



Presentazione e discussione dello stato di avanzamento dei lavori e dei prodotti –
workshop online 4 Marzo 2022

Politecnico di Bari



**Impatto di vegetazione selezionata a radicazione profonda
nell'ambito dei processi di interazione pendio-vegetazione-
atmosfera: risultati di un test in situ**

Componenti del Gruppo: Vito TAGARELLI, Federica COTECCHIA, Nico STASI, Osvaldo BOTTIGLIERI, Francesco CAFARO



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Estratto da: Presentazione e discussione dello stato di avanzamento dei lavori e dei prodotti del progetto MITIGO -
Workshop 4 Marzo 2022

© 2022 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9788899432829



Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it

Il presente studio riguarda i seguenti OBIETTIVI REALIZZATIVI:

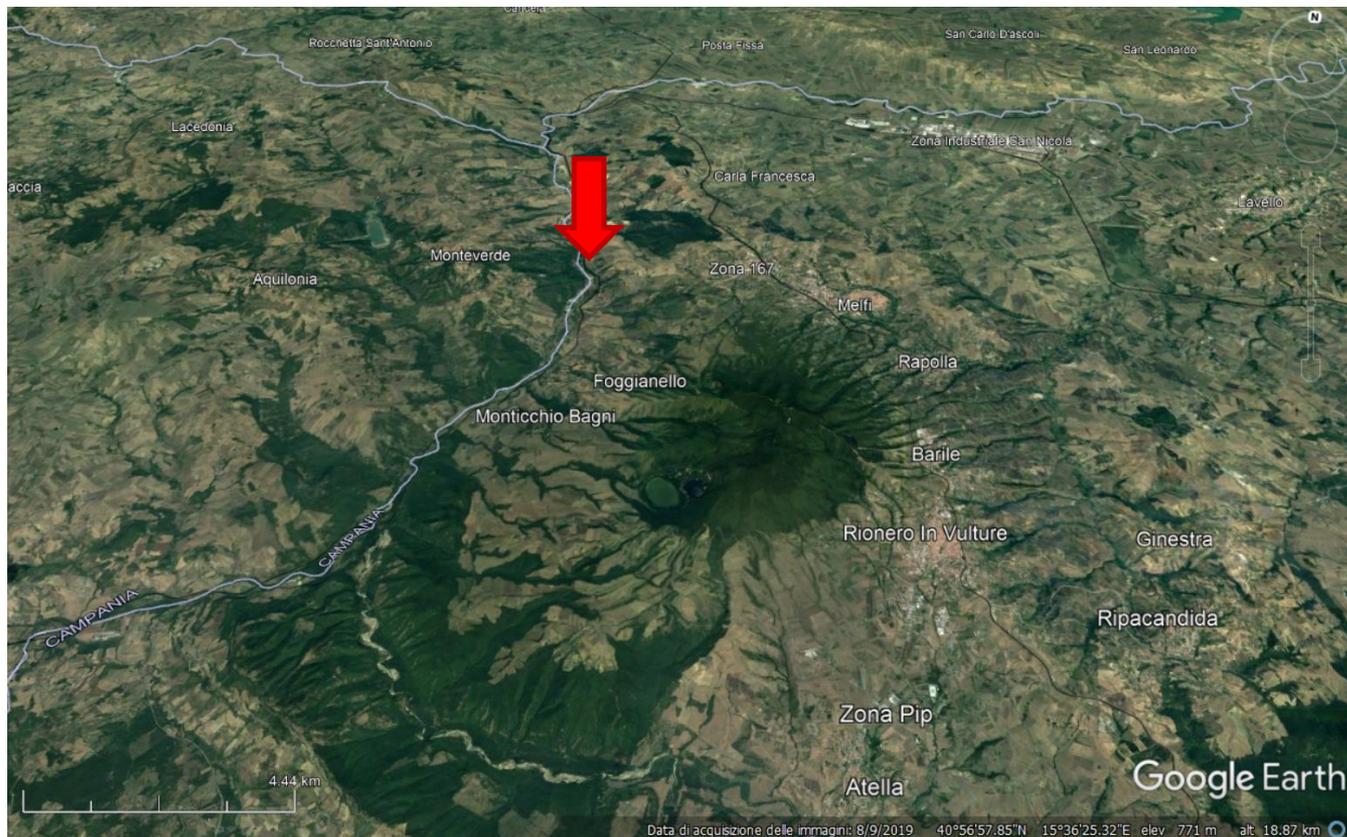
- **OR4** - SVILUPPO DI UN SISTEMA INTEGRATO DI MONITORAGGIO
- **OR5** - SOLUZIONI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Ed in particolare si declina secondo i seguenti TASKS:

- 2.2 Indagini e rilievi
- 4.2 Sistema di monitoraggio in situ
- 4.3 Sviluppo di piattaforme integrate per il monitoraggio e il supporto alle decisioni

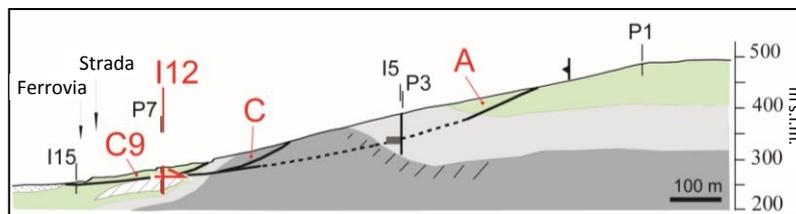
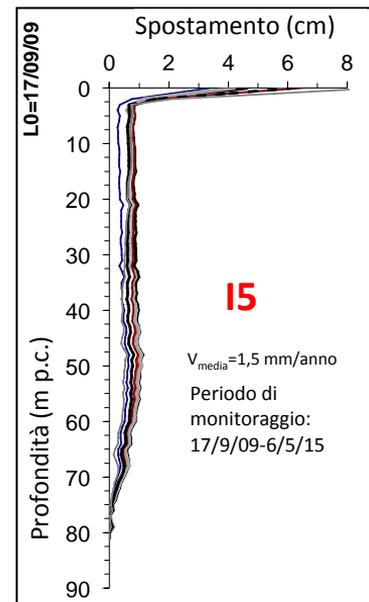
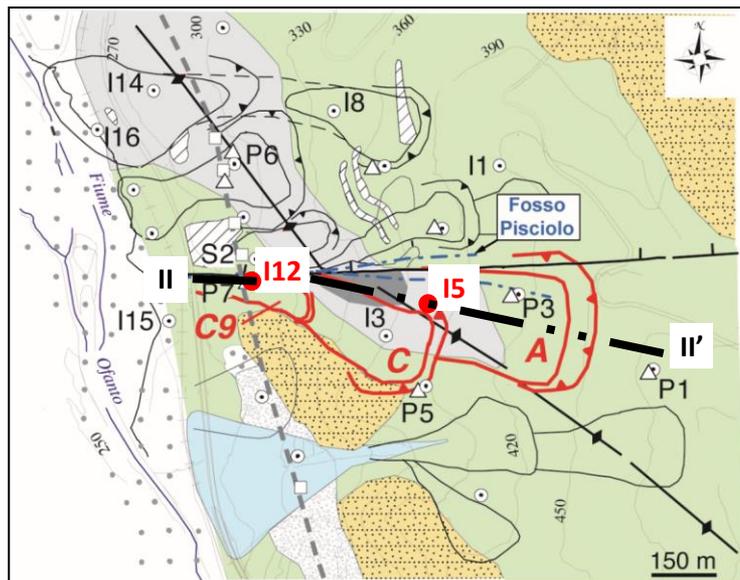
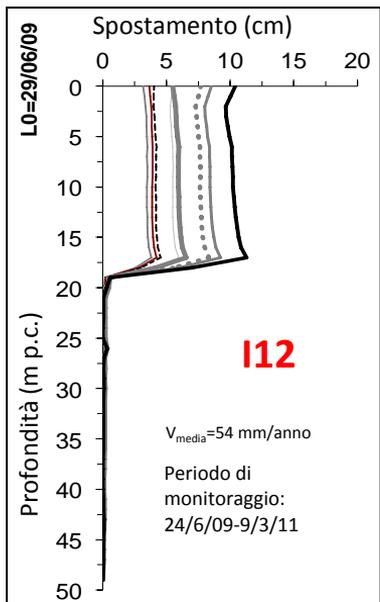


Alta valle dell'Ofanto

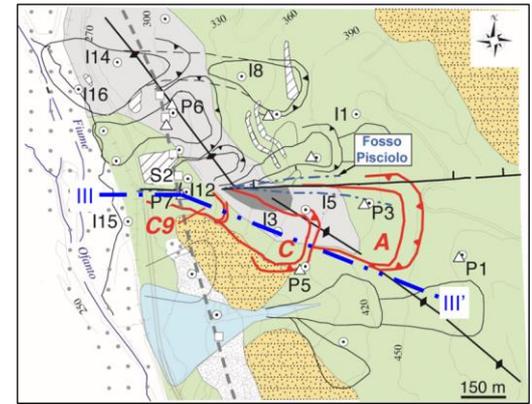
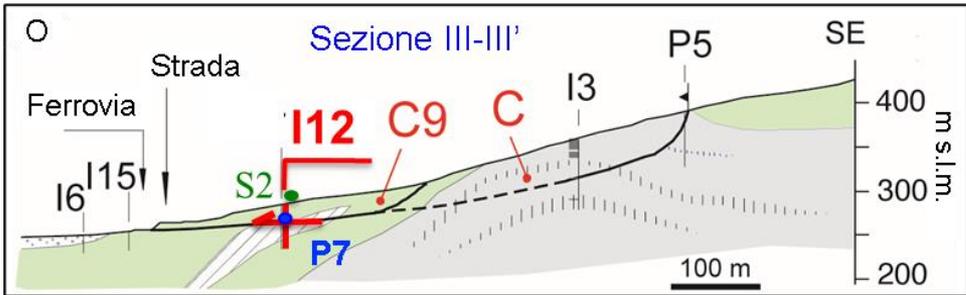
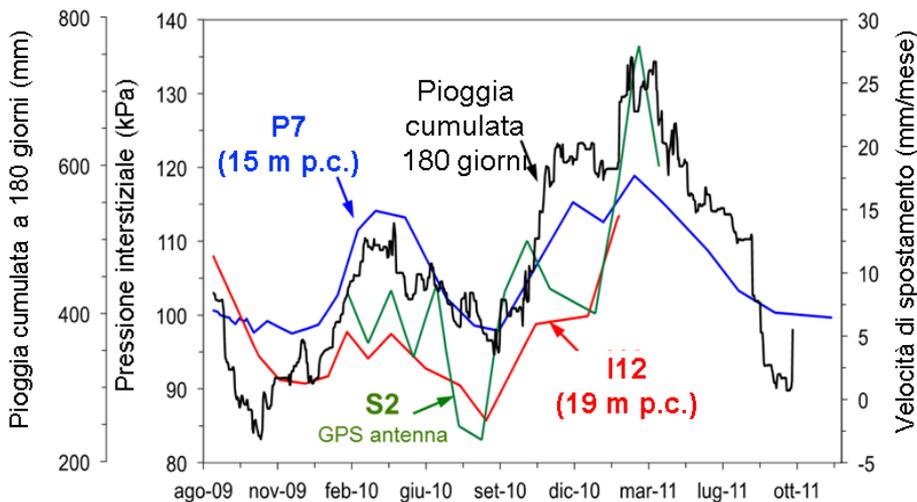
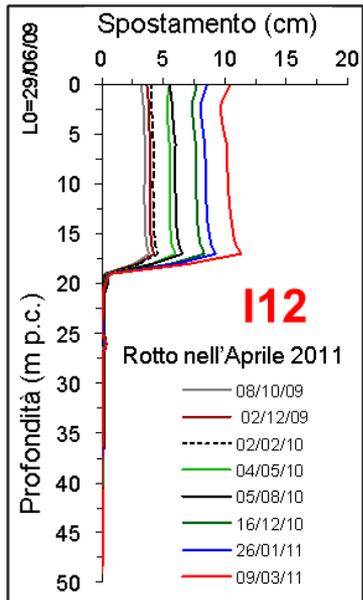


IL CASO DI STUDIO È RAPPRESENTATIVO DI UN CONTESTO G-H-M D'INTERESSE NEL PON MITIGO

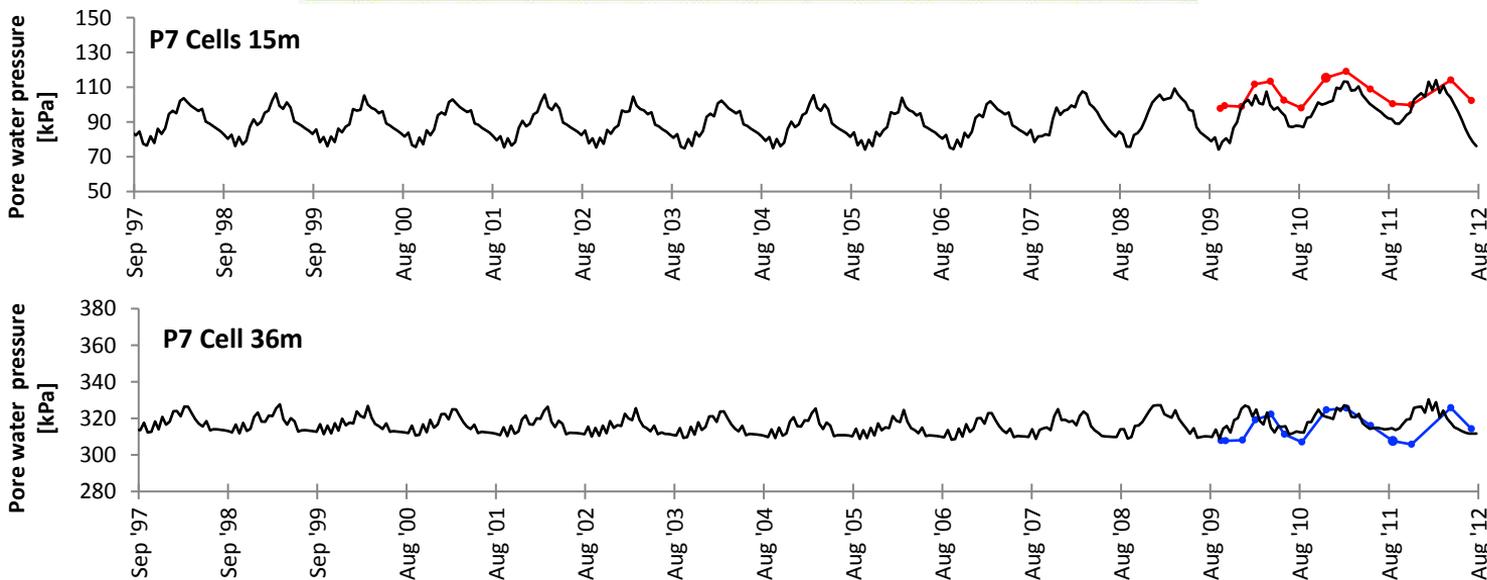
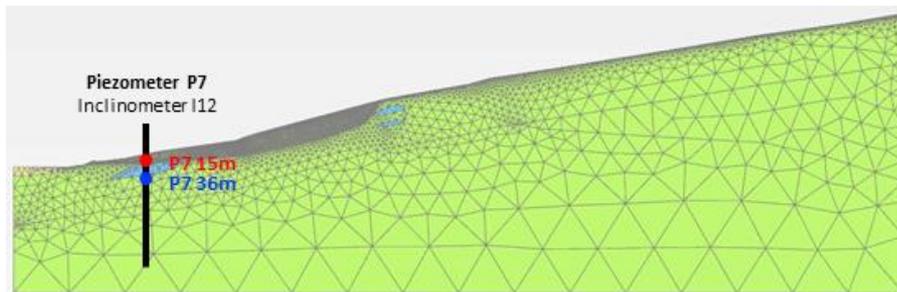
IL MECCANISMO FRANOSO DI PISCIOLO



DIAGNOSI DEL MECCANISMO DI FRANA



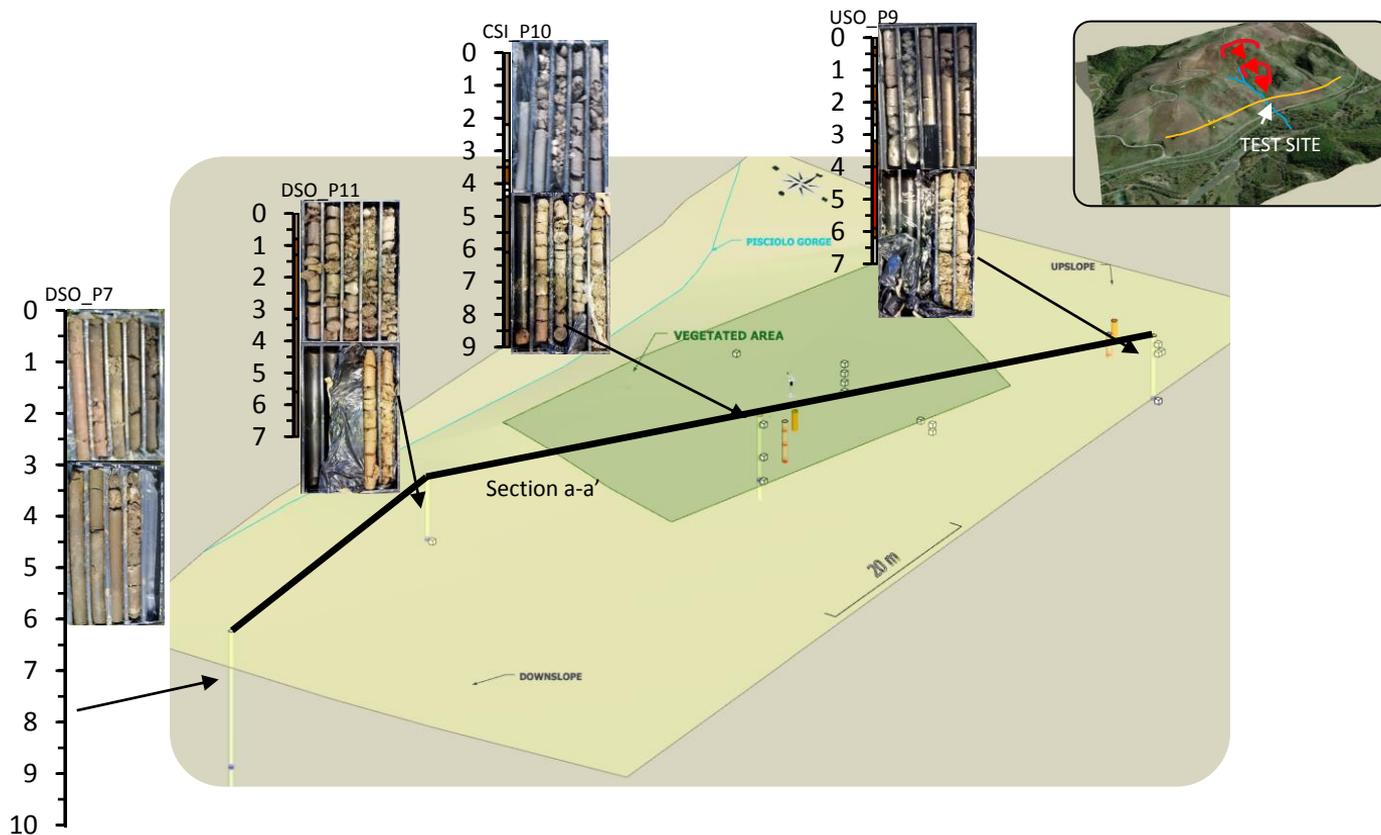
MODELLAZIONE NUMERICA IDRO-MECCANICA ACCOPPIATA



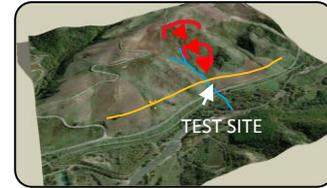
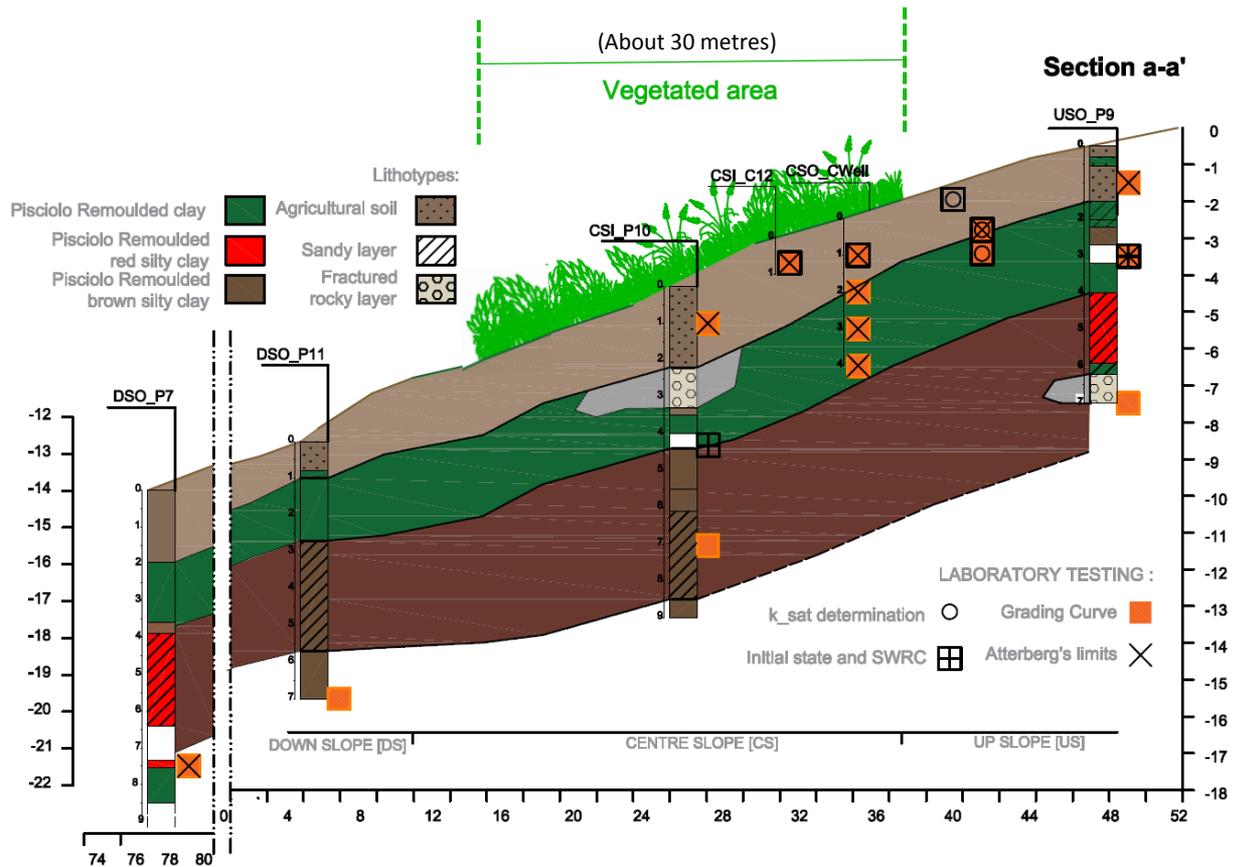




TASK 2.2: Indagini e Rilievi



TASK 2.2: Indagini e Rilievi



(Tagarelli, Cotecchia, Stasi 2020)

(Tagarelli V. & Cotecchia F., 2022, Italian Geotechnical Journal)

TASK 2.2: Indagini e Rilievi

DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA

CONTROLLING :
- FLUXES
- HYDRAULIC GRADIENTS



PERMEAMETER

k_{sat} about
 $5 \cdot 10^{-9}$ m/s



OEDOMETER TEST
(Pedone 2013)

BACKANALYSIS OF THE
CONSOLIDATION PROCESS

k_{sat} about
 $5 \cdot 10^{-8}$ m/s



MARIOTTE'S BOTTLE
(Pedone 2013)

IN-SITU
CONSTANT HEAD
TEST

DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI RITENZIONE DEL TERRENO $s=s(\vartheta)$

SUCTION
MEASURES

HIGH CAPACITY
TENSIO METER:
($s=100\div1500$ kPa)



(Pedone 2013, Tagarelli)

FILTER PAPER
TECNHIQUE:
($s=100\div30000$ kPa)



(Tagarelli, Stasi 2020)

(Tagarelli, Cotecchia, Stasi 2020)

IL MATERIALE È CARATTERIZZATO DA UNA MATRICE FINE E MANIFESTA ALTA CAPACITÀ RITENTIVA

TASK 2.2: Indagini e Rilievi

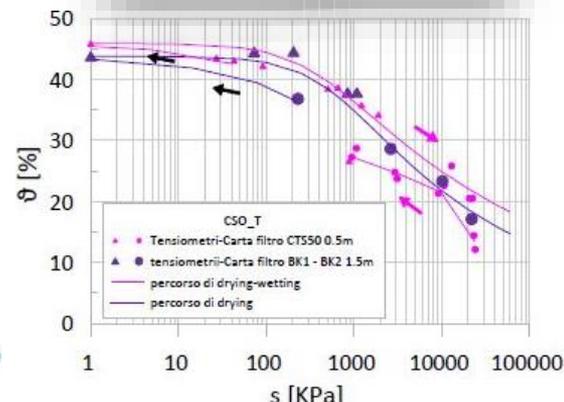
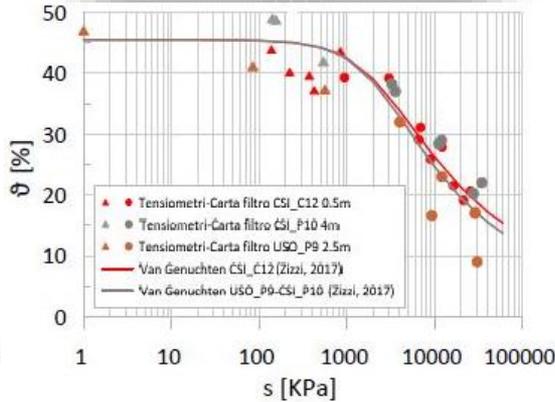
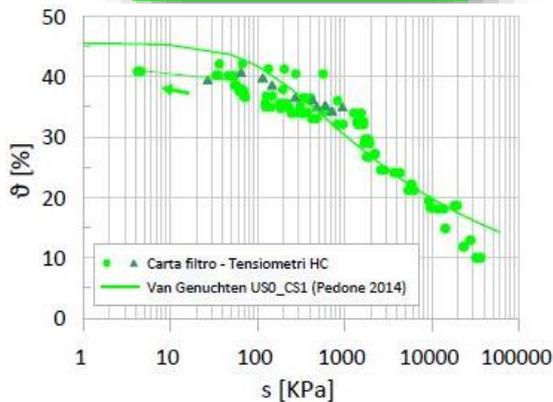
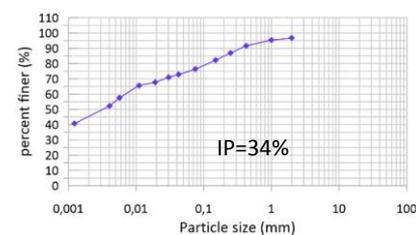
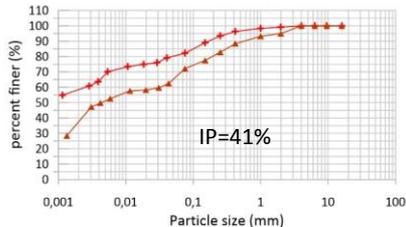
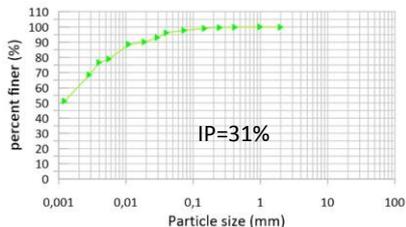
Analisi
Granulometriche

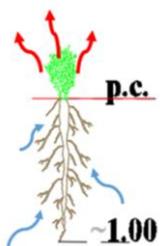


Stato
Iniziale

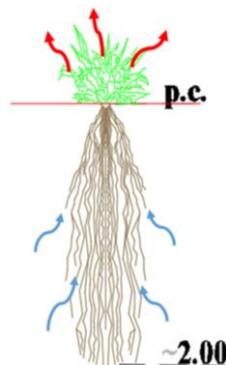


Curva di
Ritenzione





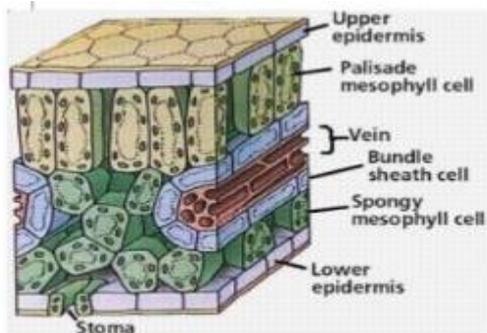
Fabacee (leguminose) azoto-fissatrici
Vegetazione a ciclo C3



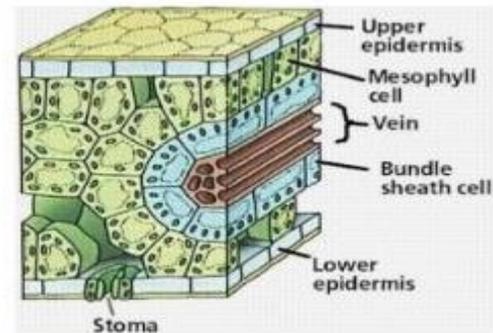
Poacee (graminacee) con radici profonde
Vegetazione a ciclo C4



Vegetazione a Ciclo C3



Vegetazione a Ciclo C4



Struttura fogliare

Con alte temperature atmosferiche (T)

Gli stomi sono sempre aperti e pertanto è facilitato l'ingresso della CO_2 e l'uscita di H_2O .

Gli stomi sono chiusi così da ritenere la CO_2 , che viene quindi usata per i processi di fotosintesi; la H_2O non viene persa dagli stomi, che restano chiusi.

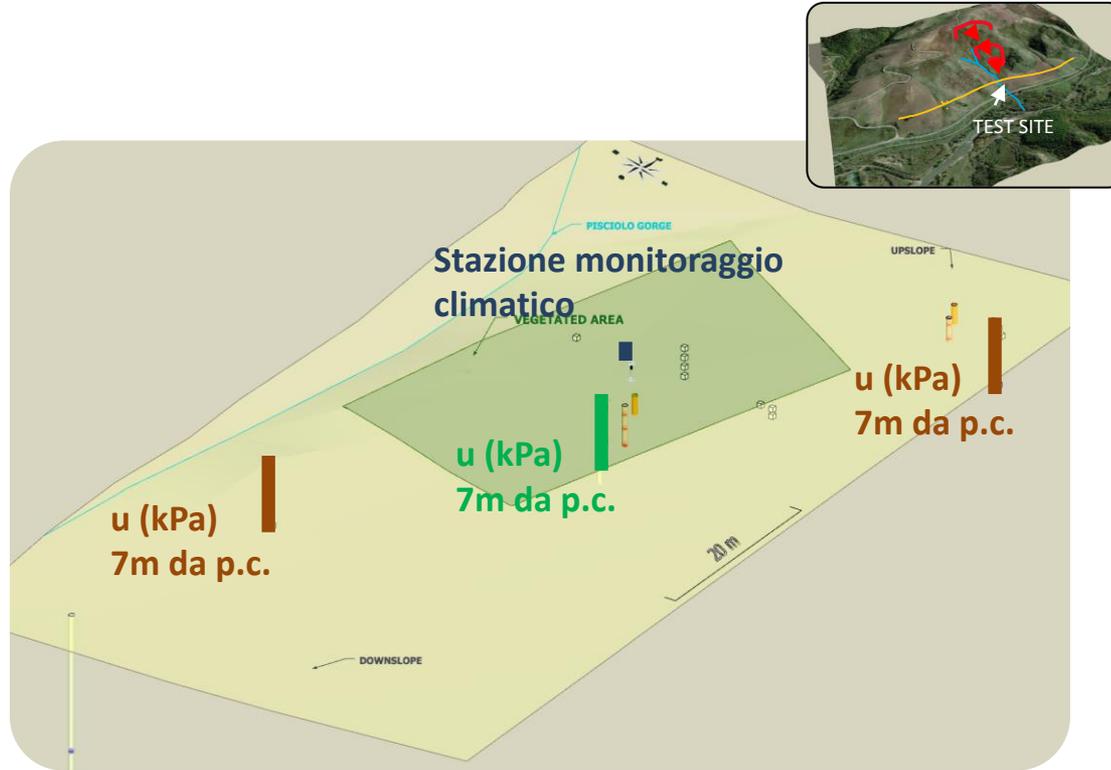
Con alte radiazioni solari

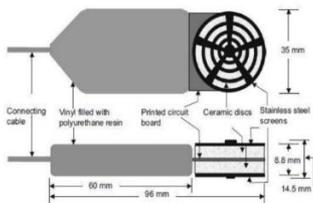
Basso potenziale fotosintetico:
La vegetazione tende ad appassire

Alto potenziale fotosintetico :
La vegetazione è sempre verde

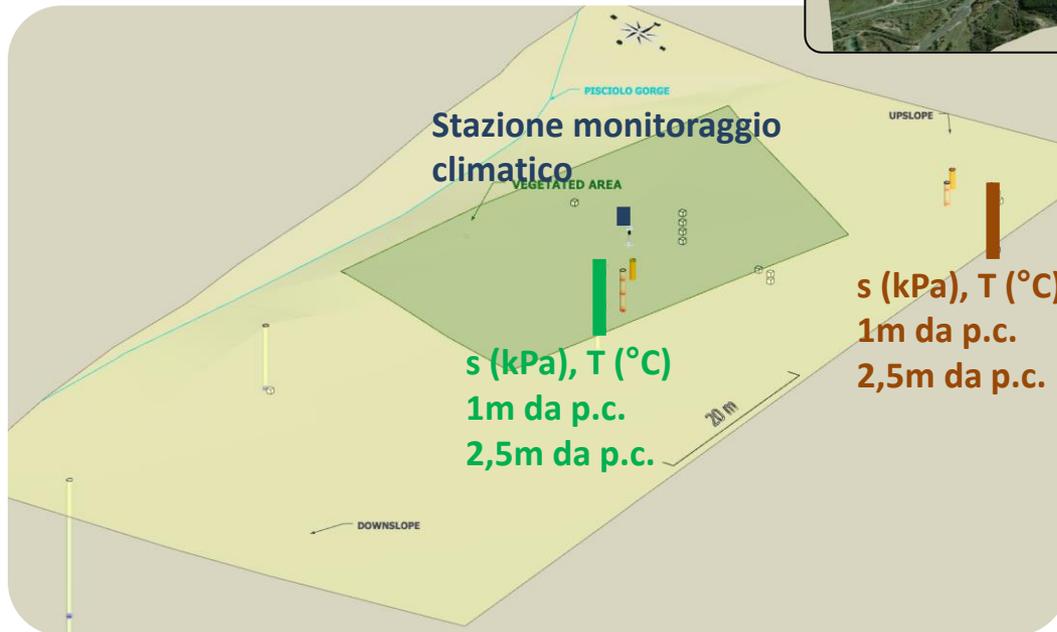
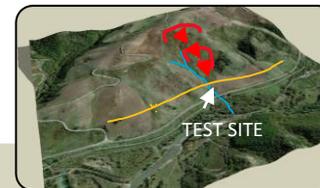


Monitoraggio della pressione interstiziale tramite piezometri elettrici





Sonda per il monitoraggio di suzione e temperatura (sonda MPS-6)





Sonda capacitiva per il monitoraggio del contenuto d'acqua con la profondità (Diviner 2000)



(Tagarelli, Cotecchia, Stasi 2020)

(Tagarelli V. & Cotecchia F., 2022, Italian Geotechnical Journal)

TASK 2.2:
Indagini e
Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di
monitoraggio
in situ

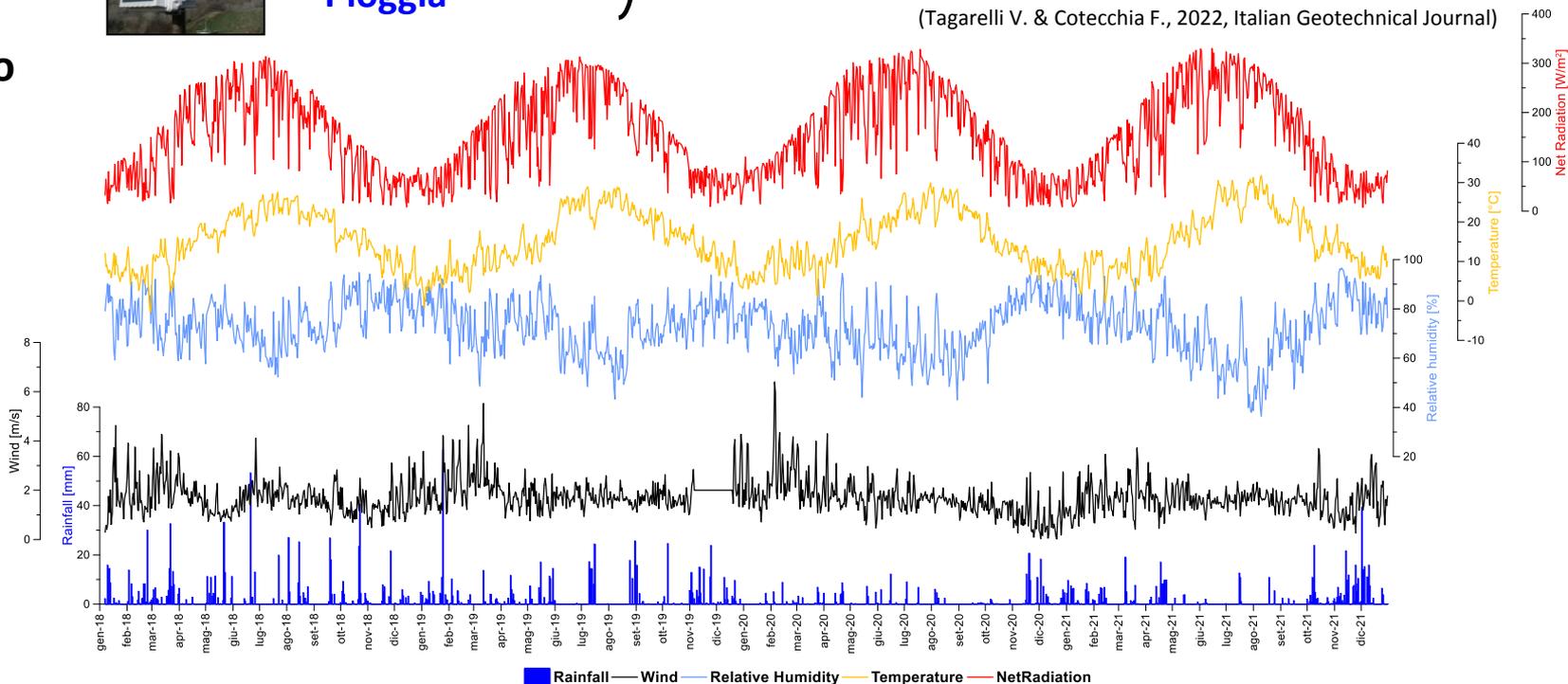


- **Radiazione netta**
- **Temperatura**
- **Umidità relativa**
- **Vento**
- **Pioggia**

4 ANNI DI
MONITORAGGIO DELLA
FORZANTE CLIMATICA
AGENTE SULLA COLTRE
OGGETTO DI STUDIO

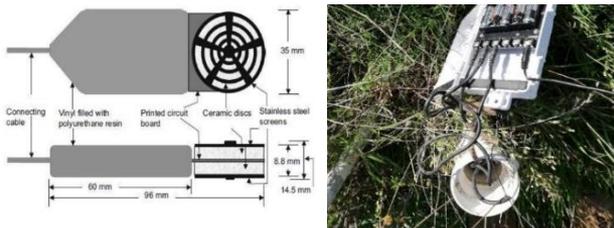
**“CLIMA MEDITERRANEO DA
SUBCONTINENTALE A
CONTINENTALE, DA
PARZIALMENTE SEMIARIDO
AD ARIDO”**
(Costantini et al. 2013)

(Tagarelli V. & Cotecchia F., 2022, Italian Geotechnical Journal)

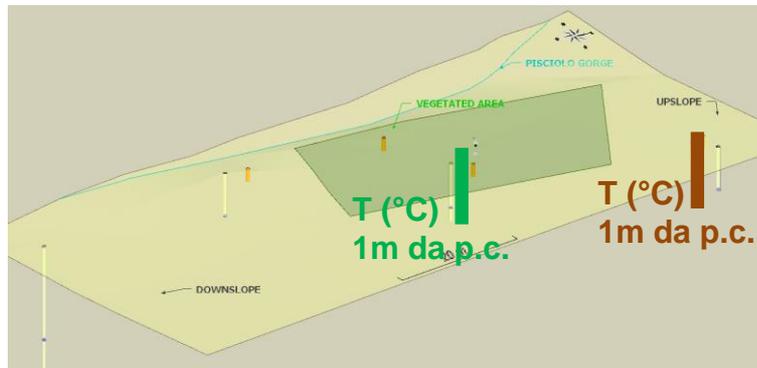


TASK 2.2:
Indagini e Rilievi

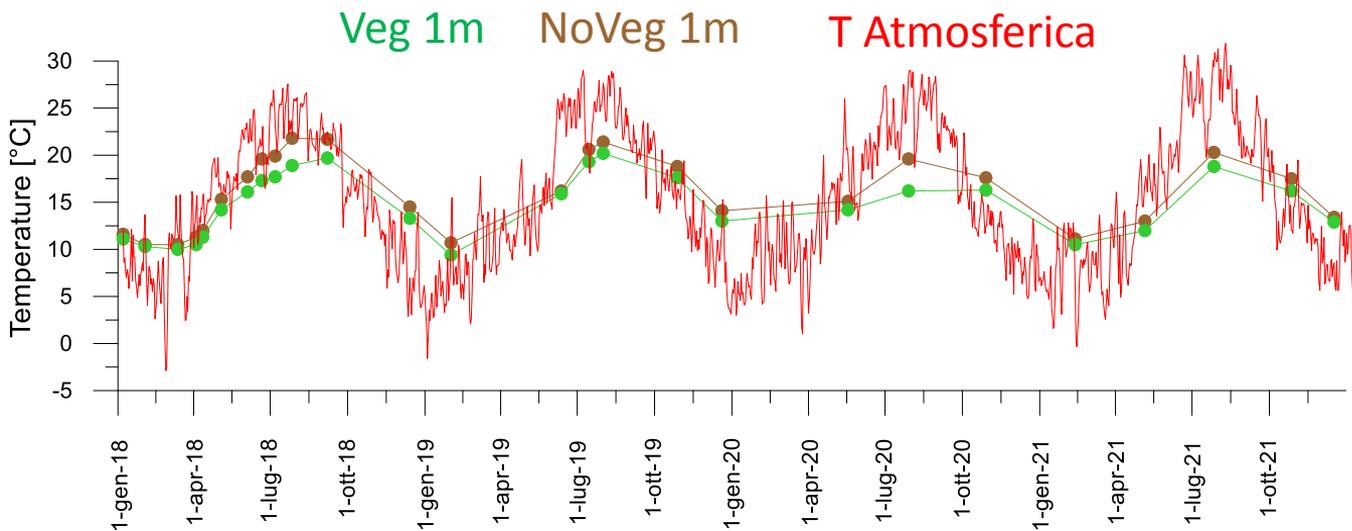
TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ



Monitoraggio di temperatura tramite sonda MPS-6

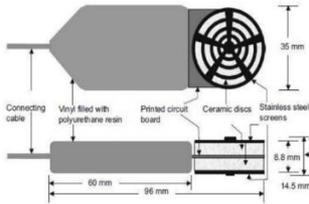


Temperatura nel terreno con il tempo, dentro e fuori la zona vegetata

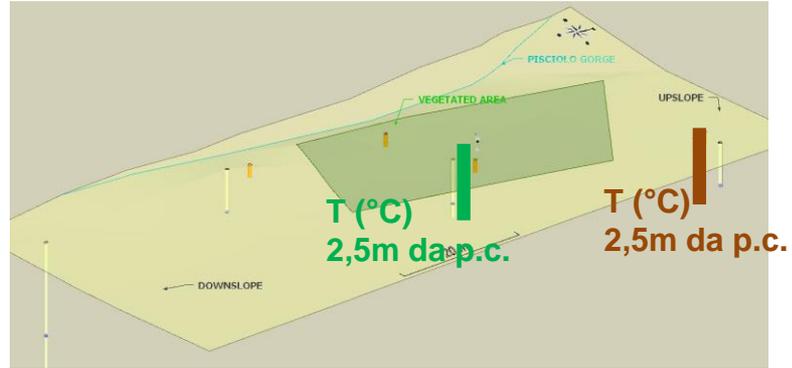


TASK 2.2:
Indagini e
Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di
monitoraggio
in situ

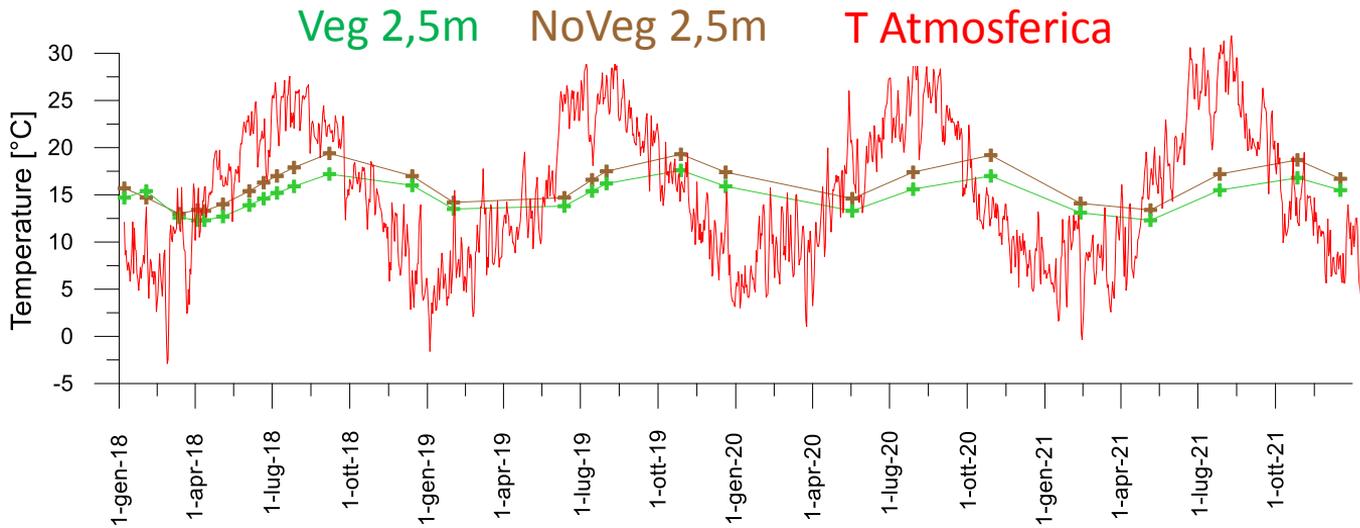


Monitoraggio di temperatura tramite sonda MPS-6



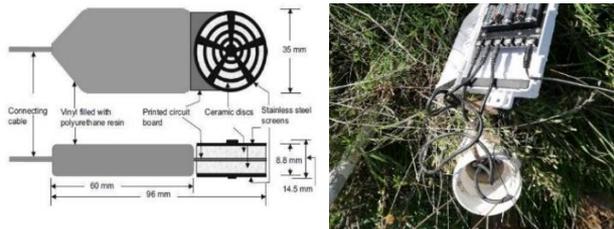
**EFFETTO TAMPONE
DELLA VEGETAZIONE
SULLA
PENETRAZIONE DEL
CALORE**

**EFFETTO
OMBREGGIAMENTO
DELLA VEGETAZIONE**

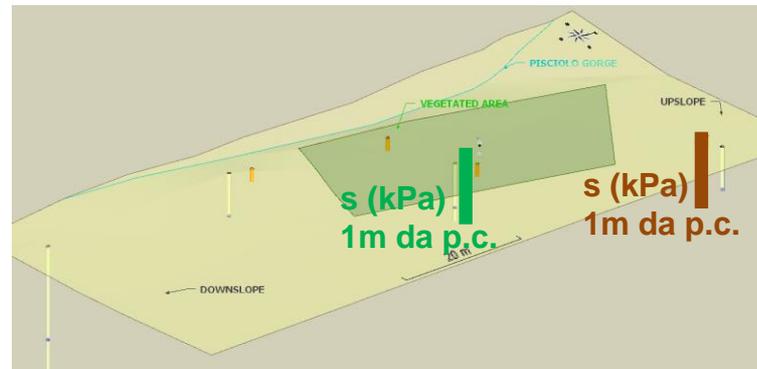


TASK 2.2: Indagini e Rilievi

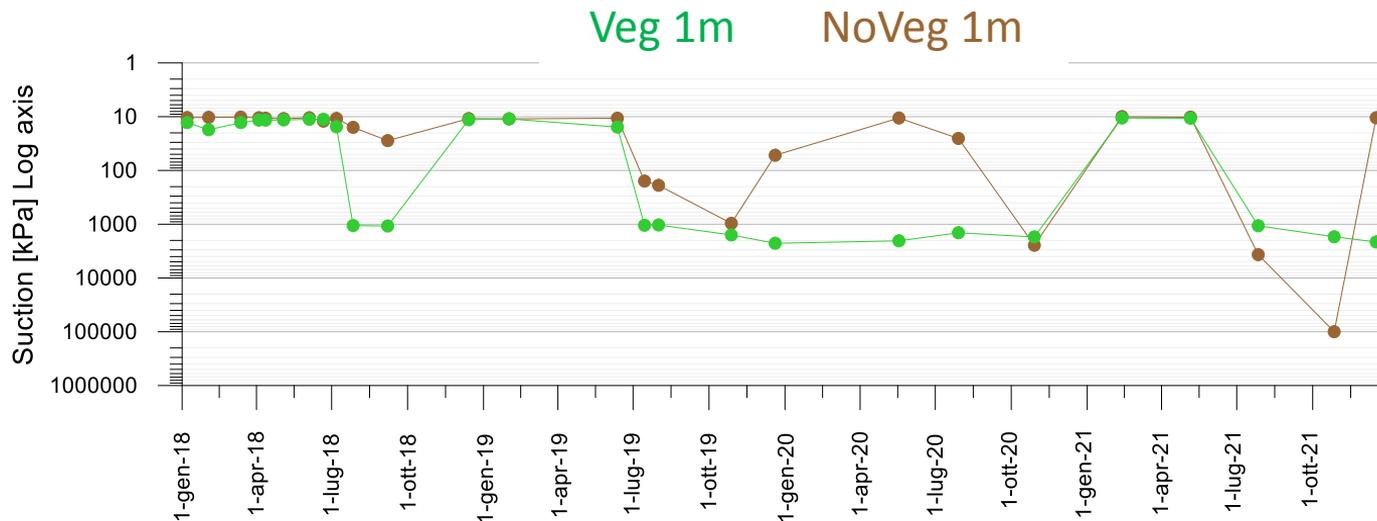
TASK 4.2: Sistema di monitoraggio in situ



Monitoraggio della Suzione tramite sonda MPS-6

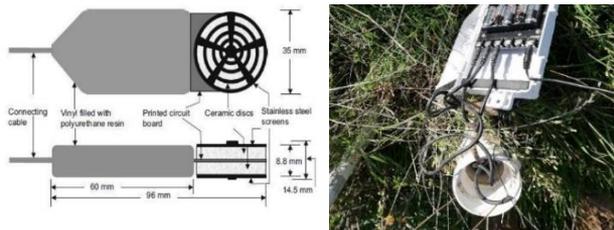


Suzione nel terreno
con il tempo, dentro
e fuori la zona
vegetata

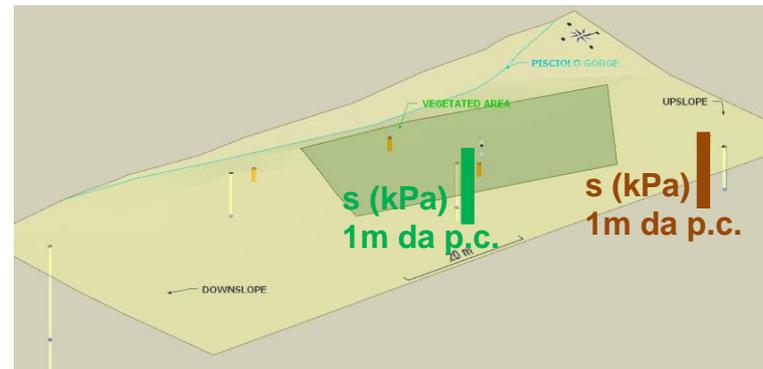


TASK 2.2:
Indagini e
Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di
monitoraggio
in situ

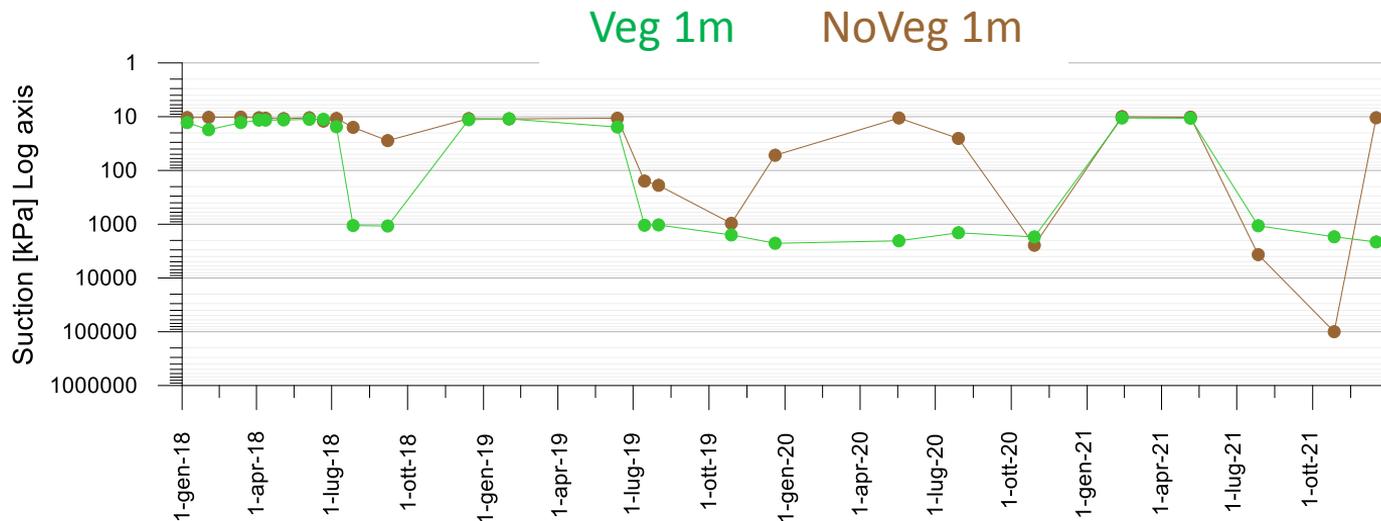


Monitoraggio della Suzione tramite sonda MPS-6



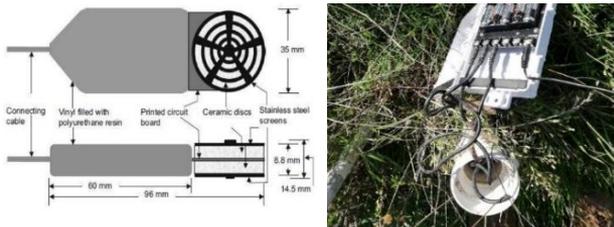
**LA VEGETAZIONE
TENDE A MANTENERE
LA SUZIONE A CIRCA
2000-3000 kPa**

**LA ZONA NON
VEGETATA SUBISCE
FLUTTUAZIONI DI
SUZIONE PIÙ AMPIE**

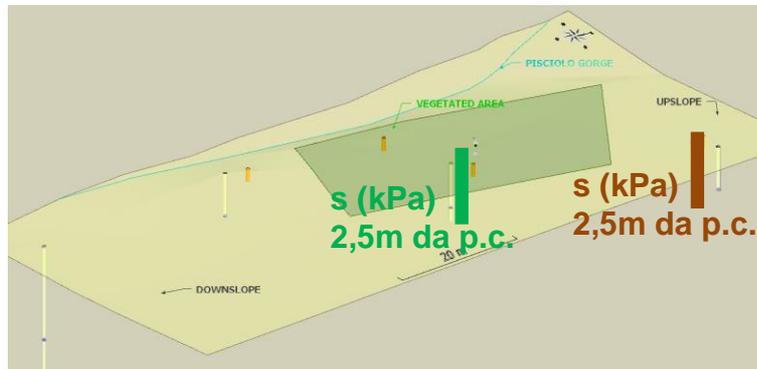


TASK 2.2:
Indagini e Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ

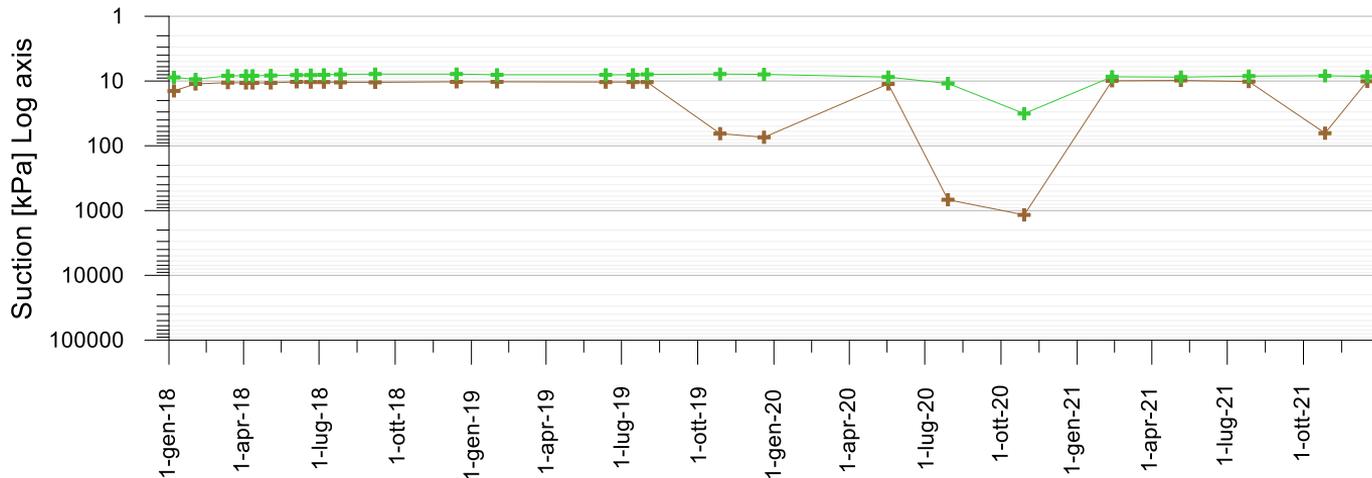


Monitoraggio della Suzione tramite sonda MPS-6



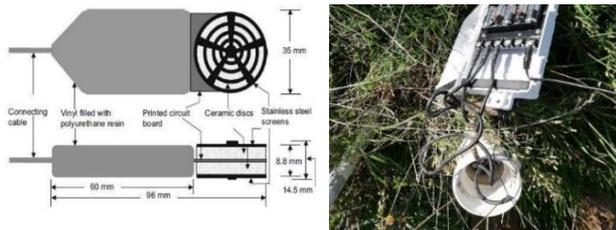
Veg 2,5m NoVeg 2,5m

Suzione nel terreno con il tempo, dentro e fuori la zona vegetata

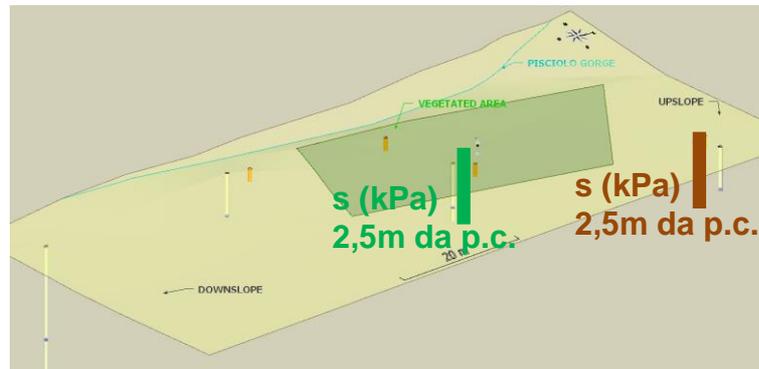


TASK 2.2: Indagini e Rilievi

TASK 4.2: Sistema di monitoraggio in situ

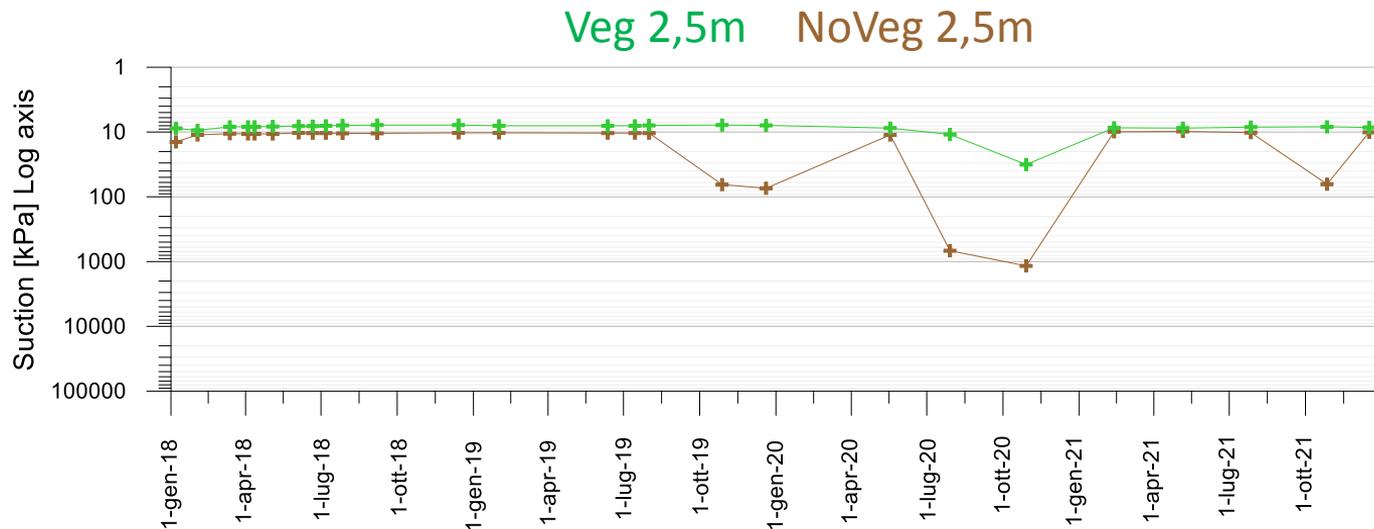


Monitoraggio della Suzione tramite sonda MPS-6



**LA SUZIONE NELLA
ZONA VEGETATA
TENDE AD ESSERE
BASSA (INCLUSO
GROSSOLANO)**

**LA ZONA NON
VEGETATA SUBISCE
FLUTTUAZIONI DI
SUZIONE AMPIE
ANCHE A 2,5m**



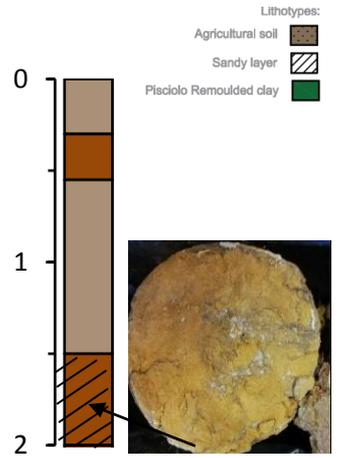
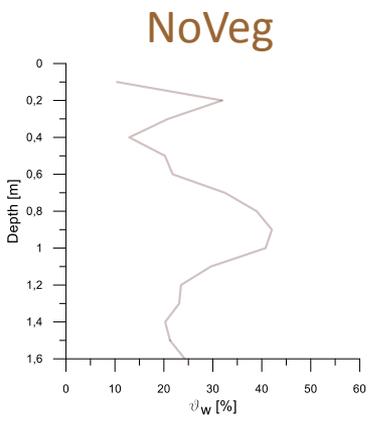
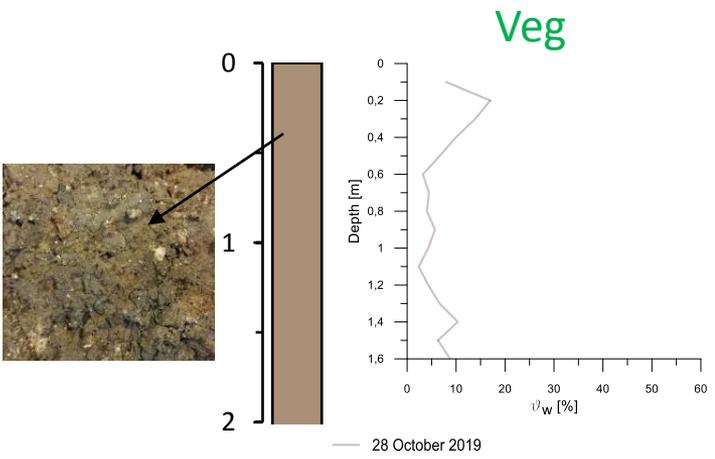
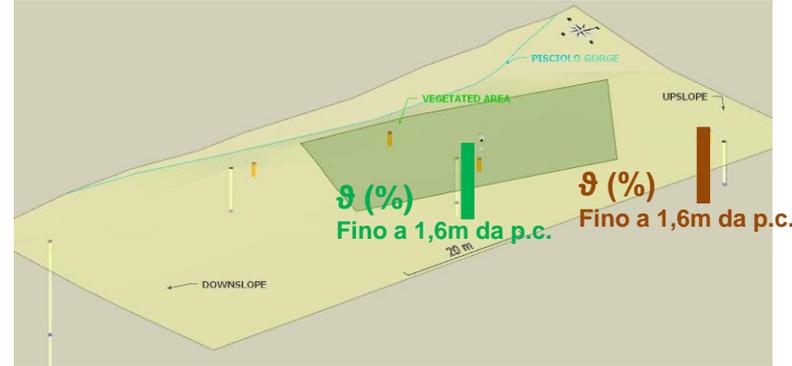
TASK 2.2:
Indagini e Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ



Sonda capacitiva per il monitoraggio del contenuto d'acqua con la profondità

Contenuto d'acqua con la profondità nel terreno con il tempo, dentro e fuori la zona vegetata



Periodo di riferimento da da un'Ottobre al successive Ottobre

— 28 October 2019

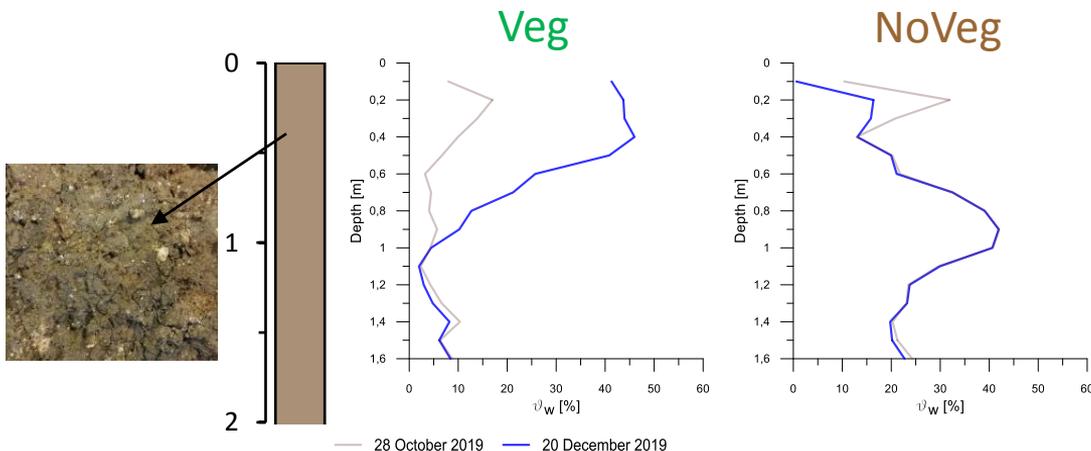
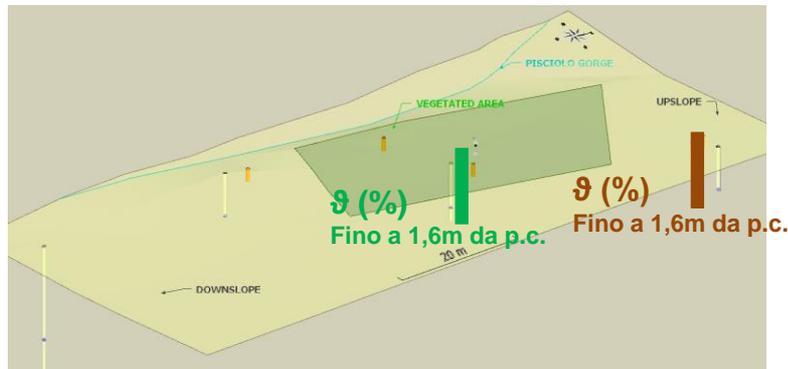
TASK 2.2:
Indagini e Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ

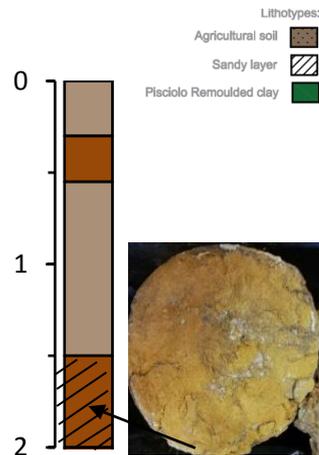


Sonda capacitiva per il monitoraggio del contenuto d'acqua con la profondità

Contenuto d'acqua con la profondità nel terreno con il tempo, dentro e fuori la zona vegetata



— 28 October 2019 — 20 December 2019



Periodo di riferimento da da un'Ottobre al successive Ottobre

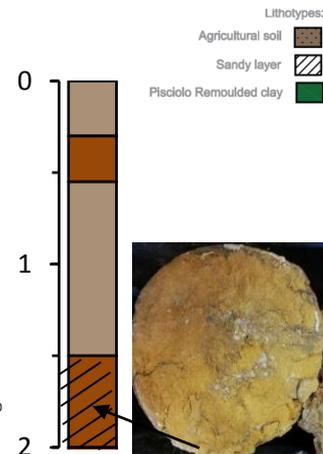
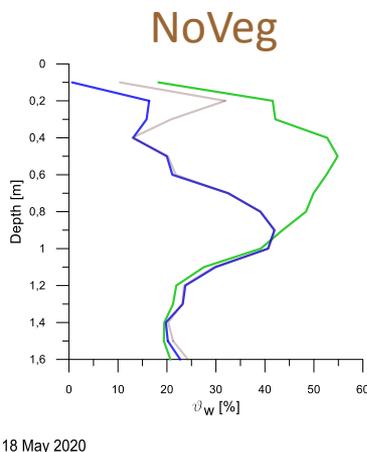
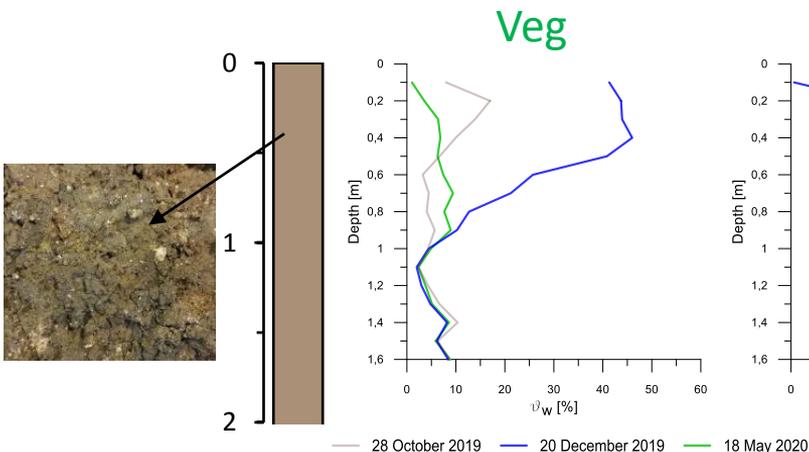
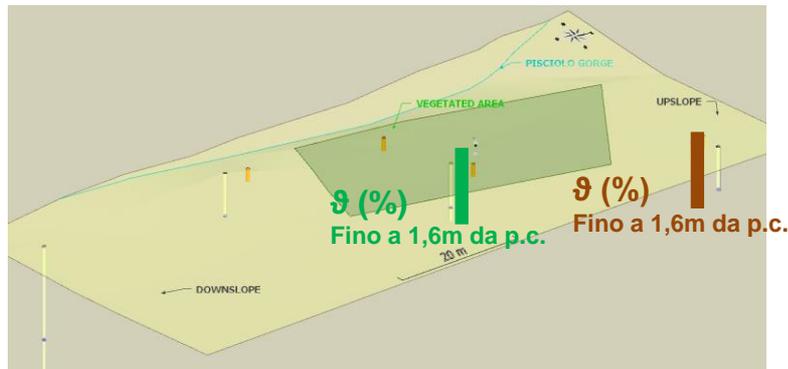
TASK 2.2:
Indagini e Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ



Sonda capacitiva per il monitoraggio del contenuto d'acqua con la profondità

Contenuto d'acqua con la profondità nel terreno con il tempo, dentro e fuori la zona vegetata



Periodo di riferimento da da un'Ottobre al successive Ottobre

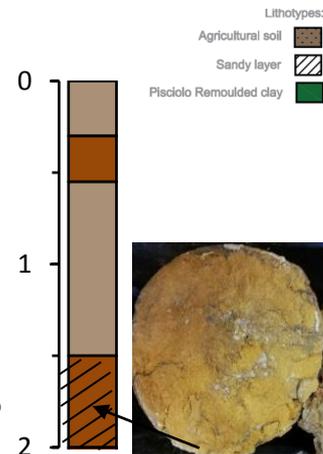
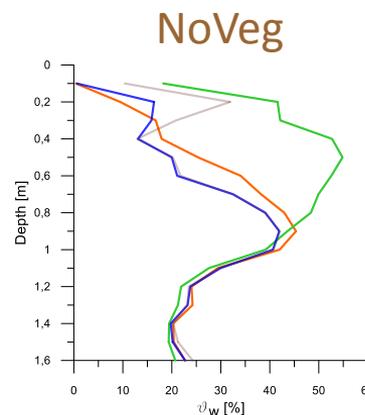
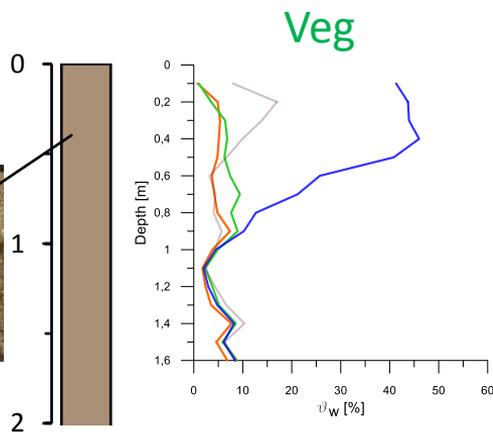
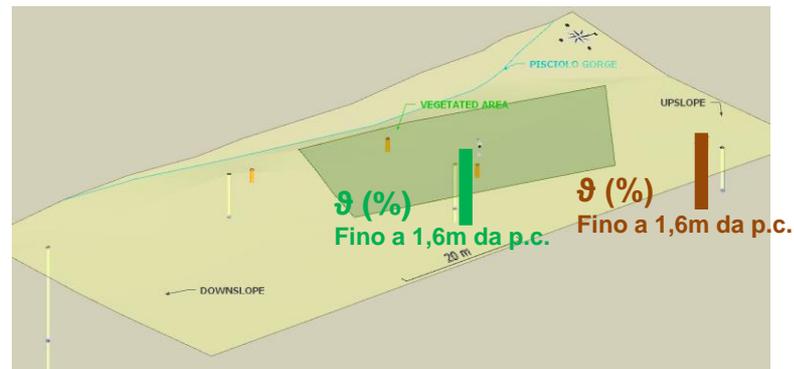
TASK 2.2: Indagini e Rilievi

TASK 4.2: Sistema di monitoraggio in situ



Sonda capacitiva per il monitoraggio del contenuto d'acqua con la profondità

Contenuto d'acqua con la profondità nel terreno con il tempo, dentro e fuori la zona vegetata



Periodo di riferimento da da un'Ottobre al successive Ottobre

— 28 October 2019 — 20 December 2019 — 18 May 2020 — 29 July 2020

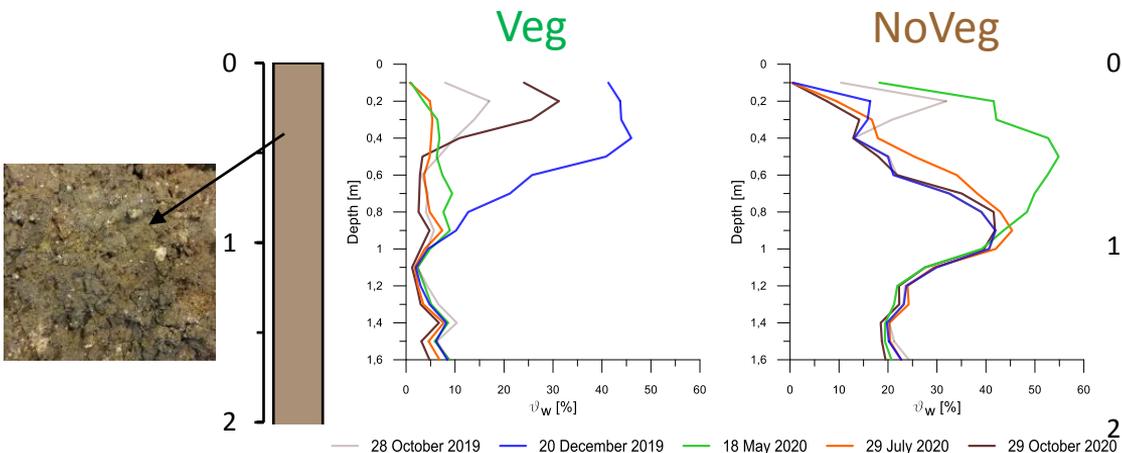
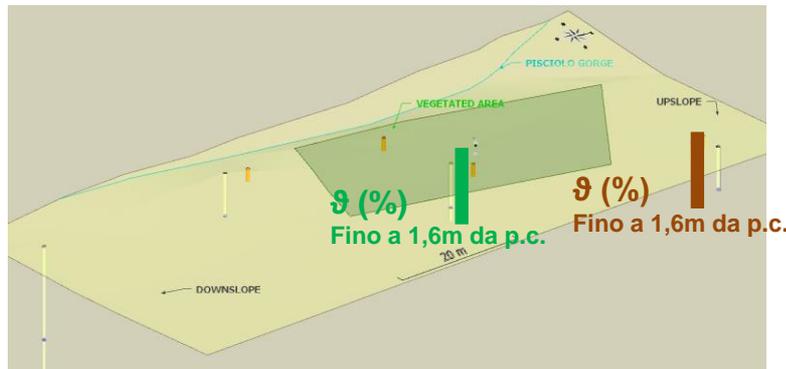
TASK 2.2:
Indagini e Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ



Sonda capacitiva per il monitoraggio del contenuto d'acqua con la profondità

Contenuto d'acqua con la profondità nel terreno con il tempo, dentro e fuori la zona vegetata



Periodo di riferimento da da un'Ottobre al successive Ottobre

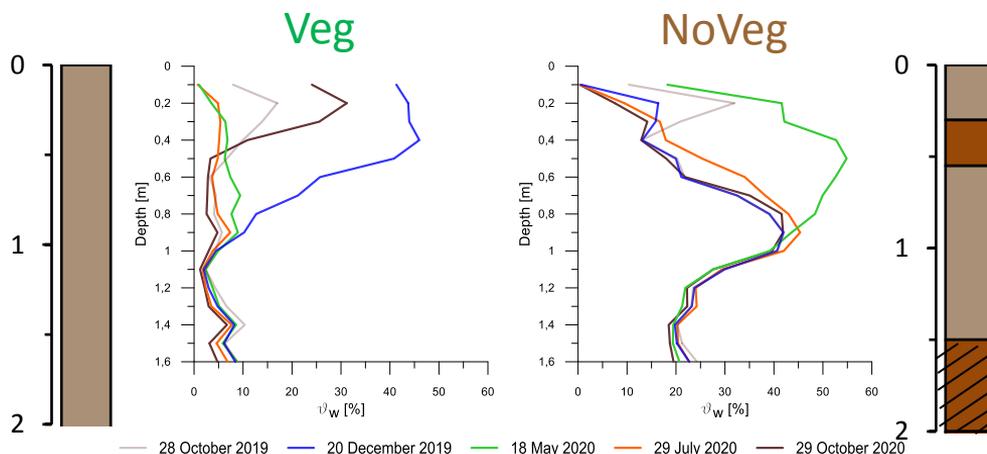
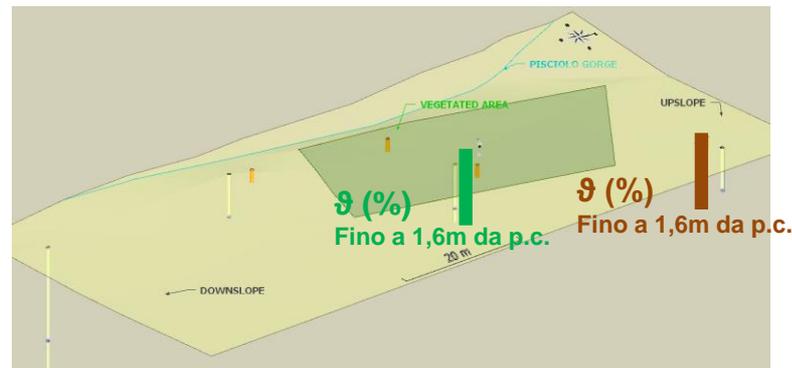
TASK 2.2:
Indagini e
Rilievi

TASK 4.2:
Sistema di
monitoraggio
in situ



Sonda capacitiva per
il monitoraggio del
contenuto d'acqua
con la profondità

**Contenuto d'acqua con la
profondità nel terreno con il
tempo, dentro e fuori la zona
vegetata**

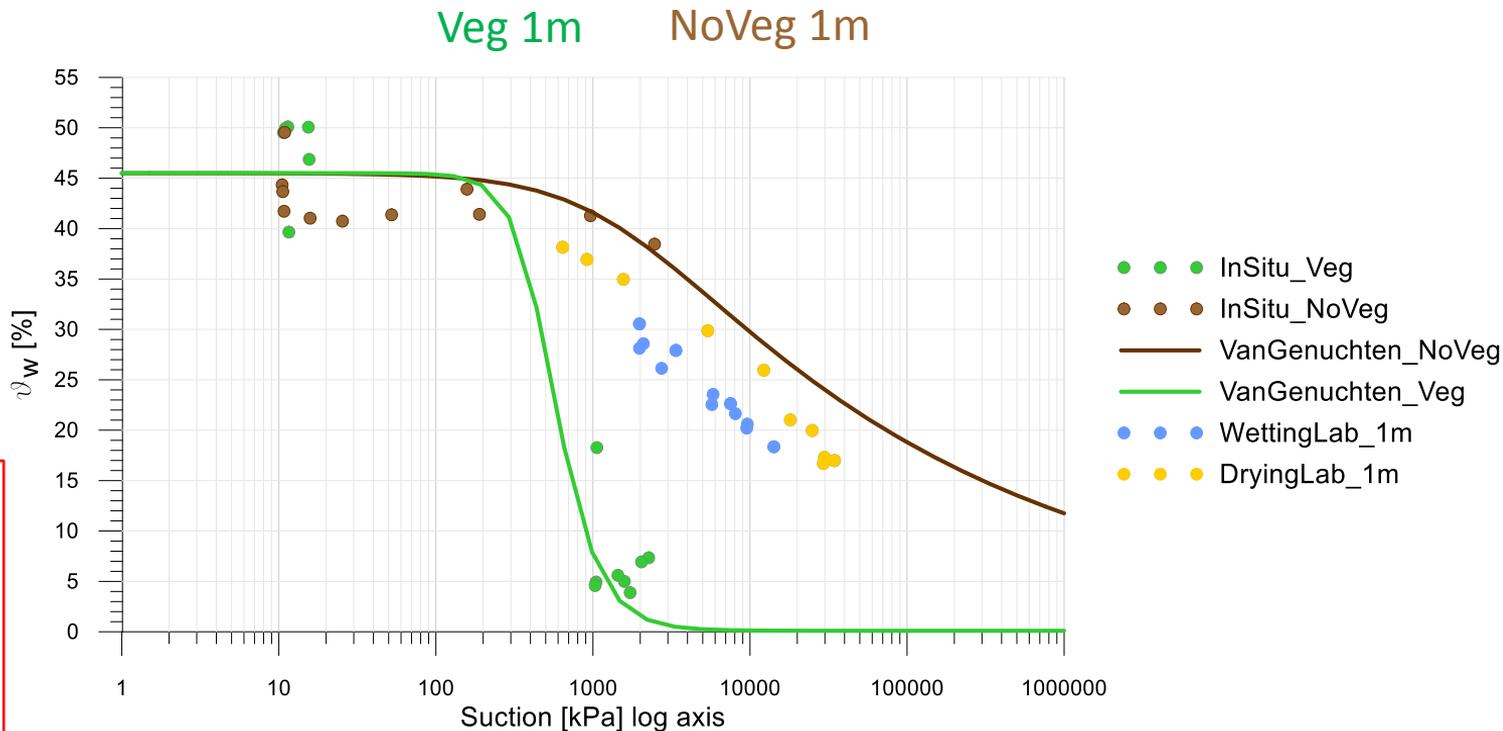


**NELLA ZONA VEGETATA I
CONTENUTI D'ACQUA SI
MANTENGONO
MEDIAMENTE PIÙ BASSI**

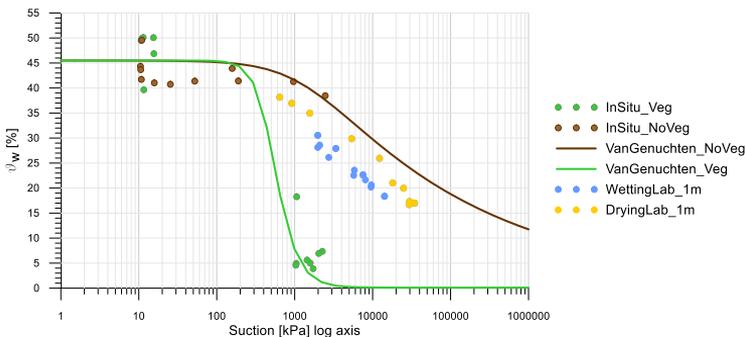
**LA VEGETAZIONE
DISCONNETTE
PARZIALMENTE IL TERRENO
DALLA FORZANTE CLIMATICA**

TASK 2.2:
Indagini e
Rilievi
TASK 4.2:
Sistema di
monitoraggio
in situ

**LA RADICE TENDE
A MODIFICARE LO
STATO FISICO DEL
MATERIALE E NE
CAMBIA LE
CAPACITÀ
RITENTIVE**



TASK 2.2:
Indagini e Rilievi
TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ



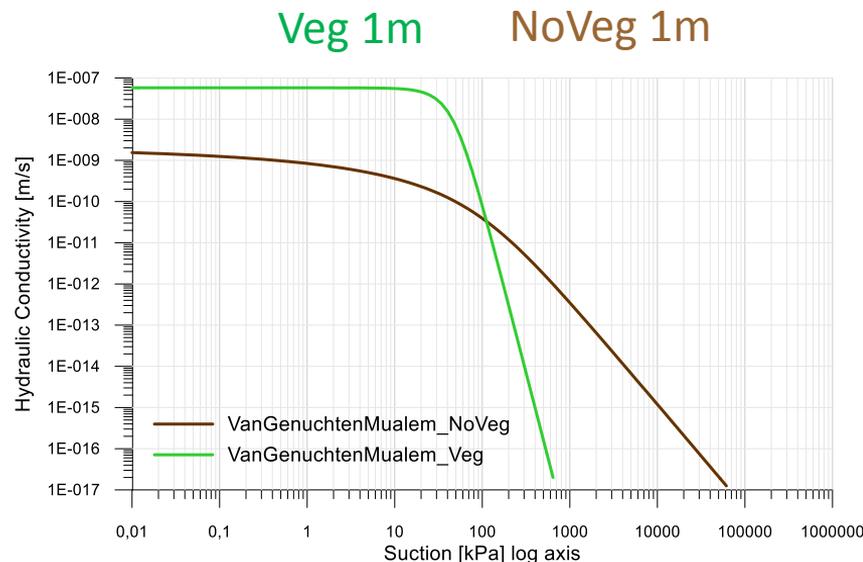
Determinazione della conducibilità idraulica saturata in situ a 0,5 m da p.c. (Permeametro di Guelph)

(Tagarelli V. & Cotecchia F., 2022, Italian Geotechnical Journal)

LA CRESCITA DELL'APPARATO RADICALE TENDE AD AUMENTARE LEGGERMENTE LA PERMEABILITÀ SATURA DEL MATERIALE

$$k_{sat} = 5,77 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$k_{sat} = 1,54 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$$

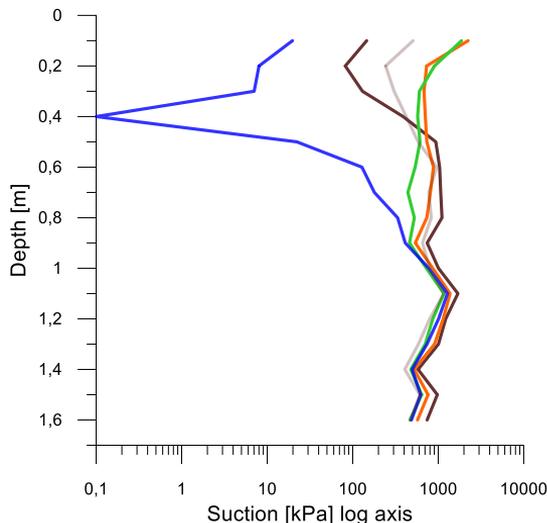


TASK 2.2:
Indagini e Rilievi

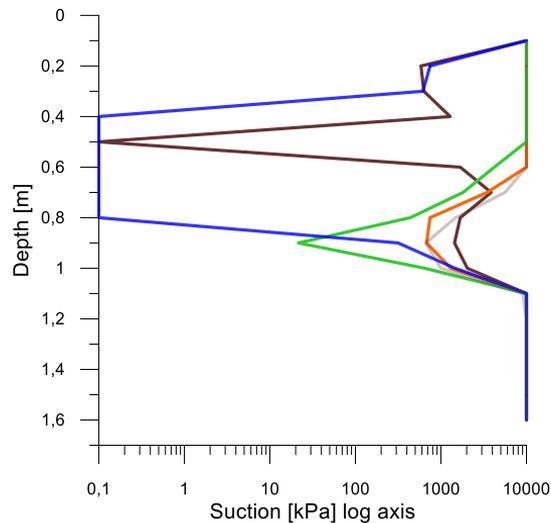
TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ

Profili di suzione ottenuti a partire dai profili di contenuto d'acqua e dalle curve di ritenzione in situ

Area Vegetata



Area non Vegetata



— 28 October 2019 — 20 December 2019 — 18 May 2020 — 29 July 2020 — 29 October 2020

LE SUZIONI NELLA ZONA VEGETATA SONO MENO FLUTTUANTI NEL TEMPO

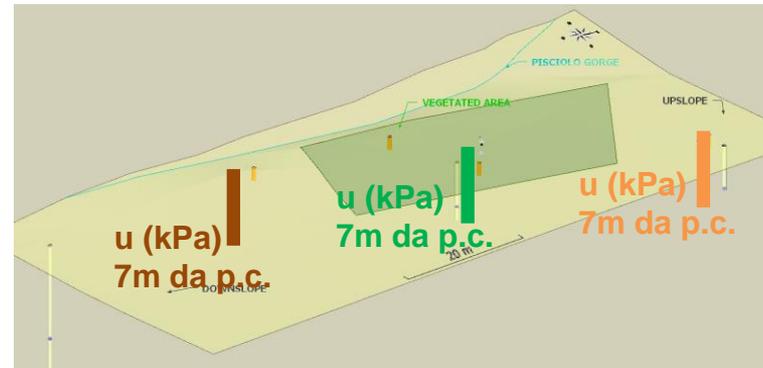
LE SUZIONI NELLA ZONA NON VEGETATA SONO PIÙ FLUTTUANTI NEL TEMPO E DIVENTANO POTENZIALMENTE ALTISSIME A PIANO CAMPAGNA

TASK 2.2: Indagini e Rilievi

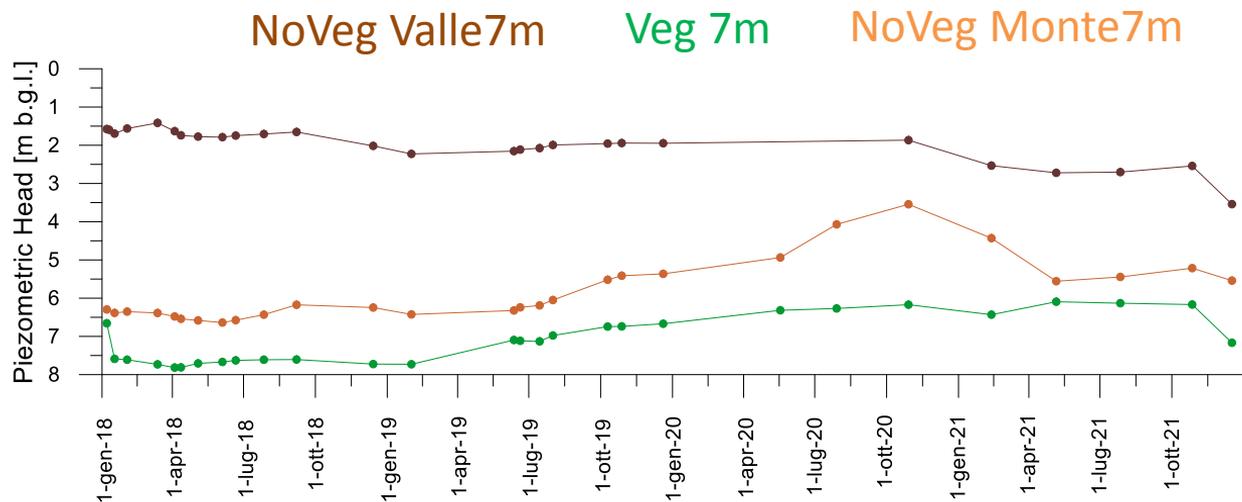
TASK 4.2: Sistema di monitoraggio in situ



Monitoraggio della
pressione
interstiziale tramite
piezometri elettrici



Pressione interstiziale nel
terreno a 7 metri di
profondità con il tempo,
dentro e fuori la zona
vegetata

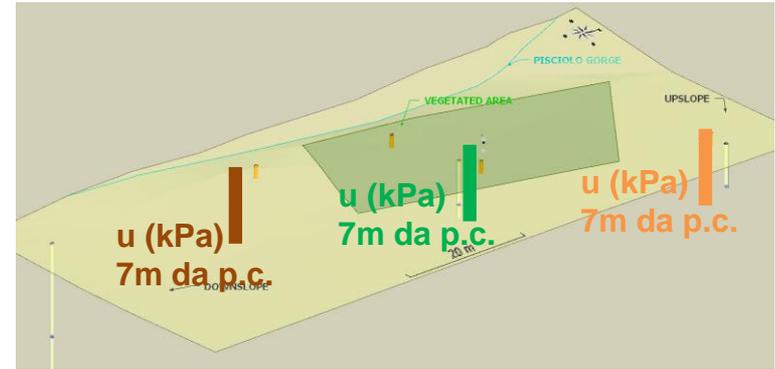


TASK 2.2:
Indagini e Rilievi

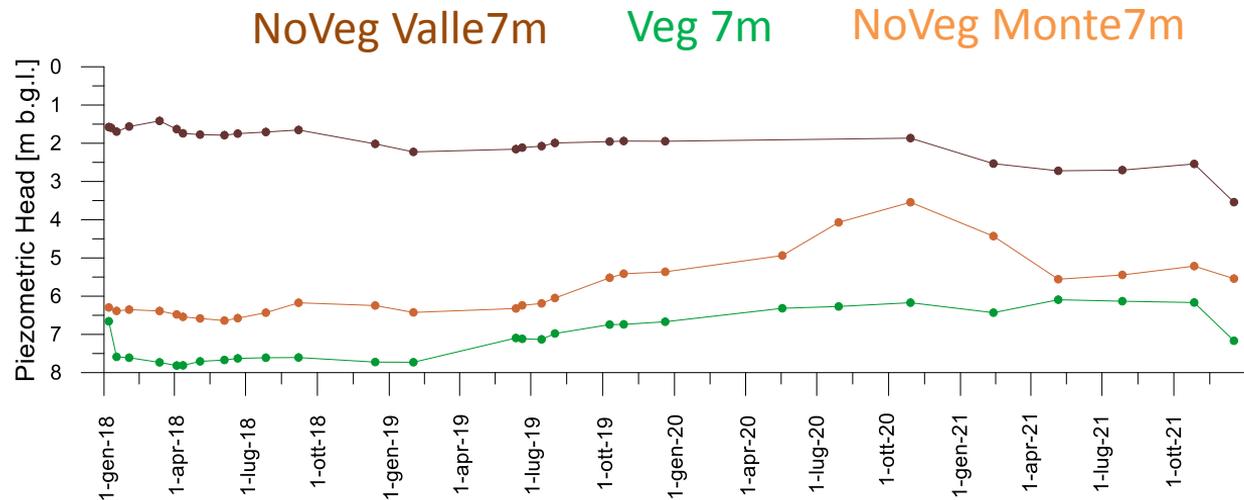
TASK 4.2:
Sistema di monitoraggio in situ



Monitoraggio della pressione interstiziale tramite piezometri elettrici



LA VEGETAZIONE APPIATTISCE ANCHE LE FLUTTUAZIONI DELLE PRESSIONI INTERSTIZIALI, CHE FUORI INVECE SONO PIÙ VARIABILI NEL TEMPO



1. La caratterizzazione idro-meccanica condotta, in condizione satura e parzialmente satura, ha permesso di mostrare come la curva di ritenzione del terreno nella zona vegetata vari rispetto a quella corrispettivo al materiale intatto; in particolare la tendenza del terreno nella zona vegetate va verso una minore capacità di ritenzione dell'acqua;
2. La vegetazione selezionata riduce il contenuto d'acqua nel terreno, come potenzialmente atteso, e questo dovrebbe causare con il tempo la riduzione delle pressioni interstiziali più in profondità;
3. Le suzioni corrispondenti ai profili di contenuto d'acqua misurati non oscillano nel tempo in un vasto range di valori di suzione, a causa della nuova capacità ritentiva assunta, e questo è positivo visto che il terreno della coltre non sperimenta fratturazione da essiccamento;
4. La coltre occupata dalla vegetazione selezionata pare essere in grado di disconnettere parzialmente le variazioni dello stato del terreno in profondità rispetto alla forzante climatica; questa circostanza non appare altrettanto vera dove è presente la vegetazione spontanea.

CONCLUSIONI:

- I risultati della ricerca danno fiducia l'utilizzo della vegetazione selezionata a radicazione profonda per la mitigazione degli effetti instabilizzanti del clima sull'equilibrio del pendio.

SVILUPPI FUTURI:

- Si sta effettuando un upgrade del sistema di monitoraggio in situ, che vedrà un incremento dei punti di misura, ed il passaggio ad una acquisizione in continuo ed in remoto;
- Si adotteranno inoltre tecniche di misura avanzate per il monitoraggio dell'interazione terreno-vegetazione-atmosfera, come ad esempio, tecniche indirette per il monitoraggio della crescita dell'apparato radicale, e per l'evoluzione nell'anno della vegetazione;
- Verrà effettuata una modellazione numerica, prima semplificata e poi avanzata, dell'interazione pendio-vegetazione-atmosfera implementando i flussi traspirativi della vegetazione nonché le proprietà costitutive del terreno con radici, per simulare l'azione della vegetazione selezionata.

MITIGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANA TRAMITE INTERVENTI EFFICIENTI E SOSTENIBILI

Tagarelli V., Cotecchia, F.; (2022). Coupled hydro-mechanical analysis of the effects of medium depth drainage trenches mitigating deep landslide activity. *Engineering Geology*, Volume 297, 2022, 106510, ISSN 0013-7952, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106510>.

Tagarelli V., Cotecchia, F.; (2022) Preliminary field data of selected deep-rooted vegetation effects on the slope-vegetation-atmosphere interaction: results from an in-situ test. Accettato dalla *Rivista Italiana di Geotecnica (RIG)*.

Studio sperimentale dell'efficacia di vegetazione selezionata a radicazione profonda per la mitigazione della franosità