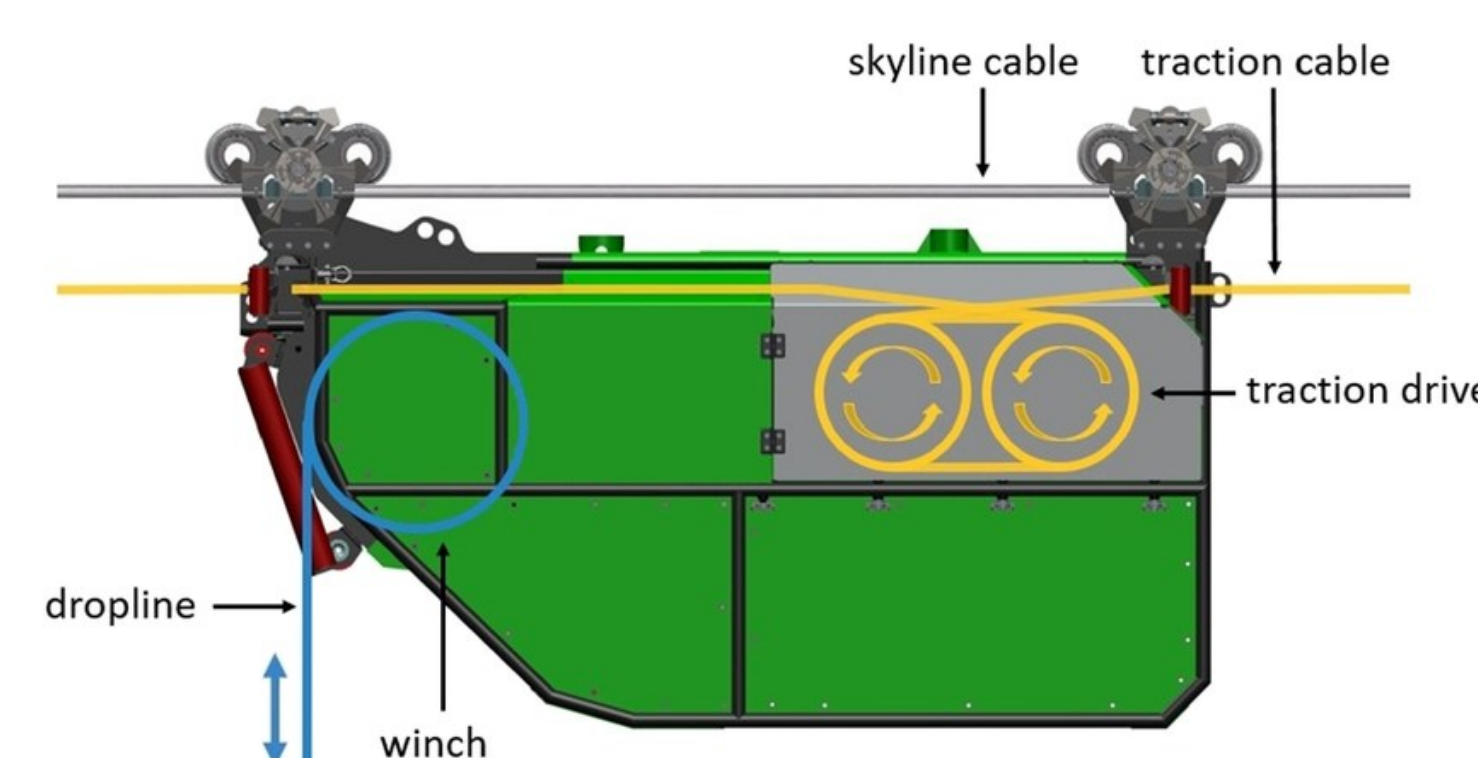


INTRODUZIONE

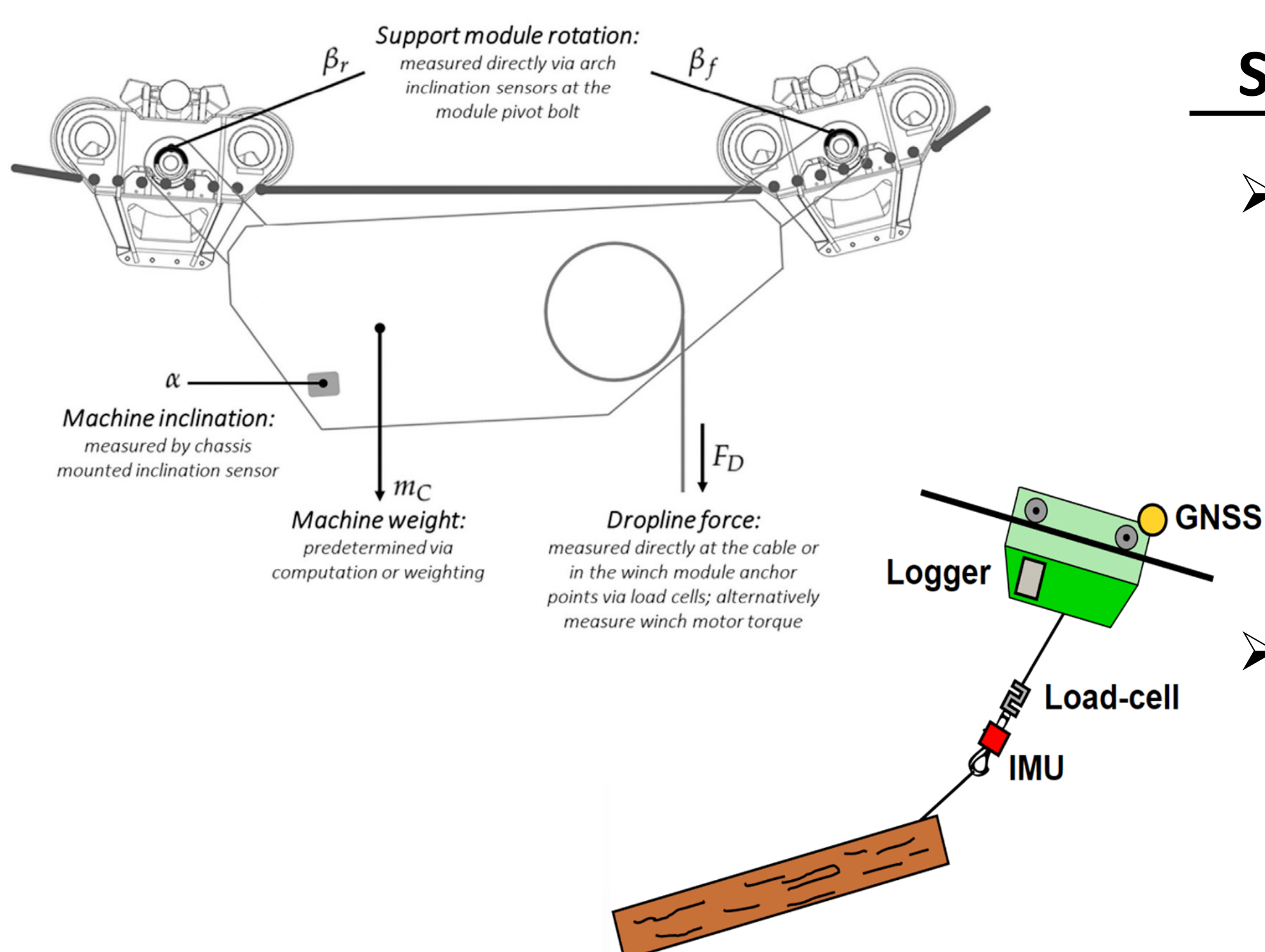
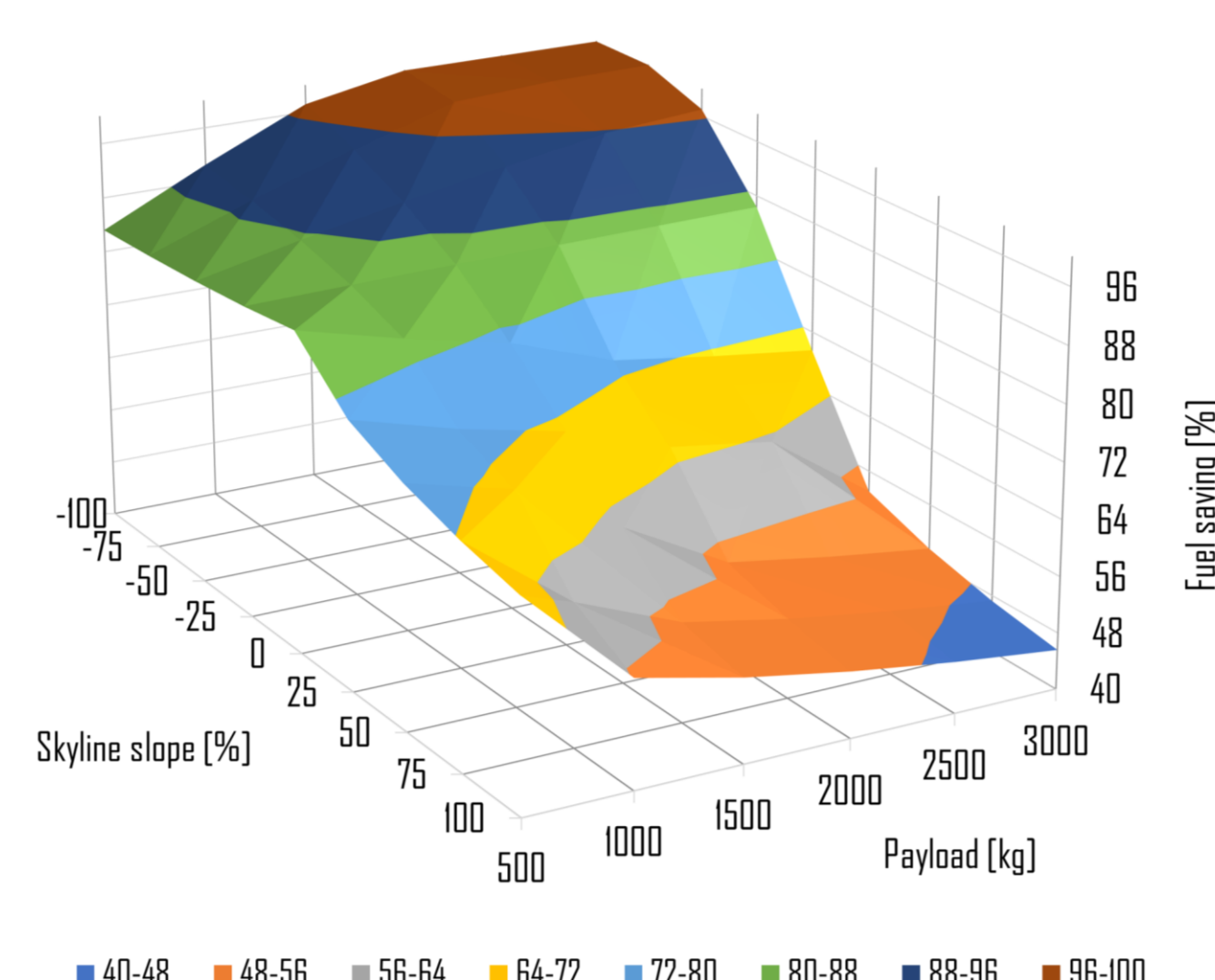
Nell'ambito del progetto PNRR **Agritech Spoke 4, Task 4.1.4**, la Libera Università di Bolzano si è focalizzata sulle operazioni di esbosco in ambiente alpino mediante sistemi a fune, occupandosi dello studio e sviluppo di carrelli forestali elettrici, di soluzioni per il monitoraggio operativo e la sicurezza, e della realizzazione di un sistema di prova in ambiente controllato.

SVILUPPO E ANALISI DI UN CARRELLO FORESTALE ELETTRICO

- **Carrello forestale elettrico HULK.** Progettato e sviluppato dalla startup **Leitalpin Ltd.** (<https://www.leitalpin.com>), è dotato di un sistema di trazione rigenerativo ibrido (motore elettrico + batteria + motore a combustione interna per supporto energetico). Sistema a 2 funi: **portante + traente fissa** (sistema a cabestano integrato per la trazione).
- Sviluppo simulatore (modello **Digital-Twin**) per sistemi ibridi e convenzionali di carrelli forestali, in grado di **stimare il consumo energetico** in base a **diversi scenari operativi**: diversi carichi trasportati, diverse pendenze, diverse modalità di trasporto (esbosco verso monte o verso valle), differenti velocità operative.
- **Validazione sperimentale** del simulatore, mediante prove sul campo con il carrello HULK in contesti operativi differenti.
- **Risultati** mostrano come con una soluzione elettrica si possa ottenere un risparmio medio di carburante di circa 75%, e risparmio minimo di circa 45%. In presenza di una pendenza >20% e di un carico >1400 kg è possibile inoltre un funzionamento energeticamente autonomo (esbosco verso valle, 300m di campata e accumulo laterale di 60m) [1].



Fuel saving with respect to conventional systems: 60m lateral yarding, 300m transport



SVILUPPO SISTEMI SMART PER CARRELLI FORESTALI

- **Misura indiretta della forza nella fune portante** (monitoraggio sicurezza). Il carrello stima in modo non invasivo la forza nella fune portante basandosi sulla misura del **carico trasportato**, degli **angoli di deformazione della fune** sulle pulegge e l'**inclinazione del carrello**. Importante per garantire lo svolgimento delle operazioni in sicurezza, bloccando il carrello o limitando alcune funzionalità nel caso di superamento della forza massima consentita [2].
- Sviluppo algoritmi di **monitoraggio operativo** sistemi forestali a cavo a partire da dati GNSS. Permettono di ottenere una serie di **statistiche sulle tempistiche** nelle varie operazioni che riguardano l'esbosco con linea aerea. **Stima del volume esboscato**, anche in condizioni di carico parzialmente sospeso, tramite misura del peso trasportato e inclinazione cavo di sollevamento.

SVILUPPO SISTEMA FORESTALE A CAVO IN SCALA RIDOTTA

- Sistema in scala per testare e validare in ambiente strutturato i vari algoritmi e metodologie sviluppati.
- **Linea aerea** composta da una colonna fissa (altezza 8m) e da una colonna mobile (altezza 6m) con le quali è possibile considerare campate di diversa lunghezza e pendenze differenti.
- **Carrello smart** a controllo remoto dotato di due argani elettrici per la movimentazione lungo la portante e per il sollevamento del carico. Integra una serie di sensori tra cui, un inclinometro, una cella di carico in una delle pulegge, un encoder ed un misuratore di distanza dal suolo ad ultrasuoni.



[1] S. Leitner and R. Vidoni, 'Performance and Efficiency Study of a Hybrid Self-propelled Cable Logging Carriage – Preliminary Results', in Advances in Italian Mechanism Science, G. Quaglia, G. Boschetti, and G. Carbone, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 171–182. doi: 10.1007/978-3-031-64569-3_21.

[2] S. Leitner, G. Carabin, R. Spinelli, M. Renzi, and R. Vidoni, 'Skyline force estimation and limitation during cable yarding: A novel technical solution for within the carriage', Measurement, vol. 235, p. 114931, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.measurement.2024.114931.