

Docenti e studenti a confronto su:

**LO STUDIO DELL' ARIA  
E DEI FENOMENI ATMOSFERICI**  
**Osservare e sperimentare nella scienza.**

Firenze, 19-20 aprile 2023

**SECONDO CLASSIFICATO**

SEZIONE TESINE TRIENNIO

**LE VALANGHE SI POSSONO PREVEDERE?**

*Studenti*

De Acetis Federico - Finocchi Andrea - Melloni Alessandro - Pistilli Riccardo - Sciarrotta  
Ludovica

Classe 5C

*Istituto di Istruzione Superiore*  
Liceo Scientifico Galileo Galilei  
Pescara

*Docente Coordinatore*

Chella Federico

La scelta è corrispondente al tema proposto. Dopo una introduzione teorica sul pericolo di valanghe, si è passati alla costruzione di una sonda penetrometrica a battage svizzera per la misurazione del profilo di resistenza del manto nevoso. La sonda, prima provata su sabbia, è stata poi portata alla stazione meteorologica di Pietrattina (AQ), dove le misure sono state eseguite sulla neve con l'assistenza di ricercatori dell'Università dell'Aquila. I confronti con una sonda professionale sono risultati decisamente positivi.

## Relazione del docente

È con personale soddisfazione che sottopongo alla valutazione da parte della commissione del convegno il lavoro svolto da cinque fra i miei studenti e studentesse che frequentano la classe quinta di un Liceo Scientifico.

Gli studenti hanno realizzato un progetto decisamente originale sul tema proposto, che ha permesso loro (e a me, che ho avuto il piacere di seguirli!) di vivere un'esperienza di studio in un contesto inusuale, quale è recarsi a quota 1500 m circa, muniti di ciaspole, per studiare un aspetto legato al monitoraggio delle precipitazioni nevose.

Nello specifico, il lavoro è consistito nella realizzazione e valutazione di un prototipo di sonda penetrometrica a battage svizzera per la misurazione del profilo di resistenza del manto nevoso, un parametro, quest'ultimo, utile per la gestione del rischio valanghe. L'idea progettuale ha preso le mosse da un incontro degli studenti con alcuni ricercatori del centro CETEMPS per gli studi sulla meteorologia e carabinieri forestali operanti nel settore della Protezione Civile di L'Aquila, durante l'ultima edizione della Notte Europea dei Ricercatori. In tale occasione, i ragazzi hanno assistito ad una dimostrazione simulata, condotta nella piazza cittadina, dell'utilizzo di sonde penetrometriche professionali per la valutazione del rischio valanghe.

Mossi dalla curiosità verso questo campo di ricerca, gli studenti hanno inizialmente condotto una ricerca bibliografica per reperire informazioni sulle caratteristiche tecniche delle sonde penetrometriche professionali. Successivamente, sulla base delle pubblicazioni trovate, hanno progettato e realizzato il loro prototipo di sonda, combinando sapientemente materiale acquistato nei comuni negozi di ferramenta con componenti prodotti da loro stessi grazie all'utilizzo di stampanti 3D. Dove necessario, come per la perforazione di blocchi di acciaio, hanno chiesto il supporto di fabbri locali.

Il prototipo così realizzato è stato dapprima testato nel laboratorio della scuola su campioni di sabbia marina. Successivamente il prototipo è stato testato sul campo. A tale scopo gli studenti si sono recati a circa 1500 m s.l.m, accompagnati da me e dai ricercatori del CETEMPS incontrati alcuni mesi prima. In tal modo gli studenti hanno preso parte ad una campagna di misure che per tipologia di indagine è unica nell'Appennino. Il test sul campo ha prodotto risultati confrontabili con quelli di una sonda professionale messa a disposizione per l'occasione dai ricercatori, così come con i risultati di altri test qualitativi per la stima della durezza del manto nevoso.

La maggior parte del lavoro è stata compiuta in piena autonomia da parte degli studenti. Il mio contributo è stato di generale supervisione del lavoro e di contatto con i ricercatori del CETEMPS. Questi ultimi hanno dato il loro supporto nel dare spunto per l'idea progettuale e durante la misura sul campo.

La tesina è stata redatta in piena autonomia dagli studenti.

Mi auguro che lavoro presentato possa incontrare l'interesse della commissione.

*ScienzAfirenze*

# *le valanghe si possono prevedere?*

*lo studio dell'aria e dei fenomeni atmosferici*



xx edizione  
scienzAfirenze

## INDICE:

|  |                   |
|--|-------------------|
| <b>INTRODUZIONE</b>                              | <b>P. 2</b>       |
| ❖ obiettivo                                      | p. 2              |
| ❖ motivazioni                                    | p. 3              |
| ❖ conoscenze teoriche di partenza                | p. 3              |
| <b>REALIZZAZIONE SONDA</b>                       | <b>P. 4 - 8</b>   |
| ❖ descrizione                                    | p. 4 - 5          |
| ❖ materiali                                      | p. 6              |
| ❖ realizzazione                                  | p. 7              |
| ❖ imprevisti e adattamenti                       | p. 8              |
| <b>MISURAZIONI SULLA SABBIA</b>                  | <b>P. 9</b>       |
| <b>ESPERIENZA SULLA NEVE</b>                     | <b>P. 10 - 14</b> |
| ❖ fase preliminare                               | p.11              |
| ❖ fase di misurazione                            | p. 12             |
| ❖ fase misurazione con test della mano           | p. 12 - 13        |
| ❖ misurazione con sonda costruita in laboratorio | p. 14             |
| <b>ANALISI DEI DATI</b>                          | <b>P. 15 - 21</b> |
| ❖ discussione dei dati                           | p.18 - 20         |
| ❖ confronto neve/ sabbia                         | p. 20 - 21        |
| <b>CONCLUSIONE</b>                               | <b>P. 22</b>      |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b>                              | <b>P. 23</b>      |
| <b>RINGRAZIAMENTI</b>                            | <b>P. 23</b>      |

# 1 INTRODUZIONE

Fin da bambini siamo sempre stati affascinati dal panorama innevato della nostra regione; crescendo, però, ci siamo resi conto dei possibili pericoli che essa può provocare sull'ambiente circostante.

Per questo motivo, seguendo il tema del concorso di quest'anno, abbiamo cominciato a ragionare sulle conseguenze che gli **agenti atmosferici** possono generare, in particolar modo quelli legati al manto nevoso.

Pertanto, ci siamo messi in contatto con due ricercatori di **L'Aquila** per poter analizzare meglio le metodologie e gli strumenti utilizzati per monitorare il rischio valanghe nel nostro Paese. A seguito di questo incontro, condiviso con la Protezione Civile, abbiamo deciso di realizzare autonomamente un **prototipo di sonda** penetrometrica, e in seguito di testarla parallelamente ai ricercatori direttamente sul **manto nevoso**.

## 1.0 OBIETTIVO

L'obiettivo che il nostro gruppo si è posto per affrontare il tema dell'**atmosfera** proposto dal concorso, è stato quello di comprendere se, e come, i danni causati dai fenomeni atmosferici possano essere prevenuti o evitati, partendo dalla consapevolezza dei possibili pericoli scaturiti in particolare dalle **precipitazioni nevose**. Di conseguenza effettuare in prima persona queste misurazioni per analizzare la **stratificazione** del manto nevoso.

## 1.1 MOTIVAZIONI

L'argomento che abbiamo deciso di approfondire ci tocca particolarmente, dato che abbiamo avuto la sfortuna di assistere ad una disastrosa calamità naturale avvenuta direttamente nel nostro territorio. Siamo nel comune di Farindola, quando nel gennaio 2017, una slavina di 120mila tonnellate di neve si abbatté sull'*Hotel Rigopiano-Gran Sasso resort* distruggendolo completamente, causando numerose vittime e feriti.



(figura 1)

## 1.2 CONOSCENZE TEORICHE DI PARTENZA

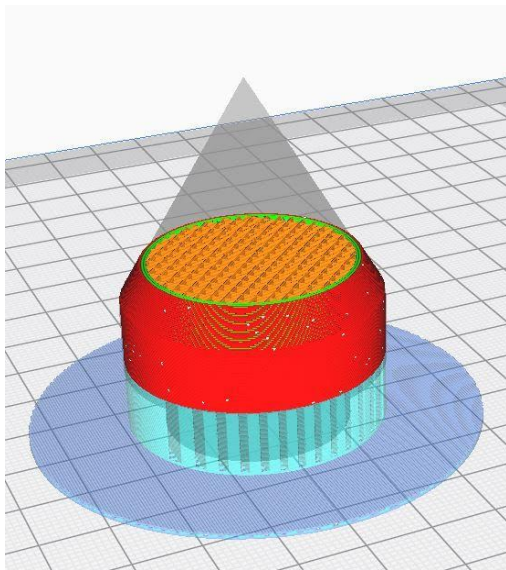
Prima di cominciare la nostra esperienza abbiamo deciso di informarci, grazie alla protezione civile, sulle tecniche utilizzate per la stipulazione del rischio valanghe. I carabinieri lavorano sui pendii nelle zone a rischio, e procedono con le misurazioni utilizzando la sonda penetrometrica. Una volta aver raccolto i dati li analizzano per ottenere la stratificazione del manto nevoso. In base alle condizioni atmosferiche che persistono nei giorni successivi ad una nevicata, i vari strati di nevi diventano più o meno compatti; se le temperature sono abbastanza alte la neve fresca durante la giornata si scioglierà per poi ricongelare durante la notte, quando le temperature si abbassano, questo porta i cristalli a compattarsi maggiormente e rendendo la neve più dura. Le slavine sono generate, sui pendii soprattutto rocciosi, proprio da questo meccanismo, in quanto la neve che si deposita su uno strato ormai compatto non riesce ad attecchire perfettamente.

## 2 REALIZZAZIONE DELLA SONDA

### 2.1 DESCRIZIONE

Per la costruzione della sonda a battage svizzera abbiamo deciso di appoggiarci al progetto pubblicato sul Can. Geotech. J. 24, 335-341 (1987) da Schaap e Föhn, modificandolo in modo da rendere possibile la realizzazione dello strumento in casa. Dopo ore e ore di ragionamenti, da cui sono emerse le più disparate idee, siamo arrivati alla conclusione che il modo più efficace e semplice per costruire la sonda era usare delle barre filettate che trasmettessero la forza scaricata dalla massa sul battente alla punta. Per rendere possibile la misurazione dell'affondamento, per isolare l'anima interna della sonda dalla neve e per avere una superficie liscia con basso attrito, abbiamo deciso di inserire le barre filettate all'interno di un tubo in plastica graduato.

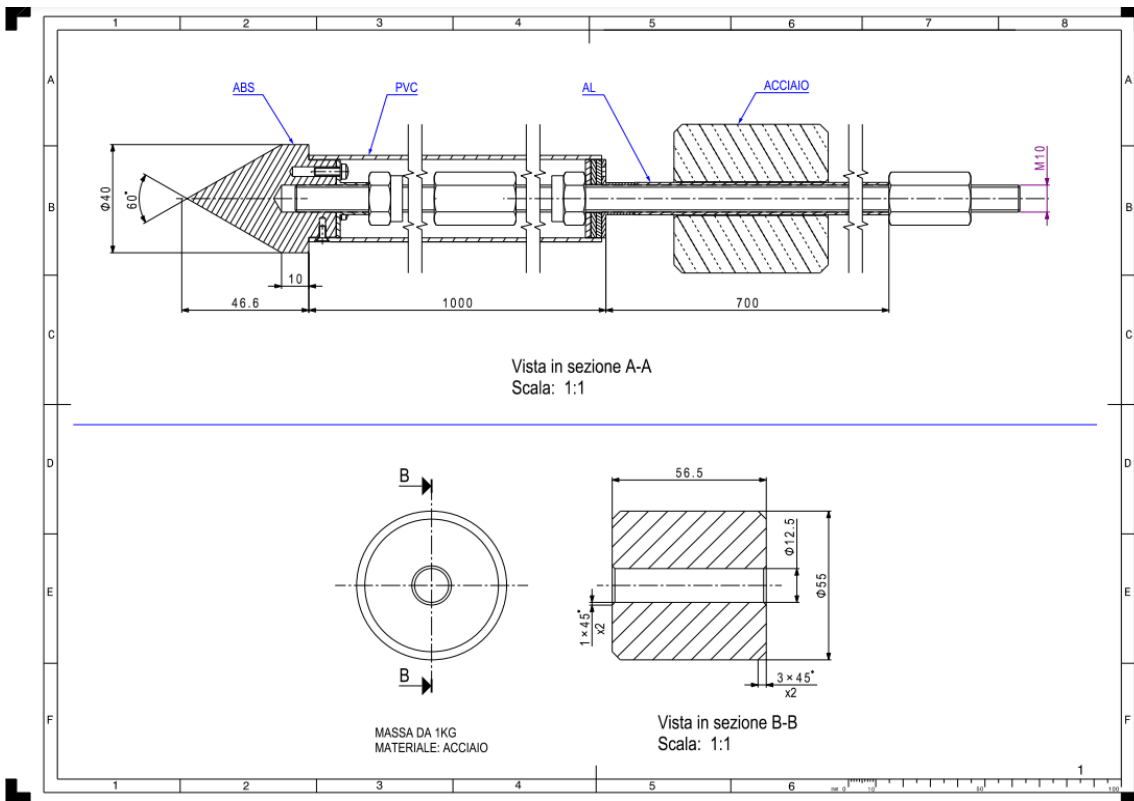
Tutto ciò è confluito nel modello 3d (figure 2) che abbiamo realizzato per avere una stima dei materiali e dei pesi in modo da avere un progetto effettivo da seguire durante la costruzione della sonda; durante la modellazione, abbiamo rifinito e modificato l'idea originale, trovando soluzioni ai problemi che ci si ponevano davanti, rendendo lo strumento realizzabile. Da questo modello abbiamo ricavato l'elenco dei materiali necessari per il progetto e il disegno usato (figura 3) come riferimento durante le lavorazioni.



( figura 2.1) disegno 3d punta



(figura 2.2) disegno 3d della sonda

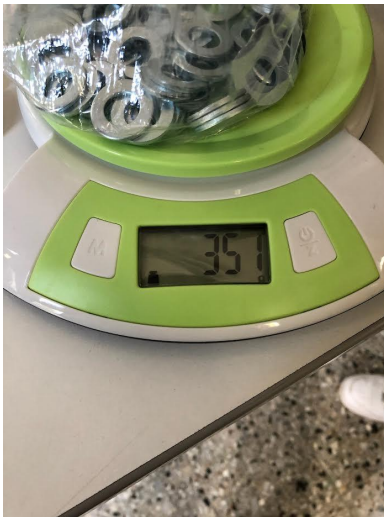


(figura 3) progetto finale della sonda



## 2.2 MATERIALI

- barra filettata M10 (1mt) Q.tà 2
  - tubo in alluminio M10 (1mt)
  - tubo in PVC (1mt)
  - distanziale M10 Q.tà 2
  - ghiera M10 (De 28mm) Q.tà 5
  - dado autobloccante M10 Q.tà 2
  - dado M10
  - rondelle M10 (De 29mm) Q.tà 4
  - rondelle M10 (De 24mm) 0,667 kg
- mazzetta da muratore 1,5 kg
  - cilindro in acciaio 1,045 kg
  - helicoil M3 Q.tà 3
  - viti M3x12 Q.tà 3
  - punta in ABS (h 55mm d 40mm) (figura 5)



(figura 4)



(figura 5)



(figura 6)

## 2.3 REALIZZAZIONE

Per prima cosa abbiamo tagliato le due barre filettate in modo da poterle giuntare, con uno dei distanziali, ad un'altezza minore di 1mt. Facendo così, il giunto si trovava all'interno del tubo in plastica che abbiamo tagliato successivamente per eliminare le zone finali non rettilinee e portarlo a misura. Nel frattempo abbiamo modellato e stampato in 3d una punta in ABS, e attraverso tre viti, con rispettivi helicoil, l'abbiamo fissata ad una ghiera per poterla avvitare alla barra filettata.

Usando un sistema di rondelle, dadi e ghiera abbiamo costruito un battente stabile e fisso (figura 7) sulla barra per la massa da 1 kg, che abbiamo realizzato facendo forare un cilindro in acciaio. Abbiamo dunque tagliato il tubo in alluminio da usare come guida per la massa e, dopo aver pesato tutti i componenti dello strumento, abbiamo aggiunto 667g di rondelle per arrivare a 2 kg di peso, esclusa la massa, e 3 ghiera lungo le barre filettate per aiutarci con il centramento all'interno del tubo in plastica. Attaccare un metro in carta al tubo esterno e segnare ogni 5 cm il tubo in alluminio sono state le ultime fasi della costruzione della nostra sonda.



(figura 7)



(figura 8)

## 2.4 IMPREVISTI E ADATTAMENTI

- ❖ Per un problema di comprensione dell'articolo di Schaap e Föhn abbiamo costruito la nostra sonda 1 kg più pesante di quella ufficiale avendo, però, raggiunto il peso dello stesso apparecchio della Protezione Civile quando viene montato assieme ad un'estensione (che allunga la sonda di 1mt rendendola utilizzabile su un manto nevoso profondo fino a 2mt). Quindi, di fatto, in seguito a una modifica nell'inserimento nei moduli del valore di "q" (peso dei tubi sonda), l'attendibilità delle misure permane.
- ❖ La massa battente è risultata essere di poco più leggera di quella ufficiale, 988g contro 1000g, ma tutto ciò non ha influito eccessivamente nella sensibilità dello strumento.
- ❖ Dal momento che avevamo programmato di testare la sonda sulla sabbia oltre che sulla neve, abbiamo deciso di costruire un'altra massa battente più pesante, 1444g, forando la testa di una mazzetta da muratore.
- ❖ Purtroppo durante il trasporto della sonda per fare le misurazioni sulla neve il tubo esterno si è deformato leggermente, causando una piccola flessione dello strumento durante la raccolta dei dati.

### 3 MISURAZIONI SULLA SABBIA

Dopo aver costruito autonomamente il prototipo di sonda, descritto sopra, abbiamo deciso di testarla in laboratorio prima di utilizzarla con i ricercatori direttamente sulla neve. Per provare il modello in modo preciso, abbiamo deciso di utilizzare un materiale che potesse essere assimilabile alla neve: la sabbia, essendo questo un materiale granuloso. Una volta aver raccolto la sabbia e averla riposta in un secchio abbiamo cominciato ad effettuare le misurazioni.

Come prima cosa ci siamo limitati ad appoggiare la sonda sulla superficie della sabbia, tenendo sollevato la massa in modo che questa non incidesse sul peso della sonda stessa; abbiamo quindi osservato che la punta è immediatamente penetrata nella sabbia. A questo punto abbiamo cominciato ad effettuare le varie misure lasciando cadere il peso sul battente con un'altezza costante (59 cm), notando come ad ogni battuta la sonda penetrasse maggiormente nella sabbia ma non in modo costante.

Come sarà possibile notare successivamente dai i dati riportati in tabella (figura 21), con l'aumentare della profondità di penetrazione, per ogni battuta la sonda penetra meno; questo è dovuto alla crescente densità della sabbia; quella sottostante infatti a causa del peso della sabbia sopra risulta più compatta. Successivamente, confronteremo questi dati con quelli acquisiti sulla neve.



(figura 9)

## 4 ESPERIENZA SULLA NEVE

Avendo testato la sonda in laboratorio abbiamo subito provveduto a metterci in contatto con i ricercatori dell'università di L'Aquila; abbiamo quindi organizzato il nostro incontro, e il 14 febbraio siamo partiti per raggiungere la stazione meteorologica di Pietrattina (AQ). A seguito di una ciaspolata durata una ventina di minuti, siamo arrivati nel punto in cui vengono effettuate le misure, e guidati dagli esperti abbiamo cominciato il nostro lavoro. Ci siamo divisi in due gruppi in modo da poter lavorare parallelamente e sprecare meno tempo possibile: un gruppo ha utilizzato la sonda ufficiale portata dai ricercatori (figura 11), l'altro ha testato quella creata da noi.



(figura 10)



(figura 11) le due sonde



## 4.1 FASE PRELIMINARE

Per l'analisi penetrometrica è stato necessario inizialmente raccogliere dati generali e dividerli in diverse categorie per poterli raccogliere infine nel grafico finale, permettendoci di visualizzare la stratigrafia del nostro materiale granulare, la neve. Come prima cosa, quindi, abbiamo proceduto con la compilazione di una tabella (figura 12) che ci è stata fornita per ricostruire le circostanze in cui i dati sono stati raccolti, riguardanti il periodo dell'anno e l'area di interesse.


indicatori usati

1. altitudine
2. precipitazioni
3. temperatura dell'aria
4. data
5. ora
6. esposizione rispetto ai vari punti cardinali
7. presenza di nubi
8. pendenza
9. vento
10. località (nel nostro caso Pietrattina)

Insieme a questi dati generali ve ne sono di più specifici da inserire come:

11. il codice di riferimento della stazione (nel nostro caso era il numero 1)
12. la rugosità superficiale della neve
13. l'altezza del manto nevoso

Inseriti questi dati nel modulo n.2, a questo punto è stato possibile procedere con le misurazioni vere e proprie.

|  |                           | <b>PROFILO DEL MANTO NEVOSO</b><br>n. _____  |               | <b>MODELLO 2</b><br>vs. 2011 © AINEVA |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---------------------------|--|---------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Codice Stazione   | Data                      | Ora  | Località      |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Altitudine s.l.m.   | Esposizione               | Pendenza   | Coordinate    |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Precipitazioni (WW)   | Nubi (N)                  | Vento (VQ)   | Il rilevatore |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Temperatura aria (Ta)   | Altezza manto nevoso (HS) |  | Note          |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Rugosità superficiale (SF)  |                           |  |               |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| $R = \left( \frac{p \cdot n \cdot h}{\Delta} \right) + p + q$                       |                           | <small>                     R = indice di durezza (1 kg = 10N)<br/>                     p = peso massa battente (1 kg = 10N)<br/>                     n = numero di colpi relativo alla serie di battute<br/>                     h = altezza di caduta massa battente (cm)<br/>                     A = affondamento dei colpi (cm)<br/>                     q = peso del fuso sonda (1 kg = 10N)<br/>                     x = penetrazione della sonda (cm)                 </small> |               |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| q   | p                         | n  | h             | x                                     | Δ | R | q | p | n | h | x | Δ | R | q | p | n | h | x | Δ | R |
|   |                           |  |               |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |                           |  |               |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |                           |  |               |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   |                           |  |               |                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

(figura 12)

## 4.2 FASE DI MISURAZIONE

1. Prima di tutto abbiamo misurato la profondità del manto nevoso con uno strumento di profondità utilizzato per il soccorso di esseri umani in caso di valanghe, rilevato il dato (70 cm) si può cominciare con la misurazione.
2. La prima fase della penetrometria consiste nell'appoggiare la sonda battage con la punta rimuovendo il peso della battente, osservandone la penetrazione dovuta unicamente alla di 1 kg dello strumento, che in questo caso non incide minimamente lo strato superficiale della neve.
3. A questo punto si munisce di battente la sonda senza però lasciarla cadere ma appoggiandola delicatamente; anche in questo caso la penetrazione non avviene.
4. Si procede quindi con l'utilizzo della forza peso della battente, anch'essa di massa 1 kg, cercando di penetrare nel manto nevoso non più di un centimetro a battuta. Abbiamo sollevato il cilindro metallico a 10 cm dalla sua quota iniziale sulla guida e lo abbiamo lasciato cadere, misurando la penetrazione ad ogni urto. È stato possibile osservare che con la prima battuta la sonda ha registrato uno spostamento di circa 15 cm, mentre durante il resto della misurazione non è scesa per più di un centimetro ogni volta che la forza veniva impressa sulla punta. Sebbene incontrasse strati di diversa densità.
5. Arrivati al terreno la misurazione è completata e abbiamo proseguito con lo scavo della trincea e la rilevazione a mano della densità degli strati nevosi.

## 4.3 MISURAZIONE CON TEST DELLA MANO

A misurazione completata si procede con un'analisi stratigrafica del manto nevoso attraverso l'utilizzo delle mani e apposite tecniche di rilevazione.

Sul modulo n.3 (figura 13) sono indicati nella legenda 6 livelli di densità della neve, corrispondenti ai 6 strumenti utilizzati:

1. pugno
2. 4 dita
3. 1 dito
4. matita
5. lama coltello
6. ghiaccio

Dopo aver scavato la trincea (figura 14) e aver individuato i vari strati del manto nevoso attraverso il tatto. Il test consiste nell'applicare in ordine gli strumenti per ogni livello


finchè non si individua quello che penetra con più facilità il manto nevoso e riportarlo sul modulo dove poi corrisponderà ad una densità in Newton

Toccano con mano gli strati si poteva sentire una netta differenza tra quelli più duri e quelli più soffici, e procedendo con il test i risultati corrispondevano alla misurazione fatta con la sonda.

L'ultima fase dell'analisi penetrometrica consiste quindi nella trascrizione grafica dei dati raccolti.

Nel modulo numero 4 quindi vengono inseriti i risultati dei calcoli e quelli del test della mano.

Dal grafico ottenuto è possibile visualizzare in proporzione la densità e l'altezza di ogni strato, derivandone così il rischio valanga.

|  <b>Associazione Interregionale Neve e Valanghe</b><br>tel. 0461230305 |   | <b>ANALISI STRATIGRAFICA</b><br>n. _____  |  | MODELLO<br><span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">3</span><br><small>vs. 2013 © AINEVA</small> |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|---|---|---|--|--|--|---|----------------|----|---|---|----------|---|---|---|---|
| Codice Stazione   | Data  | Ora   | Località   |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
| Altitudine s.l.m.   | Esposizione   | Pendenza  | Coordinate   |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
| Precipitazioni (WW)   | Nubi (N)  | Vento (VQ)  | Il rilevatore  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
| Temperatura aria (Ta)   | Altezza manto nevoso (HS)   |   | Note   |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
| Rugosità superficiale (SF)  | <small>vs. 2013 © AINEVA</small>  |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
| <b>Q<sub>s</sub></b> CONTENUTO IN ACQUA LIQUIDA<br>1 D = asciutta<br>2 M = umida<br>3 W = bagnata<br>4 V = molto bagnata<br>5 S = fradicia              | <b>FF</b> FORMA DEI GRANI<br>1 PP = +    6 MF = ○<br>2 DF = /    7 SH = v<br>3 RG = *    8 FF = ■<br>4 FC = □    9 MM = ⊙<br>5 DH = ^ | <b>E</b> DIMENSIONE DEI GRANI<br>molto piccola < 0.2 mm<br>piccola 0.2 - 0.5 mm<br>media 0.5 - 1.0 mm<br>grande 1.0 - 2.0 mm<br>molto grande 2.0 - 5.0 mm<br>estremi > 5.0 mm | <b>R</b> TEST DELLA MANO<br>1 F = pugno<br>2 4F = 4 dita<br>3 1F = 1 dito<br>4 P = manita<br>5 K = lama coltello<br>6 I = ghiaccio |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
| ANALISI DEGLI STRATI  |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  | T <sub>s</sub> TEMPERATURA DELLA NEVE (°C) |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
| H   | Q <sub>s</sub>  | FF  | E  | R  | Commento                                   | H | Q <sub>s</sub> | FF | E | R | Commento | H | C | H | C |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |
|   |   |   |  |  |  |   |                |    |   |   |          |   |   |   |   |

(figura 13)



(figura 14)



#### **4.4 MISURAZIONE CON LA SONDA COSTRUITA IN LABORATORIO**

Il secondo gruppo ha lavorato parallelamente, essendo le fasi le medesime e considerando la stessa profondità del manto nevoso.

La nostra sonda, tuttavia, aveva un peso complessivo di 3 kg infatti solamente appoggiando il corpo penetrante esso sprofonda di circa 11 cm nel primo strato, rimanendo così invariato anche una volta applicata la massa battente. Tenendo in considerazione il peso maggiore, abbiamo cercato di applicare un urto minore, diminuendo l'altezza da cui sarebbe caduto il cilindro in acciaio, man mano che la sonda scendeva nello strato di neve abbiamo aumentato l'altezza per scendere più rapidamente e con meno colpi. Anche questa volta arrivati al terreno abbiamo proseguito con il test della mano nella trincea.

## 5 ANALISI DEI DATI

Dopo aver raccolto tutti i dati li abbiamo riportati nelle tabelle che poi ci permetteranno di analizzare meglio i dati ottenuti. Di seguito riportiamo i dati scritti in tabella della varie misurazioni,

|  |  |                               |                             |          |            |          |          |
|--|--|-------------------------------|-----------------------------|----------|------------|----------|----------|
| <b>Codice stazione</b> Pietrattina   | <b>Data</b> 14/02/2023                 | <b>Ora</b> 11:15              | <b>Località</b> Pietrattina |          |            |          |          |
| <b>Altitudine s.l.m.</b> 1459 m  | <b>Esposizione</b> N/A                 | <b>Pendenza</b> 0             | <b>Coordinatore</b> N/A     |          |            |          |          |
| <b>Precipitazioni (WW)</b> 00  | <b>Nubi (N)</b> 0                      | <b>Vento (VQ)</b> 2 (~20km/h) | <b>Il rilevatore</b> N/A    |          |            |          |          |
| <b>Temperatura aria (Ta)</b> 7,3°C   | <b>Altezza manto nevoso (HS)</b> 70 cm |                               |                             |          |            |          |          |
| <b>Rugosità superficiale (S)</b> 2   |  |                               |                             |          |            |          |          |
| $R = \left( \frac{p n h}{\Delta} \right) + p + q$  |  |                               |                             |          |            |          |          |
| <p><i>R</i> = indice di durezza (1 kg = 10 N)      <math>\Delta</math> = affondamento dei colpi (cm)<br/> <i>p</i> = peso massa battente (1 kg = 10 N)      <i>q</i> = peso dei tubi sonda (2 kg = 20 N)<br/> <i>n</i> = numero di colpi relativo alla serie di battute      <i>x</i> = penetrazione della sonda senza punta (cm)<br/> <i>h</i> = altezza di caduta massa battente (cm)      <i>d</i> = 4,5 = lunghezza della punta della sonda (cm)</p> |  |                               |                             |          |            |          |          |
| <b>q</b>   | <b>p</b>                               | <b>n</b>                      | <b>h</b>                    | <b>x</b> | <b>x+d</b> | <b>Δ</b> | <b>R</b> |
| 20   | 0                                      | 0                             | 0                           | 11,5     | 16         |          | 20       |
| 20   | 10                                     | 0                             | 0                           | 11,5     | 16         | 0        | 30       |
| 20   | 10                                     | 3                             | 5                           | 12       | 16,5       | 0,5      | 330      |
| 20   | 10                                     | 3                             | 10                          | 13       | 17,5       | 1        | 330      |
| 20   | 10                                     | 3                             | 15                          | 14,7     | 19,2       | 1,7      | 295      |
| 20   | 10                                     | 1                             | 20                          | 19       | 23,5       | 4,3      | 77       |
| 20   | 10                                     | 1                             | 5                           | 20,5     | 25         | 1,5      | 63       |
| 20   | 10                                     | 1                             | 5                           | 30       | 34,5       | 9,5      | 35       |
| 20   | 10                                     | 1                             | 5                           | 31       | 35,5       | 1        | 80       |
| 20   | 10                                     | 3                             | 5                           | 33       | 37,5       | 2        | 105      |
| 20   | 10                                     | 3                             | 10                          | 34,6     | 39,1       | 1,6      | 218      |
| 20   | 10                                     | 2                             | 15                          | 36       | 40,5       | 1,4      | 244      |
| 20   | 10                                     | 2                             | 15                          | 37       | 41,5       | 1        | 330      |
| 20   | 10                                     | 3                             | 15                          | 39       | 43,5       | 2        | 255      |
| 20   | 10                                     | 3                             | 20                          | 41,7     | 46,2       | 2,7      | 252      |
| 20   | 10                                     | 5                             | 20                          | 45       | 49,5       | 3,3      | 333      |
| 20   | 10                                     | 3                             | 25                          | 49       | 53,5       | 4        | 218      |
| 20   | 10                                     | 3                             | 20                          | 51,5     | 56         | 2,5      | 270      |
| 20   | 10                                     | 5                             | 25                          | 56       | 60,5       | 4,5      | 308      |
| 20   | 10                                     | 5                             | 30                          | 58,5     | 63         | 2,5      | 630      |
| 20   | 10                                     | 3                             | 40                          | 60,3     | 64,8       | 1,8      | 697      |
| 20   | 10                                     | 5                             | 50                          | 62       | 66,5       | 1,7      | 1501     |

prima misurazione effettuata con la nostra sonda sulla neve ( figura 15)

|   |             |  |            |  |             |               |             |
|---|-------------|--|------------|--|-------------|---------------|-------------|
| Codice stazione                                   | Pietrattina | Data   | 14/02/2023 | Ora  | 11:15       | Località      | Pietrattina |
| Altitudine s.l.m.                                 | 1459 m      | Esposizione  | N/A        | Pendenza   | 0           | Coordinatore  | N/A         |
| Precipitazioni (WW)                               | 00          | Nubi (N)   | 0          | Vento (VQ)   | 2 (~20km/h) | Il rilevatore | N/A         |
| Temperatura aria (Ta)                             | 7,3°C       | Altezza manto nevoso (HS)  | 70 cm      |  |             |               |             |
| Rugosità superficiale (S)                         | 2           |  |            |  |             |               |             |
| $R = \left( \frac{p n h}{\Delta} \right) + p + q$ |             | <p>R = indice di durezza (1 kg = 10 N)<br/> p = peso massa battente (1 kg = 10 N)<br/> n = numero di colpi relativo alla serie di battute<br/> h = altezza di caduta massa battente (cm)</p> |            | <p>Δ = affondamento dei colpi (cm)<br/> q = peso dei tubi sonda (2 kg = 20 N)<br/> x = penetrazione della sonda senza punta (cm)<br/> d = 4,5 = lunghezza della punta della sonda (cm)</p> |             |               |             |

| q  | p  | n | h  | x    | x+d  | Δ   | R   |
|----|----|---|----|------|------|-----|-----|
| 20 | 0  | 0 | 0  | 11,7 | 16,2 |     | 20  |
| 20 | 10 | 0 | 0  | 11,7 | 16,2 | 0   | 30  |
| 20 | 10 | 3 | 5  | 12   | 16,5 | 0,3 | 530 |
| 20 | 10 | 3 | 10 | 12,7 | 17,2 | 0,7 | 459 |
| 20 | 10 | 3 | 15 | 13,5 | 18   | 0,8 | 593 |
| 20 | 10 | 3 | 15 | 14,2 | 18,7 | 0,7 | 673 |
| 20 | 10 | 2 | 15 | 15,5 | 20   | 1,3 | 261 |
| 20 | 10 | 1 | 15 | 17,3 | 21,8 | 1,8 | 113 |
| 20 | 10 | 1 | 10 | 18   | 22,5 | 0,7 | 173 |
| 20 | 10 | 2 | 10 | 20   | 24,5 | 2   | 130 |
| 20 | 10 | 1 | 10 | 27,5 | 32   | 7,5 | 43  |
| 20 | 10 | 3 | 5  | 30,3 | 34,8 | 2,8 | 84  |
| 20 | 10 | 3 | 5  | 31,5 | 36   | 1,2 | 155 |
| 20 | 10 | 3 | 10 | 33   | 37,5 | 1,5 | 230 |
| 20 | 10 | 3 | 15 | 35   | 39,5 | 2   | 255 |
| 20 | 10 | 3 | 20 | 37,5 | 42   | 2,5 | 270 |
| 20 | 10 | 5 | 15 | 39,8 | 44,3 | 2,3 | 356 |
| 20 | 10 | 5 | 15 | 42,5 | 47   | 2,7 | 308 |
| 20 | 10 | 3 | 15 | 44   | 48,5 | 1,5 | 330 |
| 20 | 10 | 3 | 15 | 46   | 50,5 | 2   | 255 |
| 20 | 10 | 3 | 15 | 48,5 | 53   | 2,5 | 210 |
| 20 | 10 | 3 | 15 | 50,2 | 54,7 | 1,7 | 295 |
| 20 | 10 | 2 | 25 | 52,5 | 57   | 2,3 | 247 |
| 20 | 10 | 1 | 25 | 54   | 58,5 | 1,5 | 197 |
| 20 | 10 | 3 | 20 | 56,5 | 61   | 2,5 | 270 |
| 20 | 10 | 3 | 25 | 59,5 | 64   | 3   | 280 |
| 20 | 10 | 3 | 25 | 62,5 | 67   | 3   | 280 |

seconda misurazione effettuata con la nostra sonda sulla neve (figura 16)

|   |                                 |  |  |
|---|---------------------------------|--|--|
| Codice stazione ID1                               | Data 14/02/2023                 | Ora 11:01  | Località Pietrattina   |
| Altitudine s.l.m. 1460 m                          | Esposizione Sud                 | Pendenza 0   | Coordinatore N/A   |
| Precipitazioni (WW) 00                            | Nubi (N) 0                      | Vento (VQ) 2 (~20km/h)   | Il rilevatore N/A  |
| Temperatura aria (Ta) 7°C                         | Altezza manto nevoso (HS) 74 cm |  |  |
| Rugosità superficiale (S) 2/5                     |                                 |  |  |
| $R = \left( \frac{p n h}{\Delta} \right) + p + q$ |                                 | <p>R = indice di durezza (1 kg = 10 N)<br/> p = peso massa battente (1 kg = 10 N)<br/> n = numero di colpi relativo alla serie di battute<br/> h = altezza di caduta massa battente (cm)</p> | <p>Δ = affondamento dei colpi (cm)<br/> q = peso dei tubi sonda (1 kg = 10 N)<br/> x = penetrazione della sonda senza punta (cm)<br/> d = 4,5 = lunghezza della punta della sonda (cm)</p> |

| q  | p  | n  | h  | x  | x+d  | Δ  | R   |
|----|----|----|----|----|------|----|-----|
| 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 4,5  |    | 10  |
| 10 | 10 | 0  | 0  | 0  | 4,5  | 0  | 20  |
| 10 | 10 | 1  | 10 | 15 | 19,5 | 15 | 27  |
| 10 | 10 | 6  | 10 | 19 | 23,5 | 4  | 170 |
| 10 | 10 | 2  | 10 | 25 | 29,5 | 6  | 53  |
| 10 | 10 | 2  | 10 | 30 | 34,5 | 5  | 60  |
| 10 | 10 | 1  | 10 | 32 | 36,5 | 2  | 70  |
| 10 | 10 | 1  | 10 | 34 | 38,5 | 2  | 70  |
| 10 | 10 | 1  | 10 | 36 | 40,5 | 2  | 70  |
| 10 | 10 | 5  | 10 | 40 | 44,5 | 4  | 145 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 45 | 49,5 | 5  | 220 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 50 | 54,5 | 5  | 220 |
| 10 | 10 | 8  | 10 | 55 | 59,5 | 5  | 180 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 61 | 65,5 | 6  | 187 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 67 | 71,5 | 6  | 187 |
| 10 | 10 | 5  | 10 | 70 | 74,5 | 3  | 187 |

prima misurazione con la sonda ufficiale effettuata sulla neve (figura 17)

|   |                                 |  |  |
|---|---------------------------------|--|--|
| Codice stazione ID1                               | Data 14/02/2023                 | Ora 11:01  | Località Pietrattina   |
| Altitudine s.l.m. 1460 m                          | Esposizione Sud                 | Pendenza 0   | Coordinatore N/A   |
| Precipitazioni (WW) 00                            | Nubi (N) 0                      | Vento (VQ) 2 (~20km/h)   | Il rilevatore N/A  |
| Temperatura aria (Ta) 7°C                         | Altezza manto nevoso (HS) 74 cm |  |  |
| Rugosità superficiale (S) 2/5                     |                                 |  |  |
| $R = \left( \frac{p n h}{\Delta} \right) + p + q$ |                                 | <p>R = indice di durezza (1 kg = 10 N)<br/> p = peso massa battente (1 kg = 10 N)<br/> n = numero di colpi relativo alla serie di battute<br/> h = altezza di caduta massa battente (cm)</p> | <p>Δ = affondamento dei colpi (cm)<br/> q = peso dei tubi sonda (1 kg = 10 N)<br/> x = penetrazione della sonda senza punta (cm)<br/> d = 4,5 = lunghezza della punta della sonda (cm)</p> |

| q  | p  | n  | h  | x  | x+d  | Δ  | R   |
|----|----|----|----|----|------|----|-----|
| 10 | 0  | 0  | 0  | 0  | 4,5  |    | 10  |
| 10 | 10 | 0  | 0  | 0  | 4,5  | 0  | 20  |
| 10 | 10 | 1  | 2  | 0  | 4,5  | 0  | 40  |
| 10 | 10 | 1  | 3  | 15 | 19,5 | 15 | 22  |
| 10 | 10 | 7  | 10 | 19 | 23,5 | 4  | 195 |
| 10 | 10 | 1  | 10 | 22 | 26,5 | 3  | 53  |
| 10 | 10 | 1  | 10 | 25 | 29,5 | 3  | 53  |
| 10 | 10 | 1  | 10 | 31 | 35,5 | 6  | 37  |
| 10 | 10 | 3  | 10 | 35 | 39,5 | 4  | 95  |
| 10 | 10 | 6  | 10 | 40 | 44,5 | 5  | 140 |
| 10 | 10 | 4  | 10 | 42 | 46,5 | 2  | 220 |
| 10 | 10 | 11 | 10 | 49 | 53,5 | 7  | 177 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 52 | 56,5 | 3  | 353 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 60 | 64,5 | 8  | 145 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 66 | 70,5 | 6  | 187 |
| 10 | 10 | 13 | 10 | 70 | 74,5 | 4  | 345 |

seconda misura con la sonda ufficiale effettuata sulla neve (figura 18)

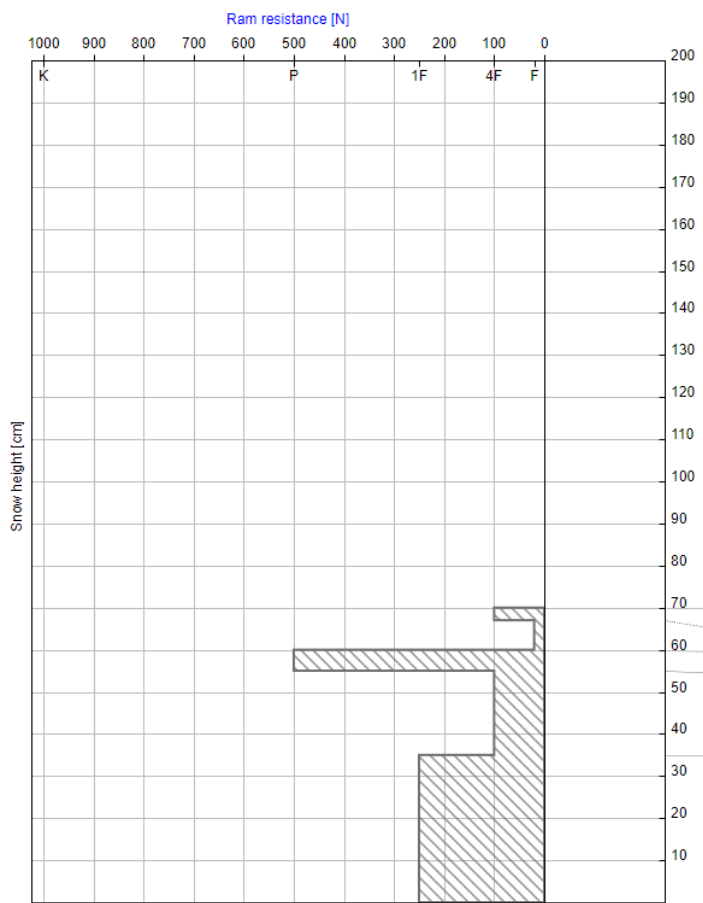
Come possiamo vedere dai due grafici, della misurazione effettuata con la nostra sonda dal secondo gruppo (Figura 15 e 16) rispetto a quella fatta con la sonda dei ricercatori dal primo gruppo (Figura 17 e 18), i valori finali di  $R$  (l'indice di durezza) sono comparabili e simili tra di loro per livelli di penetrazione uguali.

## 5.1 DISCUSSIONE DEI DATI

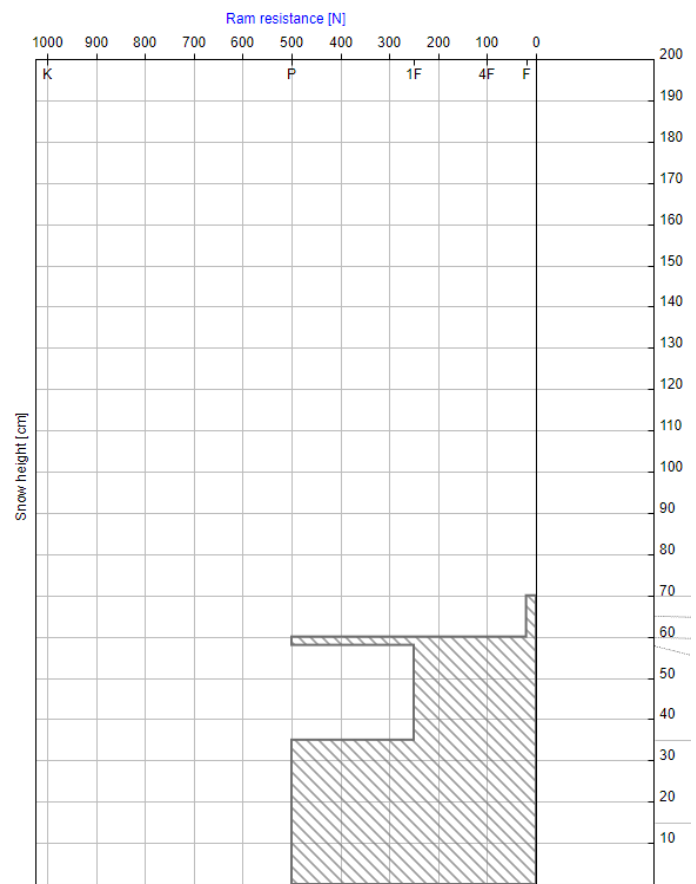
Dopo aver analizzato i risultati in tabella, abbiamo proceduto calcolando il grado di resistenza della neve ( $R$ ) grazie alla formula

$$R = \left( \frac{p n h}{\Delta} \right) + p + q$$

Una volta aver calcolato la resistenza per ogni misurazione effettuata abbiamo riportato le misure ottenute in un grafico, che ci mostra con precisione la stratificazione del manto nevoso.



dalla sonda ufficiale (figura 19)



dai ricercatori (figura 20)

Effettuate, poi, le analisi stratigrafiche dei due gruppi, inserendo i dati nel modulo n.4, i ricercatori hanno potuto compararle con quelle effettuate da loro in precedenza per testimoniare l'accuratezza. Per ricavare il grafico (figure 19 e 20) dall'inserimento dei dati nel modulo abbiamo utilizzato il sito, suggeritoci dai ricercatori, di "niviz.org". Si tratta di un sito riconosciuto a livello internazionale e finanziato dalle più grandi associazioni nazionali che si occupano dell'analisi della neve e permette di generare con facilità grafici di profili nevosi.

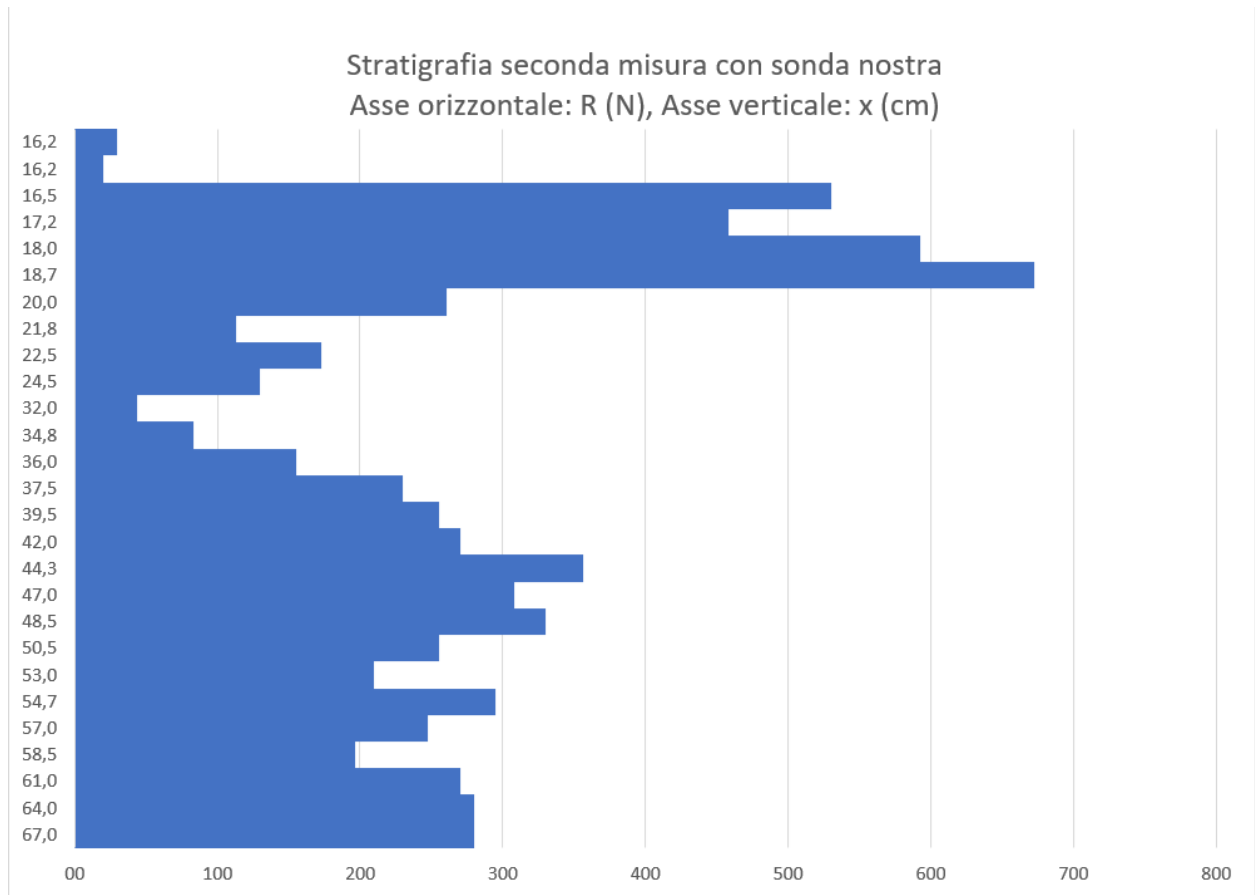


grafico stratigrafico creato con i dati ricavati con la nostra sonda (figura 21)

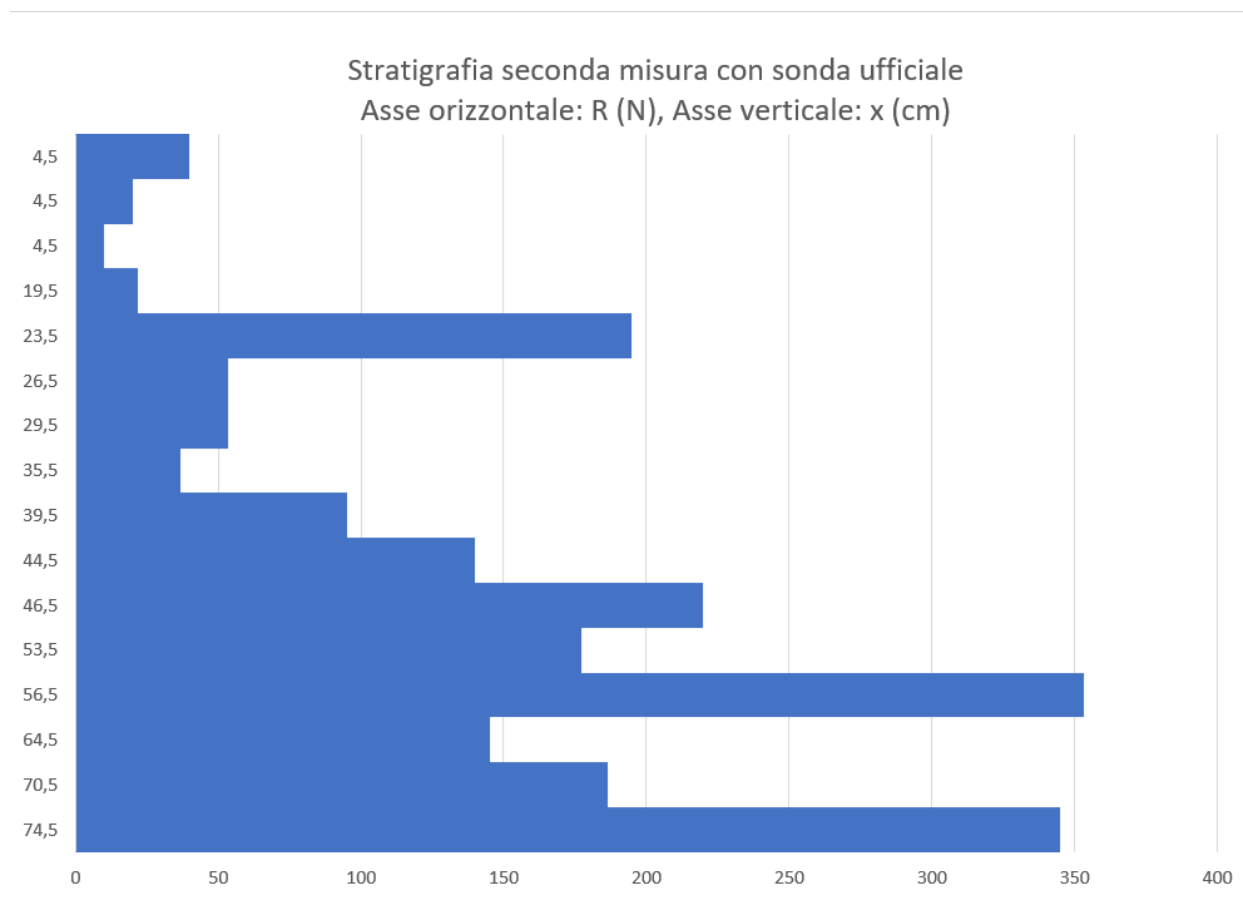


grafico stratigrafico creato con i dati ricavati con la sonda ufficiale (figura 22)

Infine abbiamo creato i grafici stratigrafici utilizzando i valori di  $R$  e di  $x$  (penetrazione della sonda in centimetri considerata anche la punta). Dal confronto tra questi (figure 21 e 22) rispetto alle misure stratigrafiche effettuate con il test della mano (figure 19 e 20) abbiamo constatato la comparabilità dei dati e la loro sufficiente accuratezza.

## 5.2 CONFRONTO NEVE/SABBIA

Una volta effettuata la misura penetrometrica sulla sabbia, abbiamo potuto confrontare le misure acquisite utilizzando il modulo n.2 datoci dai ricercatori. È evidente dalle tabelle stipulate (figure 23 e 24) che il valore di  $R$  è di molto maggiore mediamente rispetto alle misure effettuate sulla neve: parliamo di una media di 188 N per le misurazioni effettuate sulla neve, contro 1879 N per le misurazioni sulla sabbia. Come ci

si aspetterebbe la resistenza degli strati sabbiosi è di molto maggiore rispetto a quella degli strati nevosi.

| Data 07/02/2023                                   |      | Ora 16:40   |     |      |  |     |       |
|---|------|---|-----|------|--|-----|-------|
| $R = \left( \frac{p n h}{\Delta} \right) + p + q$ |      | $n$ = indice di durezza (1 kg = 10 N)<br>$p$ = peso massa battente (1 kg = 10 N)<br>$n$ = numero di colpi relativo alla serie di battute<br>$h$ = altezza di caduta massa battente (cm) |     |      | $\Delta$ = affondamento dei colpi (cm)<br>$q$ = peso dei tubi sonda (1 kg = 10 N)<br>$x$ = penetrazione della sonda senza punta (cm)<br>$d$ = 4,5 = lunghezza della punta della sonda (cm) |     |       |
|   |      | $q$   | $p$ | $n$  | $h$  | $x$ | $x+d$ |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 1    | 5,5  |     | 886   |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 2    | 6,5  | 1   | 886   |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 2,7  | 7,2  | 0,7 | 1252  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 3,5  | 8  | 0,8 | 1099  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 4,1  | 8,6  | 0,6 | 1454  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 4,7  | 9,2  | 0,6 | 1454  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 5,5  | 10   | 0,8 | 1099  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 6,2  | 10,7   | 0,7 | 1252  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 6,6  | 11,1   | 0,4 | 2164  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 7    | 11,5   | 0,4 | 2164  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 7,5  | 12   | 0,5 | 1738  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 7,9  | 12,4   | 0,4 | 2164  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 8,3  | 12,8   | 0,4 | 2164  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 8,6  | 13,1   | 0,3 | 2874  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 9    | 13,5   | 0,4 | 2164  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 9,6  | 14,1   | 0,6 | 1454  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 9,8  | 14,3   | 0,2 | 4294  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 10,1 | 14,6   | 0,3 | 2874  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 10,4 | 14,9   | 0,3 | 2874  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 10,6 | 15,1   | 0,2 | 4294  |
| 20  | 14,4 | 1   | 59  | 11   | 15,5   | 0,4 | 2164  |

(figura 23)

| Data 07/02/2023                                   |    | Ora 16:40   |     |     |  |     |       |
|---|----|---|-----|-----|--|-----|-------|
| $R = \left( \frac{p n h}{\Delta} \right) + p + q$ |    | $n$ = indice di durezza (1 kg = 10 N)<br>$p$ = peso massa battente (1 kg = 10 N)<br>$n$ = numero di colpi relativo alla serie di battute<br>$h$ = altezza di caduta massa battente (cm) |     |     | $\Delta$ = affondamento dei colpi (cm)<br>$q$ = peso dei tubi sonda (1 kg = 10 N)<br>$x$ = penetrazione della sonda senza punta (cm)<br>$d$ = 4,5 = lunghezza della punta della sonda (cm) |     |       |
|   |    | $q$   | $p$ | $n$ | $h$  | $x$ | $x+d$ |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 1   | 5,5  |     | 620   |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 2   | 6,5  | 1   | 620   |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 2,9 | 7,4  | 0,9 | 686   |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 3,5 | 8  | 0,6 | 1013  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 4   | 8,5  | 0,5 | 1210  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 4,6 | 9,1  | 0,6 | 1013  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 5,1 | 9,6  | 0,5 | 1210  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 5,5 | 10   | 0,4 | 1505  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 5,8 | 10,3   | 0,3 | 1997  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 6,3 | 10,8   | 0,5 | 1210  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 6,6 | 11,1   | 0,3 | 1997  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 6,9 | 11,4   | 0,3 | 1997  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 7,2 | 11,7   | 0,3 | 1997  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 7,6 | 12,1   | 0,4 | 1505  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 8   | 12,5   | 0,4 | 1505  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 8,2 | 12,7   | 0,2 | 2980  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 8,5 | 13   | 0,3 | 1997  |
| 20  | 10 | 1   | 59  | 8,6 | 13,1   | 0,1 | 5930  |

(figura 24)



## 6 CONCLUSIONE

A seguito dell'incontro teorico con la Protezione Civile abbiamo strutturato il processo di realizzazione della sonda per poi testarlo effettivamente sul campo pratico insieme ai ricercatori che ci hanno mostrato il procedimento per la previsione delle valanghe.

Dai dati raccolti ed elaborati siamo arrivati alla conclusione che è possibile prevedere il rischio valanghe o, comunque, stilare un bollettino giornaliero che contenga le informazioni utili a prevedere il pericolo. Tuttavia, nonostante l'avanzamento tecnologico attuale, il calcolo del rischio valanghe risulta ancora un'operazione problematica a causa della complessità e dell'inaccuratezza dei modelli atti a rendere automatiche le misurazioni. Per questa motivazione le misurazioni vengono fatte manualmente ogni giorno nelle zone a rischio, con strumenti facilmente replicabili e di bassa complessità che garantiscono comunque una buona accuratezza nella raccolta dati; ma che obbligano i carabinieri e la protezione civile a recarsi costantemente di persona in zone pericolose.

Attraverso la costante acquisizione di informazioni sul campo, i ricercatori stanno sviluppando sempre più metodi per convertire le acquisizioni di dati da satellite in statistiche attendibili sulla probabilità di valanghe. Lo sviluppo di metodologie automatiche per il calcolo del rischio valanghe è un processo difficoltoso che probabilmente diventerà realtà presto grazie al lavoro periodico e costante dei ricercatori nel campo.

## 7 BIBLIOGRAFIA

<https://content.meteotrentino.it/neve-ghiacci/doc/il-profilo-penetrometrico.pdf>

<http://niviz.org/>

## 8 RINGRAZIAMENTI

A conclusione di questo progetto volevamo ringraziare il nostro dirigente scolastico per averci permesso di partecipare al concorso, il nostro professore di matematica e fisica per averci dato l'opportunità di mettere alla prova in campo pratico le conoscenze teoriche acquisite. Infine un ringraziamento speciale va a Paolo Tuccella e Edoardo Raparelli, ricercatori dell'università degli studi de l'Aquila e del CETEMPS, i quali si sono resi subito disponibili per accompagnarci con grande dedizione in questa esperienza.