

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "Federico II"



Facoltà di Ingegneria
Corso di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

**Mitigazione del rischio da frana mediante
tecniche d'ingegneria naturalistica:
un'applicazione nel Comune di Moschiano (AV).**

RELATORE

prof. D. Calcaterra

CORRELATORI

prof. M. Pasquino

Dr. Geol. G. Doronzo

Agrotecnico S. Papaccio

CANDIDATO

matr. 049/666 Antonio Nastri

Indice

Introduzione	1
Capitolo 1. L'ingegneria naturalistica	
1.1. Le origini e le tappe storiche	3
1.2. Che cos'è l'ingegneria naturalistica?	13
1.3. Obiettivi e finalità	14
1.4. Criteri generali e limiti di applicazione	16
1.5. Criteri di scelta delle specie vegetali	22
1.6. Epoca di raccolta del materiale vegetale	24
1.7. Manutenzione dell'opera	27
1.8. Campi di applicazione	29
1.8.1. L'IN per la stabilità dei versanti	31
Capitolo 2. Il Vallo di Lauro	
2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico	34
2.2. Le frane nei depositi piroclastici: l'evento del 5-6 maggio 1998	40
2.3. Il ruolo della circolazione idrica sotterranea nei dissesti di versante	46
Capitolo 3. La progettazione in Ingegneria Naturalistica	
3.1. La base scientifica	48
3.2. Il ruolo dell'impianto vegetale	51
3.3. La sperimentazione ed il monitoraggio	58

Capitolo 4. Il progetto	
4.1. Geologia e geomorfologia dell'area d'intervento	60
4.2. Analisi vegetazionale	70
4.3. La scelta delle specie utilizzate nell'intervento	82
4.4. Definizione tipologica dell'opera	91
4.5. Aspetti tecnico-operativi dell'intervento	94
4.6. Verifiche di stabilità del versante: metodologia di calcolo	100
4.7. Caratteristiche tecniche della palificata viva doppia	101
4.8. Caratteristiche tecniche del muro a gravità di progetto	102
4.9. Caratteristiche tecniche del muro esistente ai piedi del versante	103
4.10. Metodo della superficie di scorrimento piana	104
4.11. Metodo della superficie di scorrimento circolare	128
4.12. La verifica con Ecocrib	153
4.12.1. Il programma	153
4.12.2. Le elaborazioni	156
4.13. Considerazioni sui coefficienti di sicurezza	158
4.14. Le variazioni nel tempo degli FS delle palificate vive	160
Capitolo 5. Il cantiere	
5.1. Generalità	168
5.2. L'approvvigionamento dei materiali	171
5.2.1. Gli inerti	171
5.2.2. Il materiale vegetale vivo	172
5.3. Le attività di cantiere	175
5.4. Computo metrico estimativo	189
Capitolo 6. Il monitoraggio	
6.1 Considerazioni ed analisi dei dati	195
Conclusioni	200
Bibliografia	205

Indice degli allegati

Allegati nel testo

Scheda 1	Acero (<i>Acer campestre</i>)	74
Scheda 2	Carpinello (<i>Ostrya carpinifolia</i>)	75
Scheda 3	Ontano napoletano (<i>Alnus cordata</i>)	76
Scheda 4	Orniello (<i>Fraxinus ornus</i>)	77
Scheda 5	Pioppo tremolo (<i>Populus tremula</i>)	78
Scheda 6	Roverella (<i>Quercus pubescens</i>)	79
Scheda 7	Sanguinello (<i>Cornus sanguinea</i>)	80
Scheda 8	Castagno (<i>Castanea sativa</i>)	81
Scheda 9	Nocciolo (<i>Corylus avellana</i>)	83
Scheda 10	Vimine (<i>Salix viminalis</i>)	84
Scheda 11	Biancospino (<i>Crataegus monogyna</i>)	85
Scheda 12	Fillirea (<i>Phyllirea angustifolia</i>)	86
Scheda 13	Laurotino (<i>Viburnum tinus</i>)	87

Allegato 1	Cronoprogramma di cantiere	176
Allegato 2	Attività del primo giorno di cantiere.	177
Allegato 3	Attività del secondo giorno di cantiere.	178
Allegato 4	Attività del terzo giorno di cantiere.	179
Allegato 5	Attività del quarto giorno di cantiere.	180
Allegato 6	Attività del quinto giorno di cantiere.	181
Allegato 7	Messa a dimora di talee	182
Allegato 8	Piantagione di arbusti	183
Allegato 9	Gradonata con talee e/o piantine	184
Allegato 10	Palificata viva a parete semplice e/o doppia	185
Allegato 11	Grata viva su scarpata	186
Allegato 12	Canaletta in legname e pietrame	187
Allegato 13	Cuneo drenante in pietrame	188

Allegati fuori testo	204
----------------------	-----

Abbreviazioni nel testo

Ass.to	Assessorato
AA.VV.	Autori vari
B.U.R.C.	Bollettino ufficiale della regione Campania
Circ.	Circolare
cit.	Citato/citazione
Comm.Gov.	Commissariato di Governo
Conf.	Conference
Congr.	Congresso
delib.	deliberazione
dip.	Dipartimento
es.	esempio
extr.	extract
Fac.	Facoltà
FS	Coefficiente di sicurezza
G.R.	Giunta regionale
IN	Ingegneria naturalistica
Int.	International
O.N.G.	Ordine nazionale dei geologi
O.P.C.M.	Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri
Ord.	Ordinanza
Proc.	Proceedings
Prot. Civ.	Protezione Civile
Pubbl.	Pubblicato
Sch.	Scheda
succ.	successive
Symp.	Symposium
Univ.	Università

Introduzione

Il tema principale del presente lavoro è la mitigazione del rischio da frana delle coltri piroclastiche nella regione Campania utilizzando tecniche di Ingegneria Naturalistica (IN).

Allo stesso tempo si vogliono capire e mettere in evidenza le differenze tra le opere classiche dell'ingegneria civile e le "nuove" tecniche di IN applicabili nel campo della stabilità dei versanti.

Sin da ora si vuole sottolineare e precisare che gli interventi d'IN non possono essere utilizzati nella totalità dei casi ma solo in specifiche applicazioni. In particolare, e lo si vedrà meglio in seguito, si può certamente affermare che lì dove le forze ed i volumi in gioco sono di una certa entità non c'è ombra di dubbio che le possibilità offerte dall'ingegneria classica non hanno ne' eguali ne' alternative.

Negli altri casi, invece, si potrà pensare ad un intervento utilizzando tecniche d'IN.

Già la terminologia con la quale viene identificata questa categoria di opere richiama alla mente interventi che, dal punto di vista dell'impatto ambientale o, più semplicemente, dal punto di vista "estetico" hanno un basso impatto sul territorio e sul paesaggio.

Spesso si parla di verde ma non bisogna dimenticare che uno dei fondamenti dell'IN è l'utilizzo delle piante come materiali da costruzione. Questa condizione fondamentale è ben evidente nella definizione di Schiechl (1973): *"l'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiali da costruzione, di piante viventi, di parti di piante o addirittura di intere biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali non viventi come pietrame, terra, legname, acciaio"*.

Ciò fa capire la fondamentale differenza tra l'IN e le più comuni pratiche di giardinaggio.

Comunque sarà il tecnico che, dopo aver fatto le opportune valutazioni, "sceglierà" la tipologia dell'intervento tra quelle offerte dall'ingegneria tradizionale (legata all'utilizzo del c.a.) o dall'IN.

In ogni caso la scelta sarà anche e sicuramente influenzata sia dal fattore economico, nonché, talvolta, dall'iter formativo-culturale del decisore.

A tale scopo è bene ricordare che, mentre tecniche classiche godono di applicazioni consolidate (nel caso del cemento armato, da più di mezzo secolo), supportate da numerosi dati sperimentali, le "nuove" tecniche d'IN sono relativamente giovani e non possono vantare un altrettanto ricco patrimonio di informazioni.

Ciò si ripercuote, negativamente, sul fatto di non poter ipotizzare, con adeguata precisione, la variazione delle caratteristiche di "resistenza" nel tempo.

Una delle tante caratteristiche che differenziano e contraddistinguono le due tecniche operative è nella tipologia dei materiali utilizzati. Infatti, mentre l'ingegneria classica opera con materiali di origine industriale controllati e certificati nelle specifiche proprietà meccaniche, l'ingegneria naturalistica utilizza prevalentemente materiali di origine naturale (tutto quello che la natura, intesa nel suo senso più generale, ci mette a disposizione) fatta eccezione per alcuni particolari costruttivi (es. chiodature in tondino di ferro). Questi ultimi, vengono realizzati con materiali che non sono certamente disponibili in natura. Comunque, essi rappresentano una piccolissima parte dell'intera opera, tanto da non tenerne conto nel bilancio totale.

Lo scopo di questo lavoro è proporre, in taluni contesti, l'utilizzo dell'IN in luogo delle pur valide opere d'ingegneria "tradizionale".

A tale scopo è stato realizzato un intervento (palificata viva a doppia parete con gradonata viva in testa) nel territorio comunale di Moschiano (AV).

Bibliografia

Nella colonna Liv. Int. è stato indicato il livello di interesse della fonte bibliografica relativamente ed esclusivamente per il presente lavoro.

- ▲ poca o scarsa informazione.
- ▲▲ sufficiente contenuto di informazioni.
- ▲▲▲ contenuto di informazioni più che soddisfacente.
- ▲▲▲▲ elevato livello di informazione.
- ▲▲▲▲▲ un vero punto di riferimento.

	Liv. Int.
Geologia e geotecnica	
ADRIANI L. - AMITRANO G. <i>La sicurezza dei terrapieni nei confronti dello slittamento.</i> Istituto di Scienza delle costruzioni Un v. "Federico II" Napoli pp.309-314	▲▲▲▲▲
AMANTI M. - CASAGLI N. - CATANI F. - D'OREFICE M. - MOTTERAN G. <i>Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione.</i> In Miscellanea Servizio Geologico VII pp.3-19. ed. Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato. Roma,1996	▲▲
AMITRANO G. <i>Sulla crisi per rotazione dei terrapieni.</i> Istituto di Scienza delle costruzioni Univ. "Federico II" Napoli pp.345-354.	▲▲▲▲▲
AUTORITA' DI BACINO NORD-OCCIDENTALE DELLA CAMPANIA Piano stralcio per l'assetto idrogeologico. Valutazione del rischio da frana- aspetti geologici. Bacino del Quindici. □ Carta delle coperture; □ Carta geologica; □ Carta geomorfologica; □ Carta degli interventi strutturali; □ Carta della pericolosità da fenomeni di esondazione ed alluvionamento; □ Carta del rischio da frana; □ Carta del rischio idraulico; □ Carta della suscettibilità all'inscavo di frana; □ Carta dell'uso del suolo.	▲▲▲▲▲
CALCATERRA D. - DEL PRETE S. - MELE R. <i>L'influenza dei fenomeni franosi sugli insediamenti costieri del distretto flegreo (Campania, Italia).</i> In Int. Conf. CITTAM 2003 "La riqualificazione delle coste del Mediterraneo fra tradizione, sviluppo e interventi sostenibili" Napoli 26-28 giugno 2003. Arte tipografica editrice. Napoli,2003, pp.524-534.	▲
CALCATERRA D. - de RISO R. - SANTO A. <i>Landslides hazard and risk mapping. experiences from Campania, Italy.</i> Extr. to "Fast slope movements prediction and prevention for risk mitigation" Naples 11-13 May 2003. Patron editore. Bologna, pp.63-70. Associazione Geotecnica Italiana.	▲▲▲

CALCATERRA D. - GUARINO P.M.

Dinamica morfologica e fenomeni franosi recenti nell'area collinare napoletana (settore occidentale).

In *Geologia Tecnica & Ambientale* n° 2/99 pp.11-17

▲ ▲

CALCATERRA D. - PARISE M. - PALMA B.

Combining historical and geological data for the assessment of the landslide hazard: a case study from Campania, Italy.

In *Natural hazards and earth system sciences* 2003, pp.3-16. European Geosciences Union 2003

▲ ▲ ▲ ▲ ▲

CALCATERRA D. - PARISE M. - PALMA B. - PELELLA L.

Multiple debris-flow in volcanoclastic materials mantling carbonate slopes.

In *Proc. Of the 2nd int. conf. on debris-flow hazards mitigation*. Taipei-Taiwan 16-18 august 2000. Balkema:Rotterdam, pp.99-107.

▲ ▲ ▲ ▲

CALCATERRA D. - PARISE M. - PALMA B. - PELELLA L.

The May 5th 1998 landsliding event in Campania, southern Italy: inventory of slope movements in the Quindici area.

In *Proc. of the int. symp. on slope stability engineering*. Matsuyama, Japan. 8-11 November 1999. Balkema:Rotterdam, pp.1361-1366.

▲ ▲ ▲ ▲

CALCATERRA D. - PARISE M. - PALMA B. - PELELLA L.

The influence of meteoric events in triggering shallow landslides in pyroclastic deposits of Campania, Italy.

In *Symp. on Landslides- in research, theory and practice*. Vol.1 pp.209-214 Cardiff, June 2000. Ed. Eddie Bromhead, Neil Dixon, Maia-Laura Ibsen.

▲ ▲ ▲ ▲ ▲

CALCATERRA D. - SANTO A. - BUDETTA P. - de RISO R. - DI CRESCENZO G. - FRANCO I. - GALIETTA G. - IOVINELLI R. - NAPOLITANO P. - PALMA B.

Fenomeni franosi connessi all'evento pluviometrico del gennaio 1997 in Penisola Sorrentina - M.ti Lattari: primo contributo.

In *IX Congr. O.N.G.* Roma 17-20 Aprile 1997, pp.223-231.

▲

CASCINI L. - GUIDA D. - ROMANZI G. - NOCERA N. - SORBINO G.

A preliminar model for the landslides of May 1998 in Campania Region.

In *Proc. 2nd Int. Symp. on hard soils soft rocks*. Naples: Balkema (2000) pp.1623-1649

▲ ▲ ▲ ▲ ▲

COLOMBO P. - COLESELLI F.

Flementi di geotecnica Seconda edizione Ed Zanichelli 1996

▲ ▲ ▲

DEL PRETE M. - DEL PRETE R.

Il caso di Quindici (AV) del 5 Maggio 1998 nel quadro dei movimenti di massa distruttivi delle coltri piroclastiche della Campania Occidentale.

In *Quaderni di Geologia Applicata* n°6, pp.79-102 anno 1999.

▲ ▲ ▲

DEL PRETE M. - GUADAGNO F.M. - HAWKINS A.B.

Preliminary report on the landslides of 5 May 1998, Campania, southern Italy. Extr. To Bulletin of Engineering Geology and Environment Vol. 57 n°2. pp.113-129. 1998

▲▲▲

DEL PRETE R. - MASCIOPINTO C. - FICCAGLIA L. - PACE L.

Primi risultati sulla ricostruzione del flusso idrico sotterraneo locale nel substrato calcareo fratturato ai fini della comprensione dei meccanismi d'innesco delle colate detritiche dell'area di Quindici (AV).

In *Acque Sotterranee* n°87 Febbraio 2004, pp 9-16

▲▲

de RISO R. - CALCAIERRA D. - SANTO A.

Le frane per colata rapida in terreni piroclastici: esperienze sugli aspetti geologici in vari contesti campani.

In *"Forum per il rischio idrogeologico in Campania. Fenomeni di colata rapida di fango nel Maggio 1998."* Napoli 22 giugno 2001, pp.57-61.

Comm. di Gov. per l'Emergenza Idrogeologica in Campania. Univ. Di Napoli "Federico II" Fac. di ingegneria.

▲▲▲

EVANGELISTA A.

Appunti di opere di sostegno. Università di Napoli Istituto di Tecnica delle Fondazioni e Costruzioni in terra (geotecnica).

▲▲▲▲▲

FAELLA C. - NIGRO E.

Effetti delle colate rapide sulle costruzioni. Parte prima: descrizione del danno.

In *"Forum per il rischio idrogeologico in Campania. Fenomeni di colata rapida di fango nel Maggio 1998."* Napoli 22 giugno 2001, pp.102-112.

Comm. di Gov. per l'Emergenza Idrogeologica in Campania. Univ. Di Napoli "Federico II" Fac. di ingegneria.

▲▲

FAELLA C. - NIGRO E.

Effetti delle colate rapide sulle costruzioni. Parte seconda: valutazione della velocità d'impatto.

In *"Forum per il rischio idrogeologico in Campania. Fenomeni di colata rapida di fango nel Maggio 1998."* Napoli 22 giugno 2001, pp.113-125.

Comm. di Gov. per l'Emergenza Idrogeologica in Campania. Univ. Di Napoli "Federico II" Fac. di ingegneria.

▲▲

FENELLI G.B.

Appunti del corso di "Geotecnica applicata nella difesa del territorio". Napoli, 2003

▲▲▲▲▲

GUADAGNO F.M.

Debris flow in the Campanian volcanoclastic soils (Southern Italy)

In *Proc. Int. Conf. on the slope stability engineering, development and applications.* Isle of Wight, 1991. pp.109-114.

▲▲▲

GUADAGNO F.M. - PALMIERI M. - SIVIERO V. - VALLARIO A.

La frana di Palma Campania del 22 Febbraio 1986.

In *Geologia Tecnica* n° 4/88, pp.18-29.

▲▲▲▲

GUIDA M. - VALLARIO A.

La lezione di Samo: riflessioni e proposte sull'evento alluvionale del 5/6 Maggio 1998. In *Geologia Tecnica & Ambientale* n° 3/98, pp.3-13.

▲ ▲ ▲

KOENIG G.K. - FURIOZZI B. - BRUNETTI F. - CECCARELLI G.

Tecnologia delle costruzioni 1. 6^a ristampa. Ed. Le Monnier Firenze, 1994

▲ ▲

LAUZI S. - PADOVAN N.

Scheda tecnica per il rilevamento ed il censimento di fenomeni franosi.

In *Geologia Tecnica* n° 4/90, pp.21-32.

▲ ▲

ORMEA G.B.

Teoria e pratica nelle costruzioni. Costruzioni stradali e idrauliche.

Redazione del progetto e condotta lavori Vol. III 5^a edizione Ed Hoepli Milano, 1997.

▲ ▲ ▲

ORMEA G.B.

Teoria e pratica nelle costruzioni. Elementi di statica e di meccanica applicata alle costruzioni. Vol. I 24^a edizione. Ed. Hoepli Milano, 1989.

▲ ▲ ▲

PARISE M. - CALCATERA D. - PALMA B.

Historical data analysis of landsliding and flood events in Campania (Italy), as a tool for the assessment of the landslide hazard.

Extr. to "Landslides" pp.259-267. Ed. Rybär, Stemperk, Wagner. Swets & Zeitlinger. Lisse, 2002.

▲ ▲ ▲ ▲

P.C.D.M. - SERVIZIO GEOLOGICO - C.N.R.

Miscellanea VII. Guida la censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione. Ed. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Roma, 1996.

▲ ▲

TERZAGHI K. - PECK R.B.

Geotecnica. Ed. Utet Torino, 1974.

▲ ▲ ▲ ▲

UNIV. DI NAPOLI, FAC.ING. ISTITUTO DI TECNICA DELLE
FONDAZIONI E COSTRUZIONI IN TERRA

Appunti di Tecnica delle Fondazioni e Costruzioni in terra. Parte I. Elementi di fisica e meccanica dei terreni. Ed trice L'Ateneo Napoli, 1973. pp.231-255

▲ ▲ ▲ ▲ ▲

VALLARIO A.

La frana di Palma Campania del 1986.

In *Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio.* Liguori editore. Napoli, 1992. pp.335-350.

▲ ▲ ▲ ▲ ▲

VALLARIO A.

Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio. Liguori Editore Napoli, 1992.

▲ ▲

Ingegneria naturalistica e botanica

A.I.P.I.N. CAMPANIA – REGIONE CAMPANIA

Atti del convegno "L'ingegneria naturalistica nel quadro di attuazione del P.O.R. Campania" Napoli 9 maggio 2002. Ed. Borghini e Stocchetti

▲▲▲▲

A.I.P.I.N. - E.F.I.B.

Atti del convegno "Efficacia e costi degli interventi di ingegneria naturalistica". pp.5-9 e pp.59-79. Trieste 25,26-27 Novembre 1999.

▲▲▲

ALLIEGRO M.L. – BRUZZESE A.

Interventi sui versanti con tecniche di ingegneria naturalistica. criteri di calcolo.

In Atti del convegno "L'ingegneria naturalistica nel quadro di attuazione del P.O.R. Campania" Napoli 9 maggio 2002. pp. 202-219.

▲▲▲▲▲

AMATO M. - DI MARTINO P. - DI PASQUALE G. - MAZZOLENI S. - MIGLIOZZI A. - STRUMIA S.

Il ruolo della vegetazione nelle frane di Quindici.

In Quaderni di Geologia Applicata 7(1) anno 2000, pp.97-108.

▲▲▲

AA.VV. - ORDINE DEI GEOLOGI DELLA CAMPANIA

Atti del seminario tecnico "Possibilità di utilizzo di tecniche di Ingegneria Naturalistica nella difesa del suolo" Napoli 9-10 dicembre 2004.

▲▲▲▲▲

AA.VV. - ENTE PARCO NAZIONALE DEL VESUVIO

"Interventi di ingegneria naturalistica nel Parco Nazionale del Vesuvio" a cura di Carlo Bifulco. Ed. Ente Parco. Napoli, 2001.

▲▲▲

AA.VV. - PROVINCIA DI TERNI – AGENZIA UMBRA RICERCHE

Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica della provincia di Terni. Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni. Terni, 2003.

▲▲▲▲

AA.VV. REGIONE EMILIA ROMAGNA, Ass.to all'Ambiente, E REGIONE VENETO, Ass.to Agricoltura e foreste.

Manuale tecnico di ingegneria naturalistica. Bologna. 1993.

▲▲

AA.VV. - REGIONE LAZIO Ass.to per l'ambiente, dip. Ambiente e Prot. Civ.

"Manuale di ingegneria naturalistica" Vol.1 applicabile al settore idraulico. Ed. Regione Lazio. Roma,2003.

▲▲▲▲

AA.VV. REGIONE LAZIO Ass.to per l'ambiente, dip. Ambiente e Prot. Civ.

"Manuale di ingegneria naturalistica" Vol.2 applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose. Ed. Regione Lazio. Roma,2003.

▲▲▲▲

AA.VV. - REGIONE LIGURIA Ass.to edilizia, energia e difesa del suolo <i>Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale</i>.pp.115-119. Ed. Regione Liguria. Genova, 1995.	▲ ▲ ▲
AA.VV. - REGIONE TOSCANA <i>Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica. Volume 1 Processi territoriali e criteri metodologici</i>. pp.69-126 Ed. Regione Toscana Collana fiumi e territorio. Firenze, 2001.	▲ ▲ ▲ ▲
AA.VV. - REGIONE TOSCANA <i>Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica. Volume 2 Sviluppo ed applicazioni in Toscana</i>. pp.57-61 Ed. Regione Toscana Collana fiumi e territorio. Firenze, 2001.	▲ ▲ ▲
BISCHETTI G.B. - SIMONATO T. <i>Equilibri di forze</i>. In <i>Acer</i> n° 1/2004. pp.73-77.	▲ ▲
CANEPA G. - LA BARBERA E. - FACCINI F. - ROBBIANO A. <i>Intervento su movimento franoso tramite tecniche di ingegneria naturalistica: il caso di Ambozasco, Val d'Aveto (Appennino Ligure)</i>. In <i>geologia tecnica & ambientale</i> n° 4/2001, pp.33-39.	▲ ▲
CLERICI A. - ANDERLONI S. - FRONTINI D. - SOLER M. <i>La misura di alcuni parametri del terreno influenzati dallo sviluppo della vegetazione</i>. In <i>geologia tecnica & ambientale</i> n° 4/2003, pp.5-14.	▲ ▲ ▲
CORNELINI P. <i>Le origini storiche dell'ingegneria naturalistica nel mondo romano</i>. In <i>"Manuale di ingegneria naturalistica"</i> Vol.2 applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose. Regione Lazio. Roma,2003.	▲ ▲ ▲
DE DOMINICIS – GROTTA M. <i>La disponibilità di materiale vegetale negli interventi di ingegneria naturalistica e recupero ambientale, problematiche e prospettive</i>. In <i>Atti del convegno "L'ingegneria naturalistica nel quadro di attuazione del P.O.R. Campania"</i> Napoli 9 maggio 2002. pp. 126-134.	▲ ▲ ▲
DORONZO G. <i>L'impiego delle tecniche di ingegneria naturalistica in Campania: il quadro normativo</i>. In <i>Atti del seminario tecnico "Possibilità di utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica nella difesa del suolo"</i> Napoli 9-10 dicembre 2004.	▲ ▲ ▲ ▲ ▲
DORONZO G. <i>Progettazione di opere d'ingegneria naturalistica: i prezzi</i>. In <i>Atti del convegno "L'ingegneria naturalistica nel quadro di attuazione del P.O.R. Campania"</i> Napoli 9 maggio 2002. pp. 51-66.	▲ ▲ ▲ ▲

FANTUCCI R.

La dendrogeomorfologia nello studio dei movimenti di versante: alcune recenti applicazioni in Italia. In *geologia tecnica & ambientale* n° 2/1997, pp.21-31.

▲

FLORINETH F.

"L'idoneità di piante legnose per il consolidamento di versanti franosi"

In *Atti del convegno A.I.P.I.N. – E.F.I.B. "Efficacia e costi degli interventi di ingegneria naturalistica"*. pp.59-65. Trieste 25,26-27 Novembre 1999

▲▲▲▲

GAGIOPPA P. - PRETI F. - MILANESE C.

Nuova leve. In *Acer* n° 1/2005, pp.59-62.

▲▲

GREPPI M.

La sistemazione dei versanti e la modellistica.

In *Ingegneria naturalistica: dal progetto ai risultati*. pp.15-19. Pubblicazione C.N.R. G.N.D.C.I. n°2817 Ed. Cusl Milano,2003

▲▲

GROTTA M.

Attitudini bioecniche delle piante in relazione agli interventi di ingegneria naturalistica.

In *Atti del convegno "L'ingegneria naturalistica nel quadro di attuazione del P.O.R. Campania"* Napoli 9 maggio 2002. pp. 119-127.

▲▲▲

OGGIONNI F. - CIARMIELLO A.

Un parco consolidato. In *Acer* n° 2/2004, pp.81-84.

▲▲

PAPACCIO S. – DORONZO G.

Opere a verde di ingegneria naturalistica: il piano di manutenzione.

In *Atti del convegno "L'ingegneria naturalistica nel quadro di attuazione del P.O.R. Campania"* Napoli 9 maggio 2002. pp. 169-179.

▲▲▲▲▲

POLUNIN O.

Guida agli alberi ed arbusti d'Europa. Ed. Zanichelli. Milano, 1977.

▲▲▲▲▲

PRETI F. - CANTINI C.

Stabilità nel tempo delle palificate vive allo slittamento ed al ribaltamento

In *Ingegneria naturalistica: dal progetto ai risultati*. pp.48-58. Pubblicazione C.N.R. G.N.D.C.I. n°2817 Ed. Cusl Milano,2003

▲▲▲▲▲

PUGLISI S.

Dagli interventi tradizionali ai nuovi obiettivi della sistemazione dei versanti.

In *Ingegneria naturalistica: dal progetto ai risultati*. pp.20-24. Pubblicazione C.N.R. G.N.D.C.I. n°2817 Ed. Cusl Milano,2003.

▲▲

REGIONE CAMPANIA

D.P.G.R. della Campania n°574 del 22/07/2002 *"Regolamento per l'attuazione degli interventi di ingegneria naturalistica nel territorio della regione Campania"*. Allegato Tecnico.

▲▲▲▲▲

ROSSO R.

La base scientifica dell'ingegneria naturalistica ed il ruolo dell'indagine di campo. In Ingegneria naturalistica: dal progetto ai risultati. pp.3-14. ▲▲▲▲▲
Pubblicazione C.N.R. G.N.D.C.I. n°2817 Ed. Cusl Milano,2003

ROSSO R. – De BERNARDI F. – GREPPI M. OTTENZIALI L.

Ingegneria naturalistica: dal progetto ai risultati. ▲▲▲
Pubblicazione C.N.R. G.N.D.C.I. n°2817 Ed. Cusl Milano, 2003.

SAULI G. CORNELINI P.

Deontologia professionale.
In "Manuale di ingegneria naturalistica" Vol.2 applicabile ai settori delle ▲▲▲
strade, cave, discariche e coste sabbiose. Regione Lazio. Roma,2003.

SAULI G. CORNELINI P.

Principi e definizioni
In "Manuale di ingegneria naturalistica" Vol.2 applicabile ai settori delle ▲▲▲
strade, cave, discariche e coste sabbiose. Regione Lazio. Roma,2003.

SCHIEGHTL H.M.

Bioingegneria forestale. Biotecnica naturalistica. basi-materiali da ▲▲▲▲▲
costruzione vivi-metodi. II edizione. Ed. Castaldi-Feltre Belluno,1991

TASSO R.

Considerazioni geologico-tecniche sui limiti di applicabilità delle opere di
ingegneria naturalistica nella sistemazione dei versanti. ▲▲
In Atti del convegno "L'ingegneria naturalistica nel quadro di attuazione del
P.O.R. Campania" Napoli 9 maggio 2002. pp. 148-156.

TOCCOLINI A.

Piano e progetto di area a verde. Manuale di progettazione. Maggioli ▲▲▲▲
editore, 2002.

Bibliografia generale

AVERSANO V. - RUGGIERO G.

Montagna assassina o vittima? Laveglia Editore Nocera Inferiore, 2000

▲ ▲ ▲

CIONI R. - MARIANELLI P. - SBRANA A.

L'eruzione del 79 d.C. : stratigrafia dei depositi ed impatto sugli insediamenti romani nel settore sud orientale del Somma-Vesuvio.

In Rivista Studi Pompeiani IV 1990 ERMA di Bretschneider. pp.195-197.

▲

DI MAIO SCALA

LIVADIE C.A. - D'ALESSIO G. - MASTROLORENZO G. - ROLANDI G.

Le eruzioni del Somma-Vesuvio in epoca protostorica.

In *Tremblements de terre, éruptions volcaniques et vie des hommes dans la Campanie antique*. Bibliothèque de l'institut français de Naples. Deuxième série – vol. VII Publications du Centre Jean Bérard. Napoli, 1986. pp.55-81

▲ ▲

▲ ▲

MIGALE L. - MILONE A.

Colate di fango in terreni piroclastici della Campania: primi dati della ricerca storica. Rassegna Storica Salernitana 1998 pp. 235-271

▲ ▲

PATTI O

Sarno il Sarno il Sarnese. Ecogeografia dall'acqua alla risorsa.

Edizioni Scientifiche Italiane Napoli, 1999.

▲ ▲

RANIERI S. - YOKOYAMA T.

The Somma-Vesuvius eruptions occurred between 3760 y.BP. and A.D.79

In *Opera Pompeiana* VII, 1997, pp.33-50.

▲

ROLANDI G. - FOGLIAMANZILLO M. - GARGIULO E.

Tesi sperimentale di laurea in vulcanologia: le eruzioni di Avellino e di Ottaviano nel contesto dell'attività del Somma.

Univ. di Napoli "Federico II" Fac. di Scienze Corso di laurea in Scienze Geologiche 1989/90

▲ ▲

SIGURDSSON H. - CAREY S. - CORNELL W. - PESCATORE T.

The Eruption of Vesuvius A.D. 79. In *New Geophysics Research*, a scientific journal. Summer 1985 pp.336-348.

▲ ▲ ▲

Legislazione

O.P.C.D.M. 20 marzo 2003 n°3274

"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Pubbl. G.U. del 08-05-2003 n°135.

▲ ▲

Delib. G.R. della Campania del 7 novembre 2002 n°5447

"Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della regione Campania". Pubbl. B.U.R.C. del 18/11/2002 n°56.

▲ ▲

Delib. G.R. della Campania del 2 agosto 2002 n°3737

"Tariffario ed elenco prezzi – Opere civili ed impianti."

▲ ▲ ▲ ▲ ▲

D.P.G.R. della Campania del 22 luglio 2002 n°574

"Regolamento per l'attuazione degli interventi di ingegneria naturalistica nel territorio della regione Campania". Allegato Tecnico.

▲ ▲ ▲ ▲ ▲

O.P.C.D.M. 12 giugno 1998 n°2788

"Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"

▲ ▲

D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996

"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche". Pubbl. G.U. del 05-02-1996 n°29.

▲ ▲ ▲

O.P.C.D.M. 2 ottobre 2003 n°3316

Modifiche ed integrazioni alla O.P.C.D.M. n°32/4 del 20/03/03 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

▲

D.M. LL.PP. 11 marzo 1988

"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Pubbl. G.U. del 01-06-1988 n°127.

▲ ▲

Abstract

Il tema principale del presente lavoro è la mitigazione del rischio da frana delle coltri piroclastiche nella regione Campania utilizzando tecniche di Ingegneria Naturalistica (IN).

Allo stesso tempo si vogliono capire e mettere in evidenza le differenze tra le opere classiche dell'ingegneria civile e le "nuove" tecniche di IN applicabili nel campo della stabilità dei versanti.

Sin da ora si vuole sottolineare e precisare che gli interventi d'IN non possono essere utilizzati nella totalità dei casi ma solo in specifiche applicazioni. Spesso si parla di verde ma non bisogna dimenticare che uno dei fondamenti dell'IN è l'utilizzo delle piante come materiali da costruzione. Questa condizione fondamentale è ben evidente nella definizione di Schiechl (1973): *"l'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiali da costruzione, di piante viventi, di parti di piante o addirittura di intere biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali non viventi come pietrame, terra, legname, acciaio"*.

Si utilizzano, per descrivere questa tipologia di opere, i termini:

- **ingegneria**, in quanto si utilizzano dati tecnici e scientifici a fini costruttivi;
- **naturalistica**, in quanto tali funzioni sono legate ad organismi viventi;

Una delle tante caratteristiche che differenziano e contraddistinguono le due tecniche operative è nella tipologia dei materiali utilizzati. Infatti, mentre l'ingegneria classica opera con materiali di origine industriale, l'ingegneria naturalistica utilizza prevalentemente materiali di origine naturale (tutto quello che la natura, intesa nel suo senso più generale, ci mette a disposizione) fatta eccezione per alcuni particolari costruttivi (es. chiodature in tondino di ferro).

In particolare i materiali utilizzati si possono classificare nelle seguenti categorie (Prov. di Terni, 2003):

- materiali vegetali vivi, provenienti dal mondo vegetale (es. piante);
- materiali organici inerti naturali ed artificiali, sono quei materiali di origine organica che non hanno capacità vegetativa (es. legno);
- materiali organici ed inorganici naturali, ad esempio il terreno vegetale (organico), i fertilizzanti, i compost (organici), il pietrame ed altri inerti (inorganici);
- materiali inorganici industriali, consentono di integrare efficacemente le tecniche d'IN (es.geogriglie, geotessuti, reti metalliche a doppia torsione).

Lo scopo del presente lavoro è proporre, in taluni contesti, l'utilizzo dell'IN in luogo delle pur valide opere d'ingegneria "tradizionale". In Tabella 1 si propone una sintesi dei vantaggi/svantaggi di un'opera d'IN.

Le tecniche d'IN sono caratterizzate da un basso impatto ambientale e si basano essenzialmente sulle caratteristiche biotecniche di alcune specie vegetali. Le finalità degli interventi d'IN sono principalmente quattro (Cornellini e Sauli, 2003):

1. tecnico-funzionali, ad es. antierosive e di consolidamento di un versante;
2. naturalistiche, in quanto non semplice copertura a verde ma ricostruzione o innesco di ecosistemi paranaturali mediante l'impiego di specie autoctone, miglioramento delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno;
3. paesaggistiche, di "ricucitura" al paesaggio naturale circostante;
4. economiche, in quanto strutture competitive ed alternative ad opere tradizionali (es. muri di cemento "sostituiti" da palificate vive, terre rinforzate rinverdate), risparmio sui costi di costruzione e manutenzione.

La possibilità di utilizzare tecniche d'IN per stabilizzare un pendio in frana dipende da diverse condizioni; prima fra tutte è la profondità della superficie di rottura. Quando questa è piuttosto profonda diventa difficile intervenire, in quanto le opere d'IN dovrebbero avere uno sviluppo verticale incompatibile con i materiali utilizzati. Comunque è possibile utilizzare opere d'IN per integrare interventi eseguiti con tecniche tradizionali.

**Tab.1 Caratteristiche delle opere d'IN rispetto a quelle tradizionali
(da Regione Toscana, 2001)**

Vantaggi	Svantaggi
✓ Deformabilità delle opere e capacità di rigenerare parti danneggiate; ✓ capacità di adattamento ai cambiamenti ambientali; ✓ minor impatto ambientale e, spesso, miglioramento della qualità ambientale ✓ spesso maggior economicità e miglior bilancio energetico; ✓ funzionalità crescente nel tempo.	✓ Minor scelta tra i materiali; ✓ parametri progettuali meno precisi e procedure costruttive non ancora standardizzate; ✓ tempi più lunghi per entrare in piena funzionalità; ✓ limiti tecnici, biologici e temporali; ✓ maggior influenza dei fattori ambientali; ✓ manutenzione regolare e protratta per alcuni anni dall'esecuzione, anche se con intensità decrescente.

Le due tipologie d'intervento spesso presentano vantaggi e svantaggi complementari e pertanto si prestano ad integrarsi funzionalmente ed a essere utilizzate contemporaneamente.

Il consolidamento meccanico è demandato inizialmente a strutture realizzate con materiale vivo e materiale inerte. In seguito, con l'attecchimento e lo sviluppo della parte vegetale, il consolidamento viene assunto dall'apparato radicale delle piante stesse.

In particolare, i limiti all'impiego di materiali costruttivi vivi sono legati a fattori biologici, tecnici e temporali (Schiechl e Stern, 1994):

- ✓ **limiti biologici** (es. zone senza possibilità di sviluppo per le piante per mancanza delle condizioni pedologiche e climatiche, zone con forte inquinamento delle acque);
- ✓ **limiti tecnici** (es. il consolidamento delle scarpate è possibile solo nei corpi terrosi compenetrabili dalle radici e dove la superficie di scorrimento sia ad una profondità compatibile con lo "sviluppo" dell'apparato radicale delle specie utilizzate);
- ✓ **limiti temporali** (es. lavori che coincidono con il "*periodo vegetativo*").

Le considerazioni sin qui fatte mettono in risalto come l'IN non sempre costituisca un'alternativa, ma sia spesso un'integrazione alla costruzione ingegneristiche.

Come si vede si tratta di una nuova disciplina "trasversale" che fa capo a vari settori tecnico-scientifici e quindi, al fine di garantire il rispetto di tutte le componenti coinvolte, il soggetto realizzatore degli interventi deve avvalersi di un'equipe di tecnici qualificati: agronomo, architetto, botanico, forestale, geologo, ingegnere, ecc.

Il ruolo della vegetazione, nelle tecniche d'IN, può sintetizzarsi nelle "attitudini biotecniche" che ogni singola specie vegetale possiede. Con il termine "**attitudine biotecnica**" si indica una pianta che si adegua alle esigenze dettate da un intervento d'IN e quindi, ai fini del suo impiego, dovrebbe possedere le seguenti qualità (Prov. di Terni, 2003):

- ✓ resistenza alla sollecitazione meccanica del germoglio e della radice;
- ✓ resistenza contro la sommersione periodica od episodica;
- ✓ resistenza all'inghiaimento;
- ✓ facoltà di formare nell'acqua radici galleggianti;
- ✓ capacità di resistenza alle sollecitazioni meccaniche;
- ✓ azione consolidante del terreno;
- ✓ facoltà di colonizzare i suoli sterili;
- ✓ resistenza al sale;
- ✓ capacità di crescita.

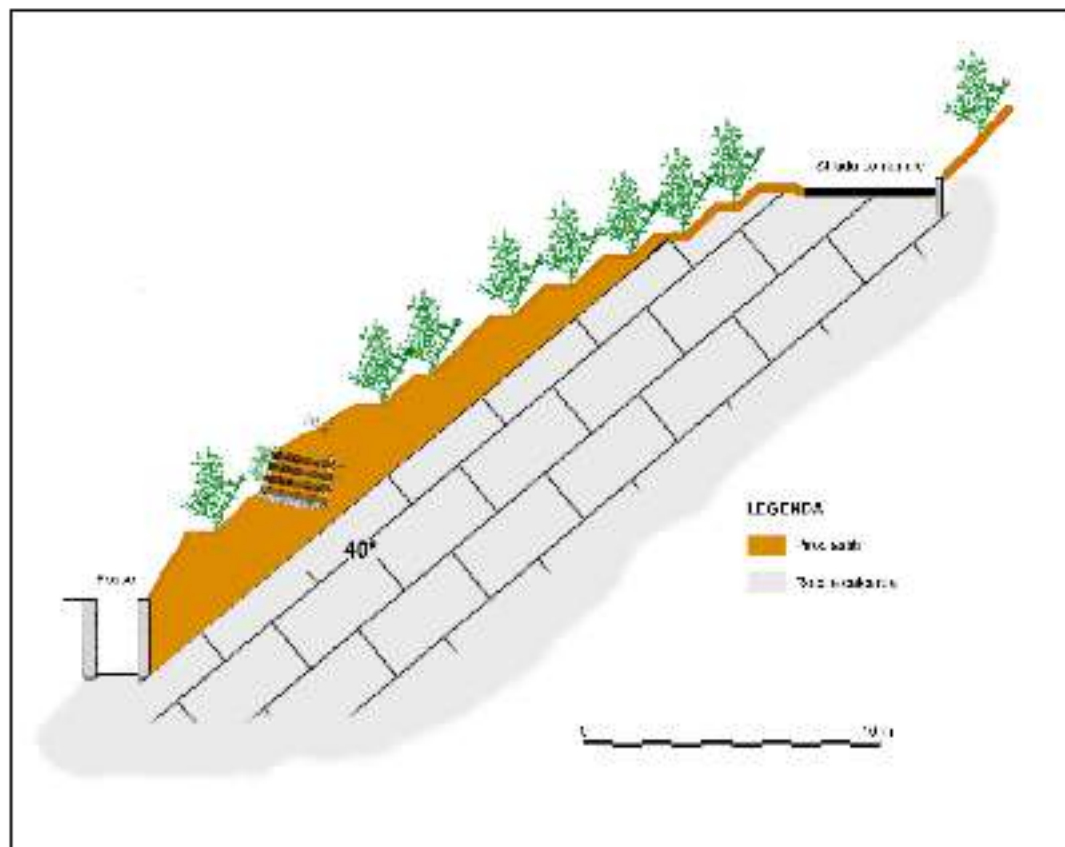
In questo lavoro di tesi ci si occupa di ingegneria naturalistica ed in particolare della sua applicazione nel campo della stabilità dei versanti.

A scopo sperimentale, è stata progettata e realizzata una "palificata viva a doppia parete" come opera di sostegno.

La sezione geologica, da noi elaborata, è caratterizzata da uno strato di materiale piroclastico, con spessore mediamente di circa 2 metri, "poggiato" su un substrato calcareo inclinato di circa 40° rispetto all'orizzontale. La

superficie di separazione, al contatto stratigrafico, è pressoché uniforme. La pericolosità, e da questa il rischio, è data dal possibile innesco di un fenomeno gravitativo (frana) nella coltre piroclastica.

Il versante oggetto di sistemazione presentava segni di dissesto al piede (scalzamento) e ruscellamento superficiale sostenuto per un fronte di lunghezza pari a 5,00 m. La palificata, sistemata al piede del versante, è stata messa in opera, sia per ragioni di stabilità che strettamente legate all'attecchimento ed allo sviluppo della parte vegetale, con un'inclinazione di 10° verso monte (Fig. 1).



Le dimensioni dell'opera sono state determinate utilizzando le informazioni contenute nella sezione geologica.

Le verifiche di stabilità sono state effettuate inizialmente tutte a mano considerando sia una superficie di scorrimento piana (Coulomb, 1776 in Evangelista, 1976) che, successivamente, una superficie di scorrimento circolare (Cerchio di attrito in Univ. di Napoli dip. di geotecnica, 1973). In

seguito sono state elaborate alcune verifiche utilizzando un idoneo codice di calcolo (Ecocrib).

Nella Tabella 2 sono riportati i coefficienti di sicurezza delle verifiche eseguite.

Tab.2 Coefficienti di sicurezza (FS) calcolati.

Tipologia di superficie	Verifica alla stabilità totale del versante sovrastante l'opera		Verifica della palificata viva doppia		
	FS>1,30		FS>1,50	FS>1,30	FS>2,00
	<i>Ante operam</i>	<i>Post operam</i>	Ribaltamento	Scorrimento	Schlacciamento
Superficie di scorrimento piana	0,98	1,41	3,46	2,24	2,70
Superficie di scorrimento circolare	1,08	1,70	3,57	2,41	2,75
Verifiche al calcolatore col software "Ecocrib"			3,53	3,69	4,73
Legenda		Verifica in condizioni statiche			
	0,00	Valori di FS inferiori a quelli imposti dalla normativa			

Lo scheletro della palificata viva a doppia parete è costituito da pali di castagno di diametro nominale $\phi=20$ cm messi in opera gli uni sugli altri a formare un castelletto. La giunzione tra due tronchi si effettua mediante chiodatura metallica.

L'intervento è stato completato con un cuneo di terreno vegetale posto alla sommità della palificata. A corredo era stata prevista una canaletta di drenaggio in legname e pietrame a coronamento dell'opera (fosso di guardia) ed al piede, per allontanare le acque superficiali convogliandole nel sottostante fosso. Durante lo svolgimento del cantiere, per problemi tecnici, parte della canaletta è stata eliminata e sostituita a monte, con un fosso di guardia in terreno ed a valle (al piede della palificata), con un cuneo drenante. Inoltre, sempre in variante, è stata realizzata, una "palificata viva semplice" e su quest'ultima una "grata viva".

Uno degli aspetti da considerare per l'organizzazione dei cantieri d'IN è la "provenienza" dei materiali. Infatti, per le opere d'IN, ed in particolare per la parte vegetale delle stesse, sarebbe opportuno disporre in loco o nelle immediate vicinanze del sito d'intervento.

L'esecuzione di questi cantieri, salvo casi eccezionali di opere particolari, non richiede, attrezzature specialistiche. Nello specifico sono stati utilizzati: utensili manuali (mazza, piccone, pala ecc.), utensili a motore portatili (motosega, trapano ecc.), attrezzature mobili (generatore), autocarri.

È da sottolineare che, in genere, l'incidenza della manodopera (Figg. 2 e 3) nei lavori di difesa del suolo con tecniche d'IN è elevata (fino a circa il 50% dell'importo dei lavori) poiché molte lavorazioni sono svolte completamente a mano.



Fig.____ Analisi dei prezzi Regione Piemonte, 1997 (in Doronzo, 2002).



Fig.____ Analisi dei prezzi AIPIN CAMPANIA, 2002(in Doronzo, 2002).

Nella Figura 4 è riportato il cronoprogramma delle attività di cantiere e la rispettiva figura professionale che le ha svolte.

		Giorni				
		1	2	3	4	5
Approvvigionamento dei materiali	Pali di castagno					
	Pietrame calcareo					
	Terreno vegetale					
	Materiale vegetale "vivo"					
Esecuzione dei lavori	Palificata viva doppia					
	Cuneo di terreno					
	Canaletta e cuneo drenante					
Direzione lavori						
		Antonio Nastri, laureando in Ingegneria per l'ambiente ed il territorio				
		"Cooperativa Vesuvio, natura & lavoro" specializzata nel campo degli interventi di Ingegneria Naturalistica. Squadra composta da n°5 operai				

Per il computo metrico estimativo sono stati utilizzati, volutamente, i prezzi dell'anno 2002 poiché il solo scopo di questa analisi economica è quello di avere un'idea dei costi di entrambe le opere. I costi "previsti" dal computo metrico mettono in risalto una differenza di circa € 1600 a favore dell'intervento di IN.

I prezzi sono stati scelti consultando il "*Prezzario*" parte integrante dell'Allegato Tecnico del "*Regolamento per l'attuazione degli interventi di ingegneria naturalistica nel territorio della regione Campania*" (2002) ed il "*Tariffario ed elenco prezzi delle opere civili ed impianti*" della regione Campania (2002).

Dopo circa quattro mesi e mezzo dalla chiusura del cantiere (14 dicembre 2004) e precisamente il 13 aprile 2005 è stato fatto un primo monitoraggio. In quella occasione, visto anche l'avanzare della stagione, è stato eseguito il conteggio delle piante attecchite, in modo da individuare le fallanze sia in termini totali che distinti per specie. L'analisi dei dati di monitoraggio (Fig.5) evidenzia l'ottima risposta del materiale vegetale vivo, conseguenza di un'accurata scelta delle specie vegetali. In particolare i polloni radicati di nocciolo non hanno avuto nessuna fallanza così come tutte le piante in

vaso. L'alta percentuale di attecchimento dei polloni radicati di nocciolo, è stato un ottimo risultato inatteso.

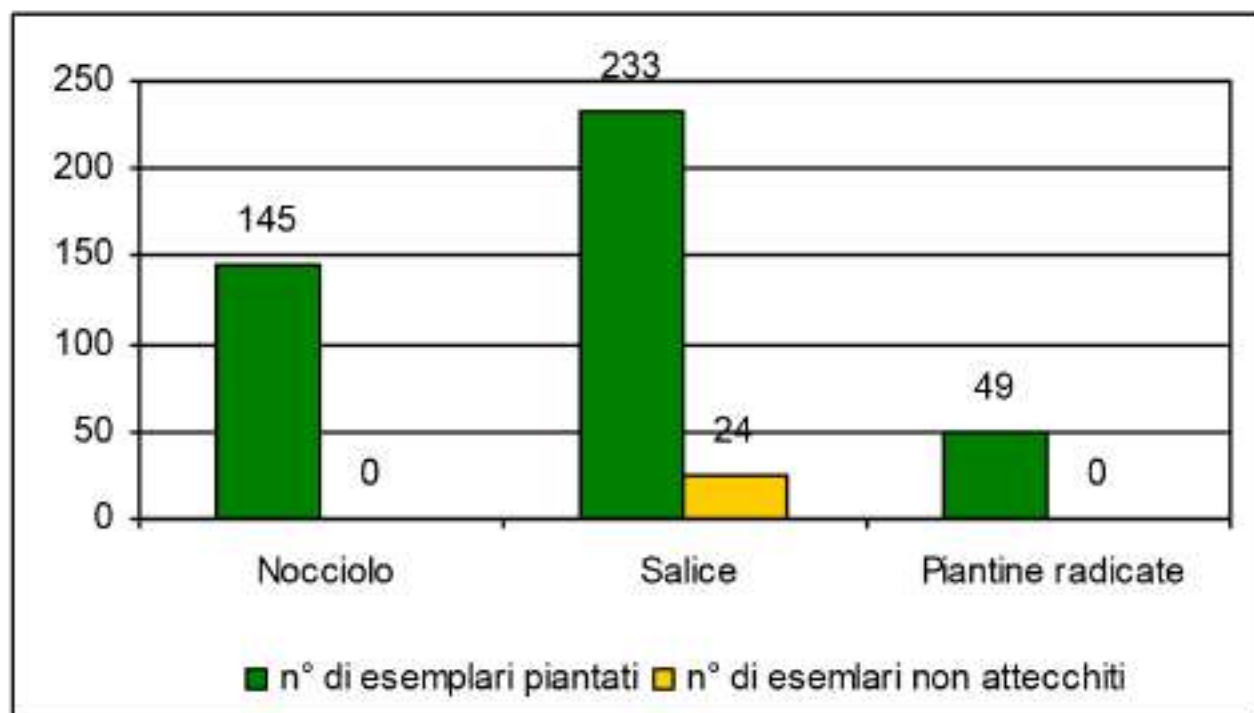


Fig.5 Numero totale delle specie vegetali piantate e piantate ma non attecchite (fallanza).

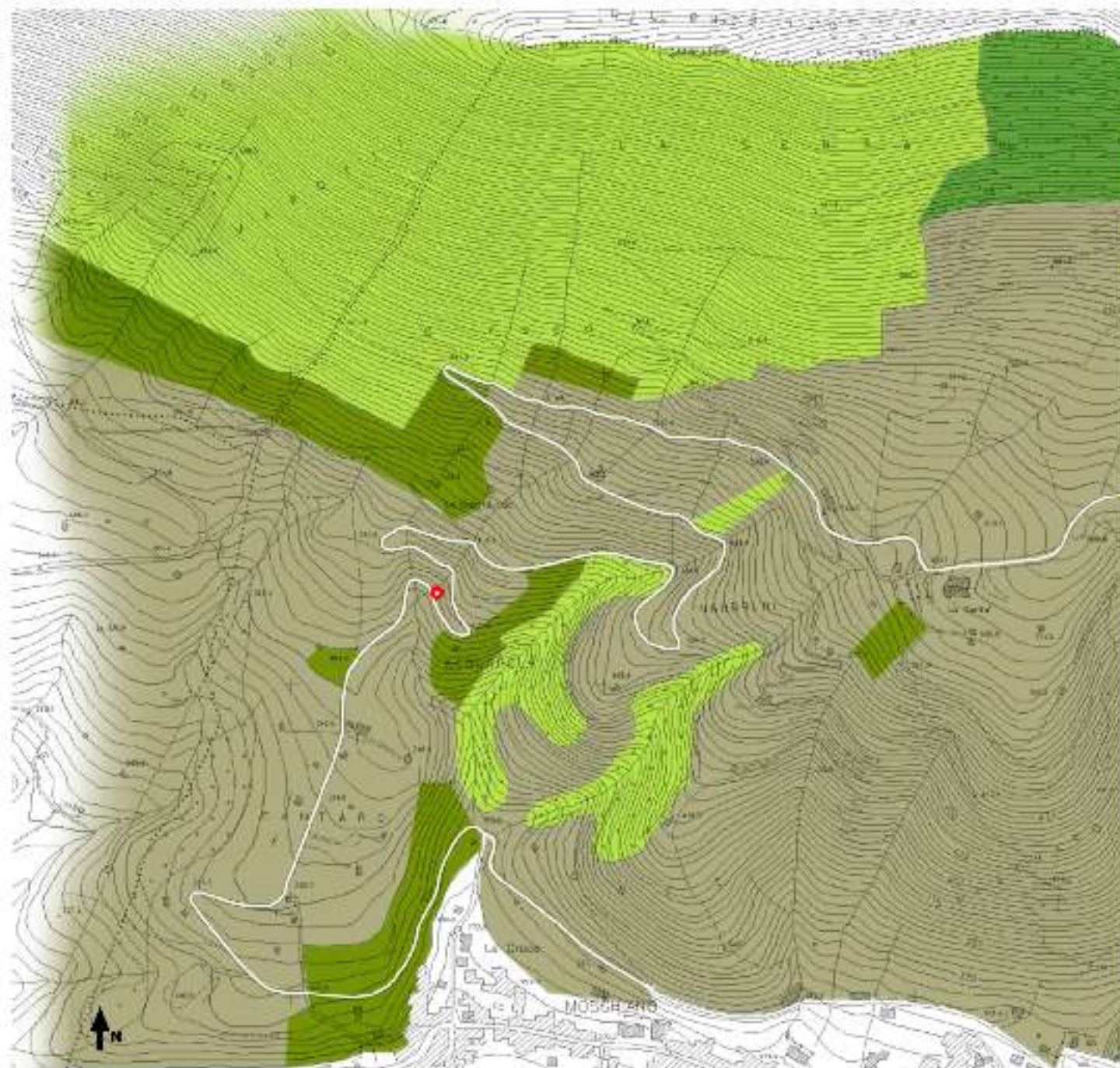


Tavola 12
CARTA DELLA VEGETAZIONE

LEGENDA

- Castagnete specializzate (da frutto)
- Bosco misto di decidue con prevalenza di roverella (*Quercus pubescens*)
- Macchia
- Oliveto
- Centro abitato
- Area d'intervento

Tavola 13
SEZIONE GEOLOGICA CON PROFILO TOPOGRAFICO ANTE OPERAM

LEGENDA

- Pi. a. lenti
- Roccia calcarea

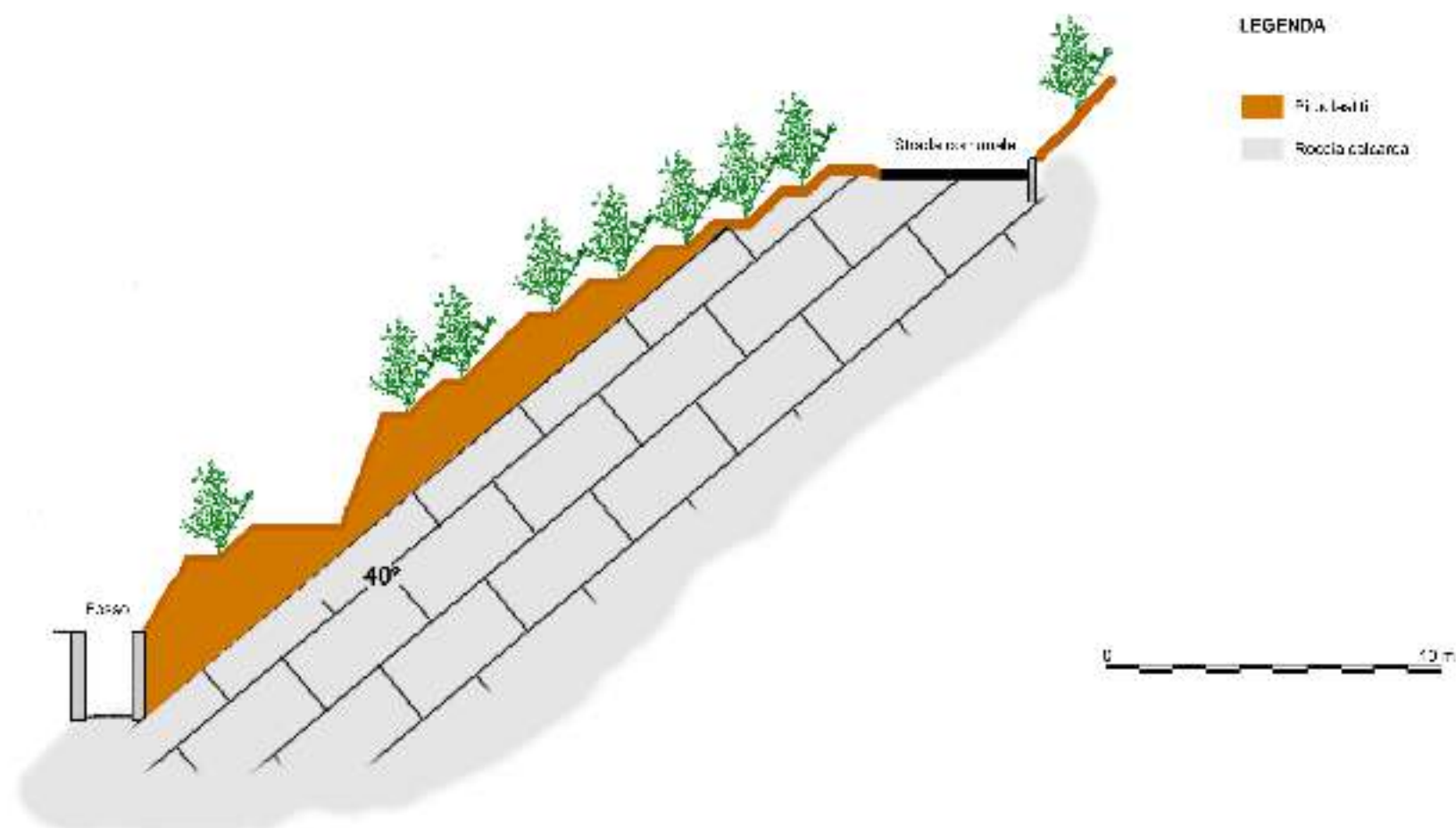
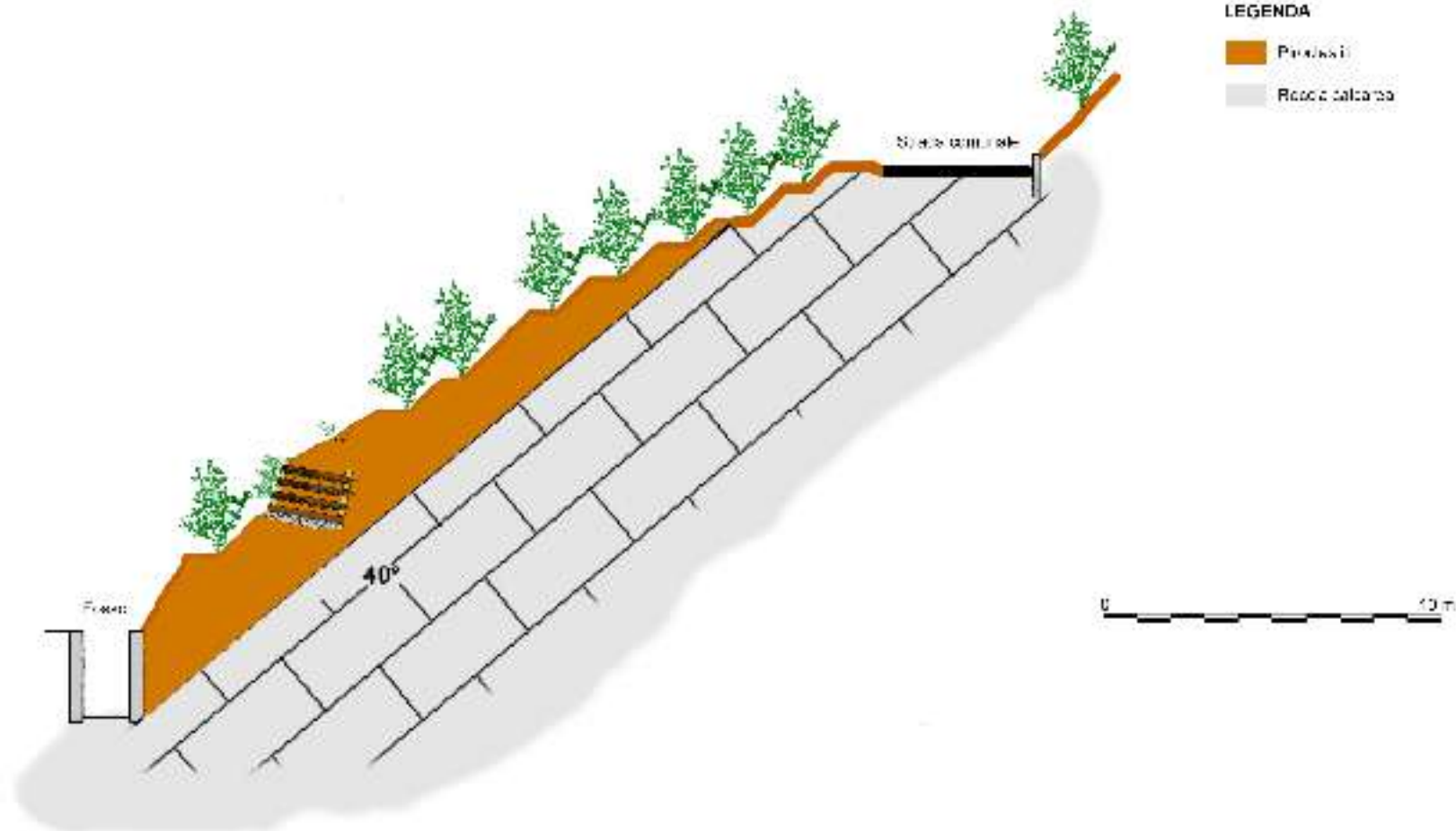


Tavola 14
SEZIONE GEOLOGICA CON PROFILO TOPOGRAFICO POST OPERAM

LEGENDA

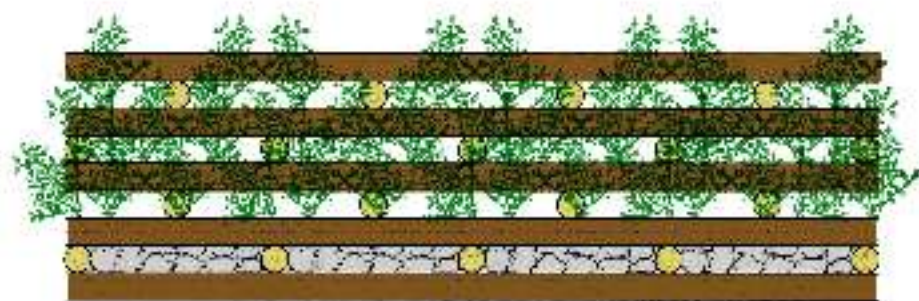
- Perossii
- Rocce calcaree



Pianta



Prospetto



Sezione

