmi di nuvole di punti. Per un'analisi molto migliore la nuvola di punti è stata filtrata in modo casuale con il programma TBC (Trimble Business Center) e trasformata in punti CAD. Dopo aver completato questi passaggi, sono stati ottenuti punti CAD da misurazioni terrestri e punti CAD da misurazioni con il sensore LIDAR che abbiamo utilizzato per generare il piano 3D della superficie di studio e creare profili trasversali.

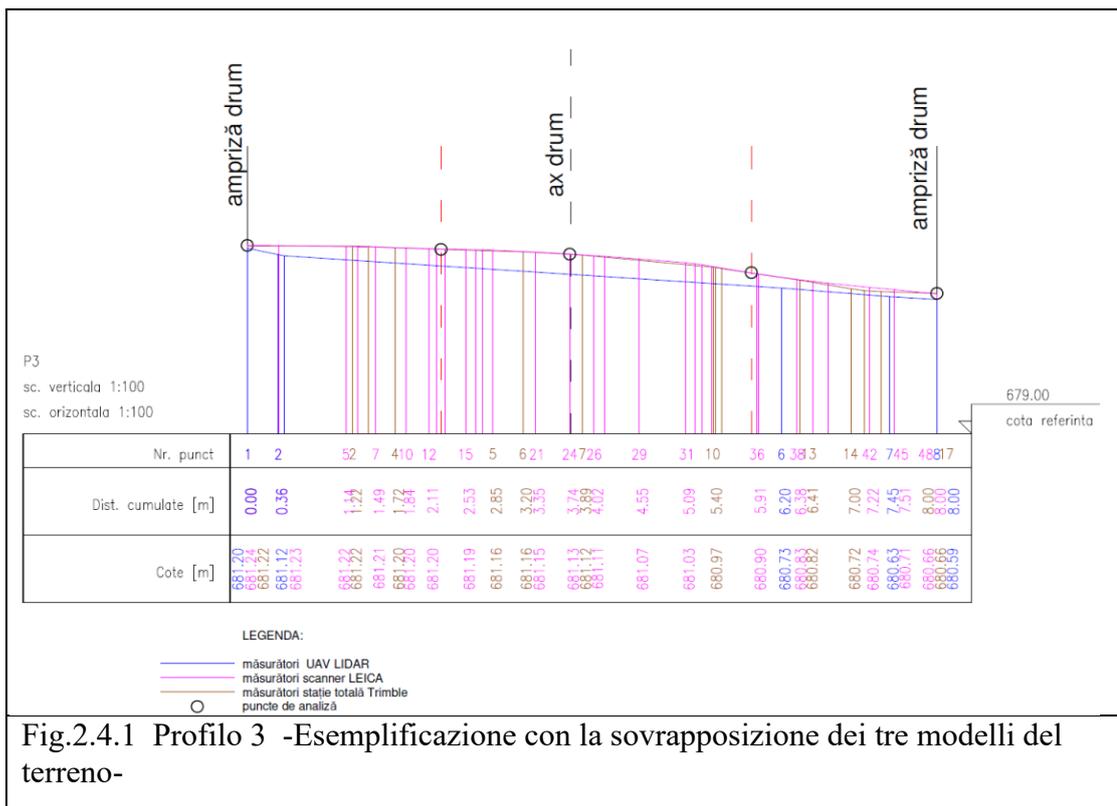
2.3.2. Elaborazione dei dati raccolti con la stazione totale robotizzata Trimble S5

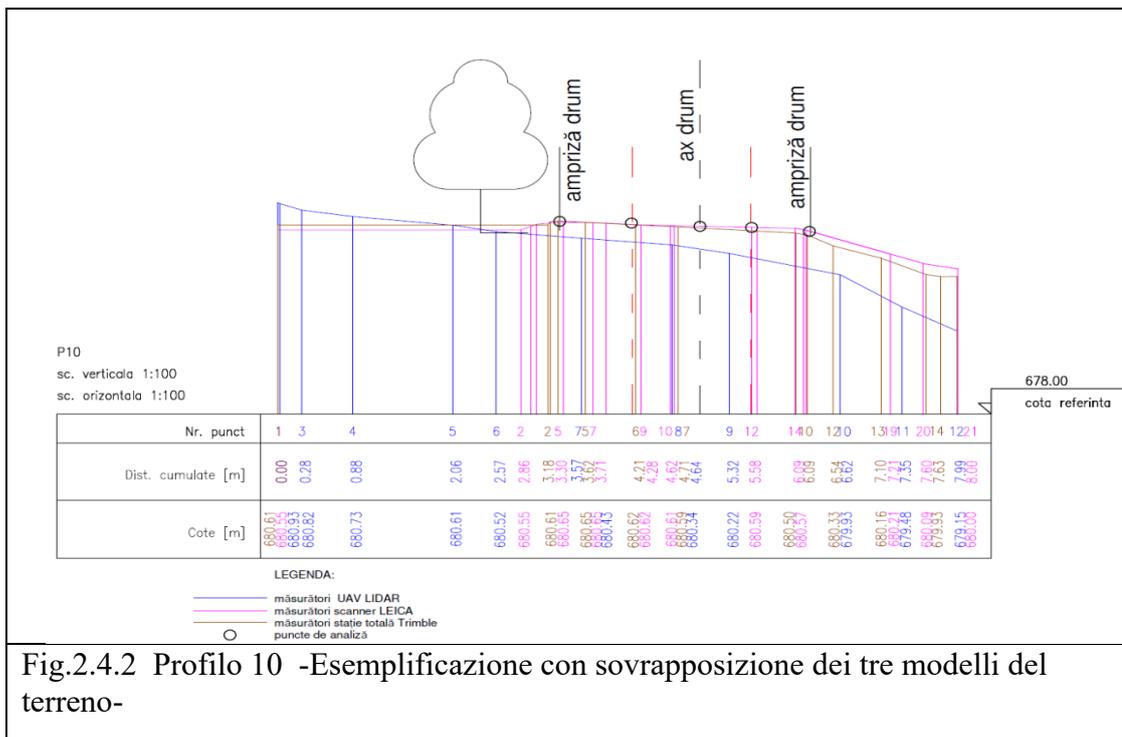
Per le misure con la stazione totale non ci sono state lavorazioni particolari, perché alla data di raccolta dei punti è stato fatto un field book con le osservazioni per ogni punto irradiato. Dopo

aver scaricato i dati e averli sovrapposti sull'ortofotopiano, è stato possibile ottenere il modello 3D e i profili trasversali caratteristici.

2.4. Analisi statistica

Per l'analisi delle differenze tra i risultati delle misurazioni sono stati elaborati 7 profili trasversali applicati al profilo longitudinale dell'asse. Tali profili sono evidenziati anche sul disegno allegato e sono denotati da P3, P5, P10, P12, P14, P16, P18. Per ogni profilo sono stati analizzati cinque punti di controllo (stermini stradali, asse stradale e due punti posti a metà strada tra l'asse e il ciglio stradale). L'interpretazione dei dati altimetrici (Z) a seguito delle misurazioni è stata eseguita utilizzando il modello 3D e i profili trasversali (P3, P10,). I dati analizzati sono stereografici 1970 e altimetrici 1975 del Mar Nero. La quota di riferimento e l'analisi dell'intero set di dati è stata effettuata utilizzando lo strumento GPS utilizzando la tecnologia GNSS. È stato adottato il riferimento per il modello 3D, quello realizzato con la stazione totale perché è il metodo tradizionale ancora utilizzato nelle opere tecniche.





Capitolo 3: Risultati e discussioni

Il risultato finale dei confronti delle quote altimetriche tra le misure tradizionali effettuate con la stazione totale e le altre due misure, UAV con sensore LIDAR e scansione terrestre mediante tecnologia LIDAR, indica che le misure terrestri utilizzando il principio tradizionale delle misure topografiche (attraversamento supportato alle estremità) sono molto più accurate in termini di raccolta di dati planimetrici e altimetrici. Secondo gli studi di Rodríguez-Puerta et al. (2022) una buona accuratezza forestale è fornita dalle aree boschive di conifere rispetto a quelle decidue a causa della forma della chioma. L'errore relativo nella stima dell'altezza degli alberi diminuisce con l'aumentare dell'altezza degli alberi. A seguito dello studio condotto nel 2022, l'errore relativo di determinazione è del 13,6% per gli alberi con un'altezza di 0,50-1,00 m e dell'8,3% per gli alberi con un'altezza di 1,00-1,50 m. Come accennato nel capitolo precedente, la tendenza attuale è quella di utilizzare attrezzature moderne con risultati immediati e rilevanti della situazione sul campo. Differenze dell'ordine di 2-65 cm in meno possono influenzare una soluzione tecnica approvata in modo che su grandi aree i costi non possano essere giustificati al termine dei lavori di esecuzione. Queste differenze si verificano quando si acquisiscono dati tramite drone nell'area stradale in cui è presente vegetazione forestale sovrapposta alla proiezione stradale.

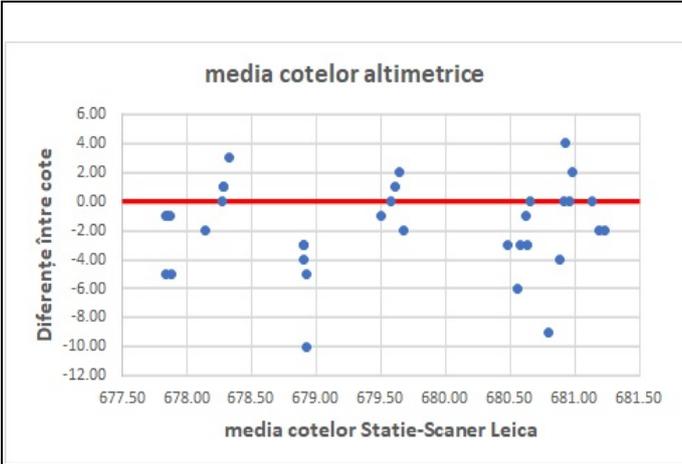


Fig.3.1 Analisi delle medie tra le quote - Stazione Trimble e scanner Leica-

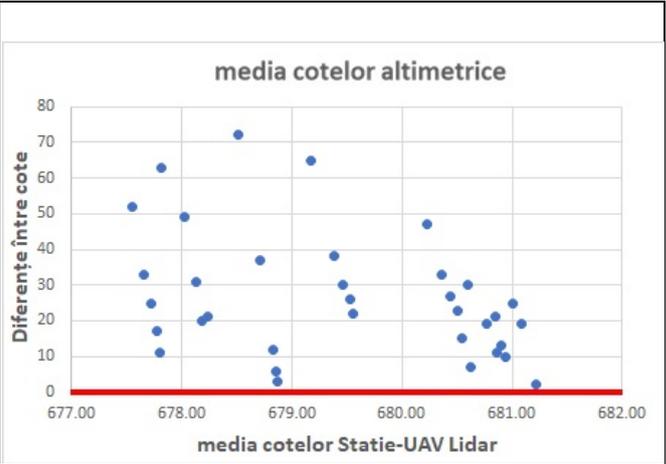


Fig.3.2. Analisi delle medie tra le quote - Stazione Trimble e UAV con sensore Lidar -

Fig. 3.1 si nota che lo scostamento è compreso tra +4cm e -10cm. Tali differenze, come si evince dal grafico, si riscontrano nell'area dell'area stradale, dove la scansione terrestre può essere influenzata dagli elementi presenti all'esterno della piattaforma stradale (vegetazione, materiale stradale in eccesso). Fig. 3.2 si nota che lo scostamento è compreso tra +2cm e +72cm. Le quote risultanti dal DTM utilizzando la nuvola di punti sono inferiori di circa 72 cm rispetto alle altre due misurazioni. Queste deviazioni sono in gran parte generate dalla vegetazione perimetrale (decidua) lungo la strada.

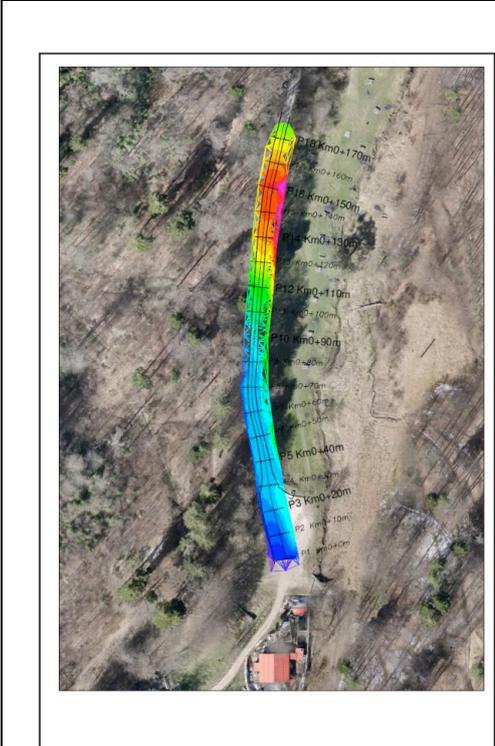


Fig.A

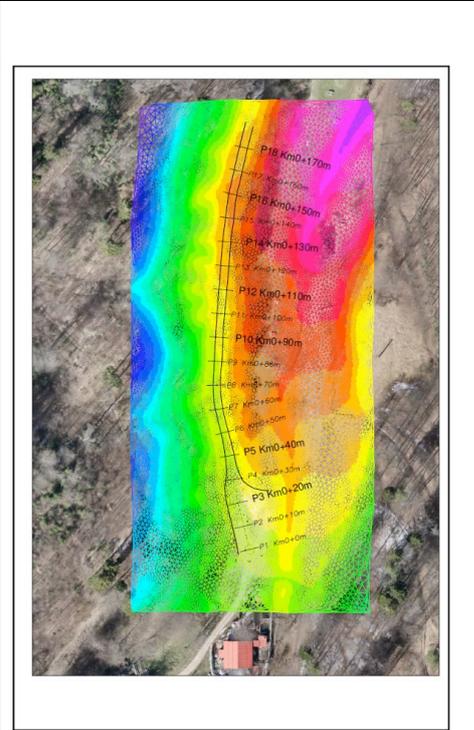


Fig.B

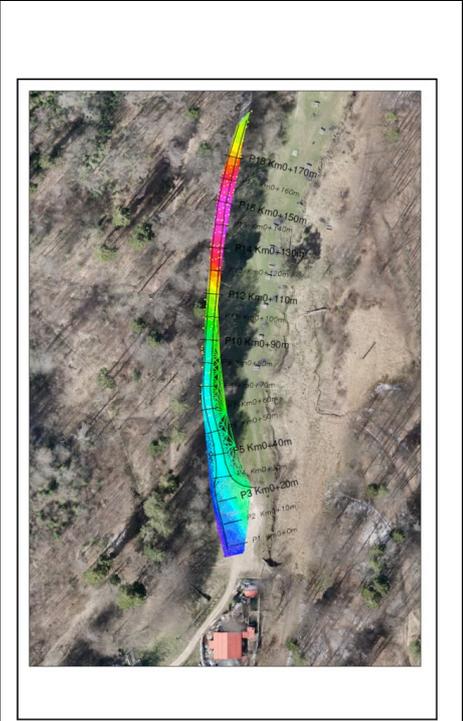


Fig.C

Fig.A	Fig.B	Fig.C
Modello 3D generato dalla nuvola di punti raccolta con lo scanner Leica C10 sovrapposto all'ortofotopiano realizzato con il drone WingtraOne	Modello 3D generato dalla nuvola di punti raccolta con il drone Lidar sovrapposto all'ortofotopiano realizzato con il drone WingtraOne	Modello 3D generato dalla nuvola di punti raccolta con la stazione totale Trimble sovrapposta all'ortofotopiano realizzato con il drone WingtraOne

Capitolo 4: Conclusioni, raccomandazioni e contributi personali

4.1. Conclusioni

Come si può vedere nei grafici di analisi, il metodo per determinare le deformazioni per una strada forestale utilizzando il metodo LIDAR al momento non è una soluzione tecnica strettamente correlata alla parte di progettazione. Questa soluzione con LIDAR montato sull'aeromobile per avere una buona precisione (3-5 cm) può essere utilizzata in questo momento solo ad altezze di 50-60 m.

I dati ottenuti sono influenzati da molti fattori esterni, il che lo rende una soluzione di backup al momento della scelta della soluzione di raccolta dei dati sul campo. La soluzione LIDAR insieme a quella fotogrammetrica è adatta in ambito forestale per la raccolta di informazioni necessarie per la planimetria dei pacchi, la presa di dati inaccessibili e la realizzazione di mappe. Per le soluzioni tecniche, la raccolta dei dati con UAV dotato del sensore LIDAR deve essere completata e verificata con apparecchiature LIDAR terrestri e metodi tradizionali utilizzando la stazione totale e il GPS.

4.2. Raccomandazioni

La scansione terrestre rimane una soluzione praticabile e assolutamente superiore per determinare elevazioni e deformazioni per tutte le infrastrutture forestali.

Anche se l'orario di lavoro è molto più lungo sul campo, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati in ufficio compensa questo.

La nuova generazione di scansione terrestre è dotata del sistema VIS (Visual Inertial System: registrazione in tempo reale delle nuvole di punti) che esegue l'allineamento automatico delle nuvole di punti sul campo, senza la necessità di intervento da parte dell'utente. Fondamentalmente questo sistema utilizza le coordinate 3D degli oggetti scansionati.

Il processo consiste nel raccogliere la nuvola di punti dal punto della stazione insieme alle immagini HDR e quindi con l'aiuto di programmi dedicati, possiamo creare un nuovo libro di

campo per le rispettive misurazioni, utilizzando l'immagine georeferenziata su cui inseriamo i punti dove vogliamo.

Il vantaggio di questo metodo aiuta il progettista ad avere un database di punti solo dove è necessario e un'intensità accettata per realizzare il modello 3D. Se si utilizza questo metodo, non è più necessario classificare la nuvola di punti grezza.

Dobbiamo tenere conto che nell'area forestale ci sono molti elementi (alberi, ceppi, vegetazione secca) che possono rendere difficile il processo di scansione e lavorazione.

A seguito di questo studio per la produttività tecnica ed economica più vantaggiosa, consiglio le misure con la stazione totale e la scansione terrestre.

4.3. Contributi personali

Dall'analisi delle tre misurazioni con il drone UAV, lo scanner di terra Leica C10 e le misurazioni tradizionali con la stazione totale si può affermare che le differenze - la soluzione UAV LIDAR - risultanti dai calcoli possono influenzare una soluzione di progettazione tecnica e riabilitazione per qualsiasi obiettivo di infrastruttura forestale.

BIBLIOGRAFIE:**Libri e opere d'autore negli editori**

1. R. Bereziuc, V. Alexandru, V. Ciobanu, GH. Ignea, I. Abrudan, R. Derczeni (2006).
Guida per la progettazione, costruzione e manutenzione di strade forestali.
Editura Universităţii „Transilvania”, Braşov
2. N. Olteanu (2008) *Forest roads* University Publishing House „Transilvania”, Braşov
3. D. Zarojanu (2007) *Forest roads* University Publishing House „Suceava”, Suceava
4. V. M. G. M. Radulescu, Ghe. M.T. Radulescu (2020) *Telerilevamento Parte I. Fondamenti*
Casa Editrice U.T. PRESS Cluj-Napoca 2020
5. S. Corlăţeanu (1964) *Trasporto forestale* Casa editrice didattica e pedagogica
6. N. Olteanu (2003) *Reti viarie forestali*
Editura Universităţii „Transilvania”, Brasov
7. V. Alexandru (2000) *Costruzione e manutenzione di strade forestali* Casa editrice Infomarket
8. J. Polo K. Dimitris (2023) *Nuove sfide nella radiazione solare, modellazione del telerilevamento*
MDPI Ufficio Editoriale
9. W. Jiang, S. Jiang e X. Xiao (2022) *Tecniche e applicazioni di UAV-Based
Fotogrammetrica 3D Mapping* Editorial Office MDPI

Studi e articoli su riviste specializzate

10. G. C. Tiţă, M. V. Marcu, Ghe. Ignea, S. A. Borz
Vicino alla strada forestale: Piccoli sbalzi di temperatura dell'aria e umidità relativa in misto
foreste montuose temperate.
Ricerca sui trasporti Parte D 74 (2019) 82-92
11. J. Visan, M. Niţă, R.A. Derczeni, G. C. Tiţă, M. Fornea, I. A. Apăfăian, S. A. Borz
Valutare l'efficienza della raccolta dei dati attraverso misurazioni GPS in applicazioni per lo
sviluppo e l'aggiornamento di un sistema informativo di gestione della rete di trasporto
forestale.
Forest Magazine Anno 130 Sett-Dic. 2018 n.5-6
12. R.-P. Francisco, G.-G. Esteban, M.-G. Saray. Scansione LiDAR basata su UAV per il
rilevamento di singoli alberi e la misurazione dell'altezza in prove permanenti Young Forest
REMOTE 2022, 14, 170
13. C. Paunescu, D. Iordan Tesi di dottorato - Applicazione delle tecnologie laser allo studio
topografico del bacino idrografico Someş-Tisa - *Facoltà di Geologia e Geofisica 2014*
14. A. Ciubotaru, M.C. Tesi di dottorato Căţeanu Utilizzo della tecnologia LIDAR nella
realizzazione del modello altimetrico digitale dei terreni ricoperti da vegetazione forestale.

