

## EVOLUZIONE TEMPORALE DELLA STABILITÀ DI VERSANTE A SEGUITO DI TRATTAMENTI SELVICOLTURALI

Andrea Dani<sup>1</sup>, Federico Preti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali, Università degli Studi di Firenze;  
andrea.dani@unifi.it

Nell'ambito dell'analisi di frane superficiali da stabilizzare con interventi di sistemazione idraulico-forestale e/o del dimensionamento di opere di ingegneria naturalistica si deve valutare il cosiddetto rinforzo radicale. I cambiamenti di rinforzo radicale dopo interventi di taglio a carico del soprassuolo influiscono sulla stabilità dei versanti vegetati a seguito di processi di decadimento (degradazione) e di recupero (rigenerazione), descrivibili, rispettivamente, con funzioni esponenziali o sigmoidi, finora poco indagate (Sidle *et al.*, 2005; Sidle e Ochiai, 2006; Preti, 2013). Un surrogato potenziale per la mancanza di dati di andamento del rinforzo radicale nel tempo è dato dai dati relativi alla biomassa epigea (Roering *et al.*, 2003). A tal fine le tecniche adottate per le valutazioni possono essere: 1) misure di resistenza a trazione o a taglio su radici singole con diversi diametri; 2) prove in laboratorio di taglio diretto di radici singole inserite in campioni di terreno; 3) misure in situ usando scatole di taglio in terreni con vari livelli di rinforzo radicale; 4) misure dirette di taglio di colonne radicate in laboratorio; 5) prove di sradicamento di ceppaie o piante; 6) back analysis su versanti franati.

Nella presente memoria si presentano i risultati ottenuti da campagne di misura sperimentali e da metodologie indirette speditive per ricavare la correlazione fra le curve di accrescimento epigee e quelle ipogee, sulla base di elaborazioni di fotografie di apparati radicali per la stima del rapporto di area radicata (R.A.R.) da utilizzare nelle simulazioni di stabilità di versante. In particolare si sono simulati gli effetti di differenti trattamenti selvicolturali su un soprassuolo di faggio (*Fagus sylvatica* L.) e della degradazione degli apparati radicali in ceppaie di ceduo invecchiato nel comune di Castiglione di Garfagnana (Lucca) in località Casone di Profecchia.

*Parole chiave:* stabilità di versante, rinforzo radicale, frane superficiali.

*Keywords:* slope stability, roots, superficial landslides.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-ad-evo>

### 1. Generalità

Le piante forniscono, come risaputo, un effetto di stabilizzazione dei versanti per motivi idrologici e meccanici. Questo in quanto viene ridotto il ruscellamento, l'effetto battente della pioggia e in quanto gli apparati radicali forniscono un rinforzo al terreno, valutato nel nostro caso in termini di coesione radicale, in aggiunta a quella normalmente presente nel suolo. Secondo il convenzionale modello di Wu (Wu *et al.*, 1976), la coesione, è funzione lineare di un parametro che esprime la presenza delle radici rispetto al terreno interessato da queste. Il parametro è la "densità delle radici" R.A.R. (Rapporto di Area Radicata), cioè il rapporto tra la somma delle aree delle radici e l'area di terreno totale esplorata da queste, considerata ad un piano posto ad una determinata profondità. Questo parametro ha andamento esprimibile come funzione esponenziale negativa della profondità.

I cambiamenti di rinforzo radicale dopo interventi di taglio a carico del soprassuolo influiscono sulla stabilità dei versanti vegetati a seguito di processi di decadimento (degradazione) e di rigenerazione (recupero), descrivibili, rispettivamente, con funzioni esponenziali o sigmoidi,

finora poco indagate (Sidle *et al.*, 2005, Sidle e Ochiai, 2006). Un surrogato potenziale per la mancanza di dati di andamento del rinforzo radicale nel tempo è dato dai dati relativi alla biomassa epigea (Roering *et al.*, 2003).

### 2. Rapporti tra caratteri epigei ed ipogei in soprassuoli di faggio

La RAR può essere misurata in maniera diretta eseguendo prove distruttive a carico del pendio (sezioni, sbancamenti, profili, etc.) oppure può essere stimata mediante misure di caratteristiche epigee del soprassuolo. Nel presente lavoro sono state condotte analisi sia su soprassuoli puri di faggio (*Fagus sylvatica*), sia su cedui semplici, a sterzo e fustaie allo scopo di determinare gli effetti che i diversi trattamenti selvicolturali hanno sulla stabilità di versante.

Si rende pertanto necessaria una stima rappresentativa della RAR, per determinare la coesione aggiuntiva fornita dalle radici da utilizzare nel modello del *pendio indefinito* per la valutazione del fattore di stabilità  $F_s$  (rapporto tra le forze stabilizzanti e destabilizzanti).

Mediante la metodologia della fotointerpretazione (Fig. 2), si sono eseguite fotografie di apparati radicali di

piante di faggio su scarpate naturali o di altra origine (sbancamenti stradali o accentuata erosione localizzata) ed interpretate a video per la stima della RAR.

Le piante studiate sono 5, di cui 4 nella stazione de l'Abetone e una in quella di Casone di Profecchia (Fig. 1). I dati sono stati compensati mediante:

$$RAR = \alpha e^{-\beta z}$$

dove  $z$  indica la profondità considerata  $\alpha$  e  $\beta$  sono parametri caratteristici dell'individuo e della specie.

Sono stati quindi indagati i rapporti che esistono tra alcuni valori rappresentativi della grandezza RAR e, precisamente, quelli a profondità 10, 30, 50, 100 cm e media, ed un carattere facilmente rilevabile nel soprassuolo considerato quale il diametro al colletto.

Analizzando i risultati, il dato più rappresentativo della distribuzione delle radici è risultato essere la RAR media ovvero il valore inteso come il volume totale delle radici fratto l'area esplorate da queste (Fig. 2).

Analiticamente si risolve integrando la funzione RAR tra 0 e  $Z_{MAX}$  cioè la profondità massima e dividendo per quest'ultima.  $Z_{MAX}$  è di per se un valore estremamente variabile in quanto dipende dalla specie, dalle condizioni ecoidrologiche della stazione, ed è un dato rilevabile direttamente in caso di profilo o completa eradicazione ma risulta difficile in caso di piante di notevoli dimensioni e di rilievo indiretto.

Si è scelto di usare quindi un criterio proposto da Mattheck (Mattheck *et al.*, 2004) per la determinazione della zolla di stabilità ovvero la semisfera di terra interessata dalle radici e che in caso di eradicazione per forze esterne, si ribalta insieme alla pianta.

L'approccio è di tipo statico e considera la zolla che ha sufficiente massa per garantire in condizioni normali la stabilità alla pianta e conseguentemente le poche radici che attraversano la sua superficie esterna non contribuiscono alla stabilità della stessa se non in maniera marginale. Appare quindi applicabile il criterio proposto per la determinazione della profondità massima sicuramente raggiunta dalle radici secondo la seguente:

$$R_w = 64 (d / 2)^{0.42}$$

dove  $d$  è il diametro al colletto ed  $R_w$  è il raggio della zolla (ed implicitamente anche l'altezza esplorata dalle radici). Poiché il campione di 5 piante è disomogeneo dal punto di vista selvicolturale (individui in fustaia, ceduo semplice ed a sterzo), sono stati rilevati e considerati diversi diametri possibili, quali: diametro totale della ceppaia, diametro equivalente (diametro di una circonferenza avente area uguale all'area basimetrica totale della ceppaia), diametro del pollone più grande. Il dato 'epigeo' che è risultato essere meglio correlabile con valori della RAR, è il diametro al colletto del pollone più grande.

### 3. Evoluzione temporale della RAR

Gli interventi selvicolturali apportano cambiamenti al volume e distribuzione del soprassuolo e, conseguen-

temente, gli apparati radicali subiranno dei cambiamenti ad ogni intervento. Per quanto riguarda le ceppaie di faggio, si possono distinguere le fasi:

1) riscoppio dei polloni che si accresceranno fino al successivo taglio; in questa fase, si avrà una riduzione dell'apparato radicale secondo un andamento di tipo esponenziale negativo, per poi avere un riscoppio ed accrescimento che si avvicini alla forma più tipicamente logistica o sigmoide della crescita di piante nate da seme;

2) morte della ceppaia e la sua degradazione fino alla completa mineralizzazione della sostanza organica; in questa fase, la degradazione delle ceppaie procederà fino alla completa mineralizzazione con una riduzione progressiva del contributo di rinforzo.

La curva di degradazione delle radici, proposta da Sidle e Ochiai (Sidle *et al.*, 2005; Sidle e Ochiai, 2006), è approssimabile secondo una curva del tipo:

$$D = e^{-kt^n}$$

con  $n = 0.9236$ ;  $k = 0.2785$  per il faggio, che esprime adimensionalmente la variazione di coesione radicale (e proporzionalmente la RAR) in funzione del tempo  $t$ .

La curva che rappresenta la biomassa di una ceppaia che riscoppia è derivata dalla somma tra quella che rappresenta la degradazione di una morta e quella logistica o sigmoide, tipica degli accrescimenti naturali (Fig. 3). Quest'ultima è stata ricavata ed adimensionalizzata dalla tavola alsometrica del faggio per la stazione in cui sono stati effettuati i rilievi (Castellani, 1972). La tavola alsometrica, come noto, esprime il volume della biomassa epigea in funzione dell'età del bosco. Poiché la biomassa epigea è correlabile in maniera lineare con la biomassa ipogea (Cheng e Niklas, 2007), è lecito supporre in prima approssimazione che anche la RAR media, abbia il medesimo andamento.

La funzione che esprime l'altezza dendrometrica in funzione del diametro è ottenuta compensando i dati della tavola cormometrica. Dalla tavola alsometrica è stata ottenuta la funzione che esprime la correlazione tra età della pianta (possibile in quanto trattasi di soprassuolo puro e coetaneo) ed altezza dominante, compensata mediante funzione logaritmica.

Combinando le due curve si è ottenuta, quindi, una relazione che esprime il diametro di una pianta in funzione dell'età di questa. Assumendo valida la linearità tra la RAR media ed il diametro (ricavata in precedenza in Fig. 2) e che il massimo sviluppo dell'apparato radicale (e quindi il massimo valore di RAR) si ottenga a maturità (considerata per il faggio a 100 anni), si può esprimere, finalmente, l'andamento della RAR negli anni in fase di crescita da seme (Fig. 3). Analoghi risultati sono stati ottenuti da Sidle *et al.* (2005) per il Sugi.

### 4. Simulazioni sulla stabilità di versante

Applicando i risultati suesposti, si è cercato di analizzare l'evoluzione della stabilità di un versante, supponendo di variare il metodo selvicolturale con cui esso viene condotto e mettendo a confronto, a titolo

esemplificativo, il trattamento dei tagli a scelta con quello del taglio raso. Le ipotesi di simulazione sono le seguenti: soprassuolo disetaneo, coetaneo per piccoli gruppi, con 4 classi di età e ciascuna classe occupante una superficie pari ad  $\frac{1}{4}$  dell'intero soprassuolo.

Il taglio, effettuato quando la classe più vecchia raggiunge l'età del turno, è a carico esclusivo di questa e l'abbattimento prevede l'asportazione di tutte le piante che abbiano raggiunto la maturità. Nel caso di taglio a scelta, questo si effettua ogni  $\frac{1}{4}$  del turno.

Le classi sono assunte omogeneamente distribuite in tutto il soprassuolo (per poter considerare che le variazioni di sovraccarico e coesione radicale avvengano in maniera spazialmente uniforme).

Per la valutazione dell'andamento del sovraccarico, si considera un accrescimento delle 4 classi con andamento sigmoide secondo la tavola alsometrica per il faggio, per soprassuoli analoghi con massimo al 120° anno d'età.

La riduzione del carico dovuta al taglio è istantanea e dovuta completamente all'abbattimento della classe più vecchia. È verosimile che la quantità di radici sia dipendente dal volume della parte epigea, dal numero di polloni, dal trattamento, dalla stazione.

La stima del volume della massa radicale per le piante nate da seme si effettua considerandolo direttamente proporzionale al volume di accrescimento epigeo.

Si considera, inoltre, che il 50% delle ceppaie riscoppi dopo l'abbattimento, mentre il restante 50% si degradi completamente in 20 anni (resistenza invariata su radici sane con diversi trattamenti. Vergani *et al.*, 2011a; Vergani *et al.*, 2011b).

La massa radicale delle ceppaie che riscoppiano, aumenta poi secondo un accrescimento sigmoide tendente asintoticamente alla curva sopracitata usata per le plantule. La coesione radicale ( $C_v$ ) si considera raggiungere il massimo all'età di 100 anni, paria a 6.38 kPa (Bischetti *et al.*, 2002; Preti, 2006).

Il valore di  $C_v$  nulla è un caso che non si ottiene mai in quanto, anche dopo il taglio raso, la degradazione delle ceppaie presenti si sovrappone all'accrescimento delle plantule nate dopo il taglio. Nel caso del taglio raso si considera che nessuna ceppaia riscoppi ed il minimo di coesione si ottiene intorno al 16° anno alla completa degradazione delle ceppaie.

Si avrà contemporaneamente alla degradazione delle ceppaie, l'accrescimento delle plantule nate da seme. Nei grafici seguenti (Fig. 4 a, b, c) si riportano l'andamento del sovraccarico, della coesione radicale e di  $F_s$  (fattore di sicurezza calcolato secondo il modello del *Pendio Indefinito*) nel tempo, nel caso di taglio a scelta in confronto con il taglio raso, all'aumentare del turno. Dalle simulazioni effettuate si può osserva-

re quanto segue:

- La coesione radicale, nel trattamento a scelta, rimane comunque superiore a quella data dal trattamento a raso, per almeno 40 anni e varia di circa il 50%.

- La stabilità dipende maggiormente dalla coesione radicale rispetto al sovraccarico e quindi le variazioni di cui ai punti precedenti, non si compensano ma si riscontra una variazione di  $F_s$  nel trattamento a scelta di circa il 25% contro una variazione di circa il 300% nel trattamento a raso; inoltre è importante osservare che dal 5° al 25° anno a partire dal taglio raso, nel caso in esame, si avrebbe una situazione di instabilità che non si verifica mai nel caso di taglio a scelta (sotto condizione che i terreni radicati saturino).

## 5. Conclusioni e sviluppi futuri

Nel presente lavoro si sono riportati alcuni risultati derivanti da campagne di misura sperimentali e da metodologie indirette speditive per valutare i rapporti fra biomassa epigea e caratteristiche degli apparati radicali, in particolare di arbusti mediterranei e di specie forestali.

In particolare è stata condotta un'analisi temporale di stabilità relativa ad un versante coperto da fustaia di faggio ed un'applicazione ad un caso di studio nel comune di Castiglione di Garfagnana (Lucca) in località Casone di Profecchia, con diversi trattamenti selvicolturali per estendere al caso dei cedui quanto già indicato da Ziemer e Sidle (in Dani, 2005).

Ci si è proposto di ricavare la correlazione fra le curve di accrescimento epigee e quelle ipogee, sulla base di elaborazioni di fotografie di apparati radicali esposti in scarpate artificiali o naturali per stimare gli andamenti spaziali e temporali della RAR. e della coesione radicale. Risulta evidente dalle simulazioni che interventi quanto più "puntuali" possibili, mantengono alta l'efficienza degli apparati radicali, necessari alla stabilizzazione dei versanti vegetati.

Resta da considerare che le simulazioni condotte andrebbero riferite alla probabilità di accadimento dell'evento critico per il dissesto superficiale combinata con quella dell'anno del turno di taglio e tenendo conto della degradazione degli apparati radicali (e.g. Fig. 5; Preti, 2013).

## Ringraziamenti

Progetto PRIN2010-2011, prot. 20104ALME4, Rete nazionale per il monitoraggio, la modellazione e la gestione sostenibile dei processi erosivi nei territori agricoli, collinari e montani.

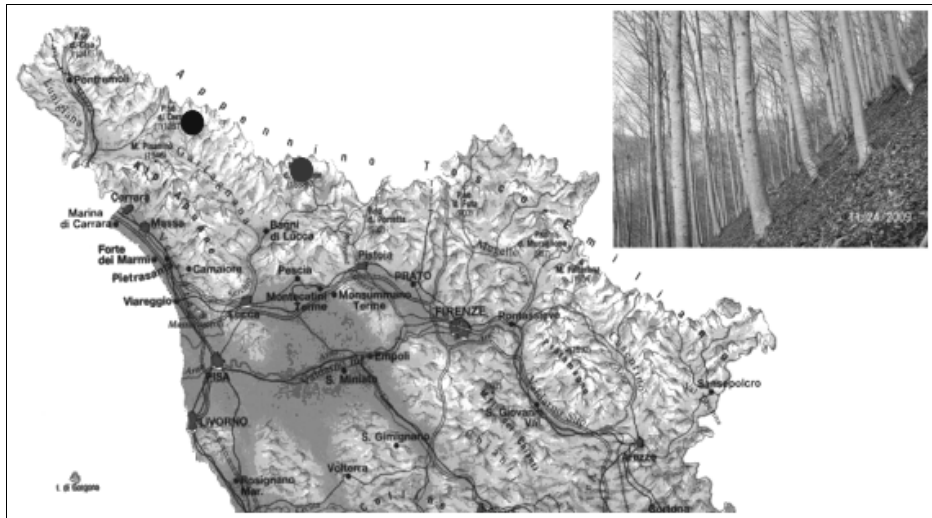


Figura 1. Localizzazione punti prelievo: in blu Casone di Profecchia, in rosso l'Abetone.

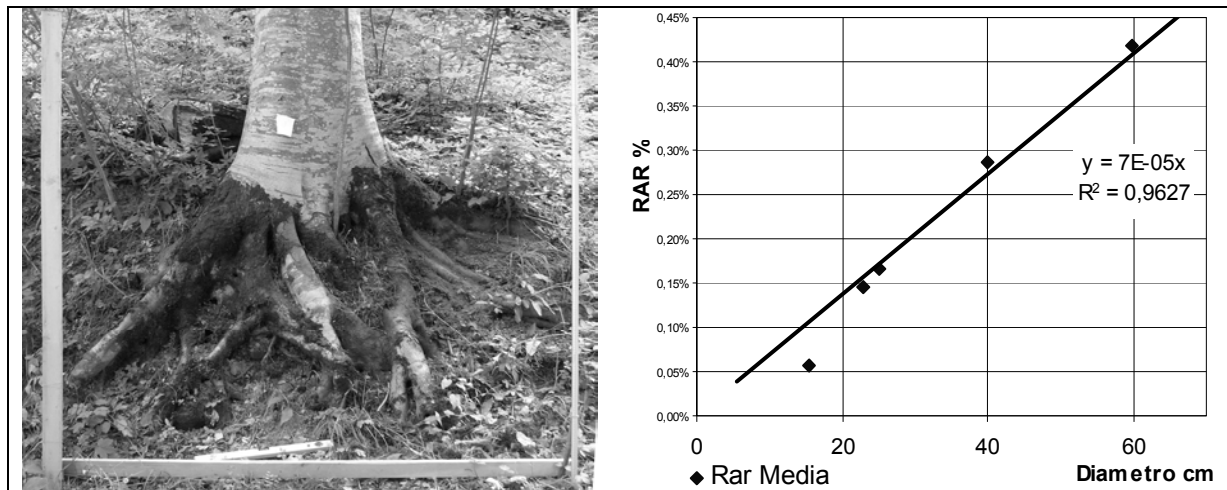


Figura 2. Esempio di fotografia ortoraddrizzata dell'apparato radicale di una pianta di faggio con reticolo di riferimento a sinistra e correlazione tra RAR media e diametro a destra.

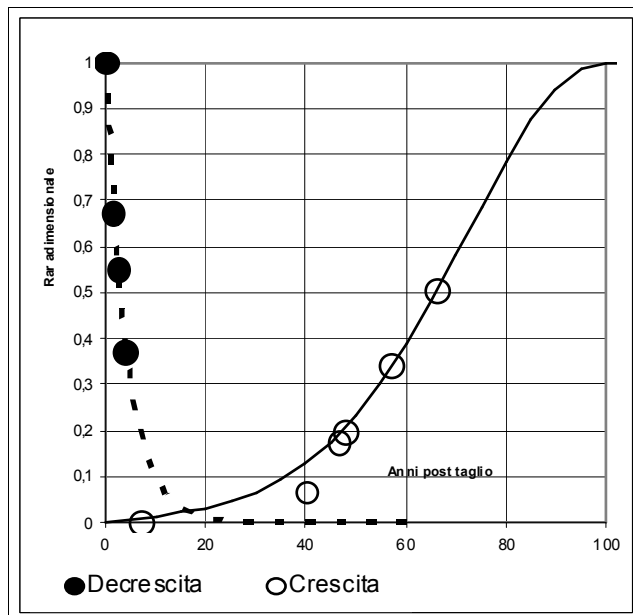


Figura 3. Andamento temporale della RAR per il faggio. Valori sperimentali da Sidle (in Sidle e Ochiai, 2006). (cerchi pieni) e dal presente studio (cerchi vuoti).

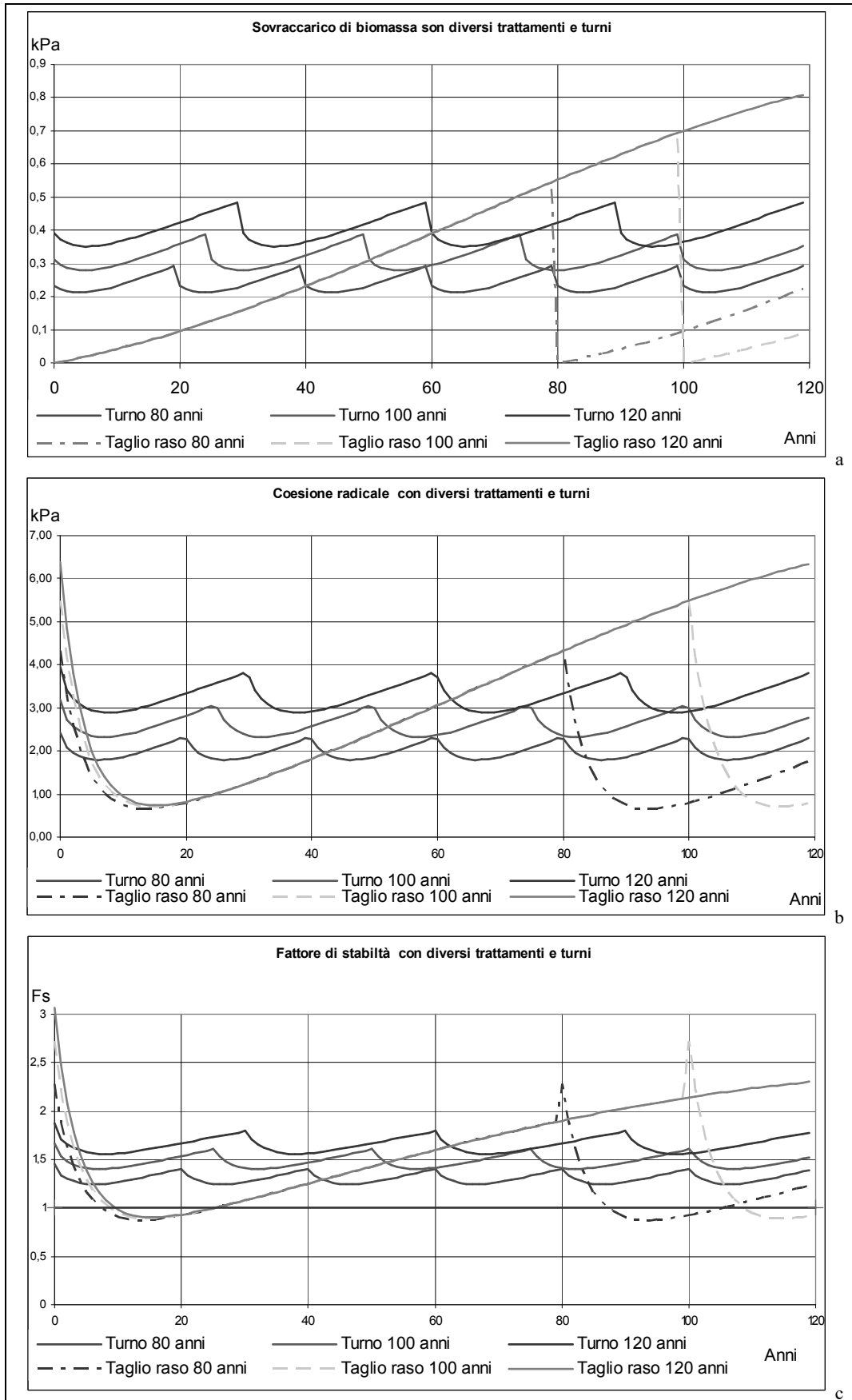


Figura 4. a) Andamento del sovraccarico unitario nelle ipotesi di taglio saltuario e di taglio raso ad 80, 100, 120 anni. b) Andamento della coesione radicale nelle ipotesi di taglio saltuario e di taglio raso ad 80, 100, 120 anni. c) Andamento del fattore di stabilità nelle ipotesi di taglio saltuario e di taglio raso ad 80, 100, 120 anni, calcolato mediante il modello del pendio indefinito.

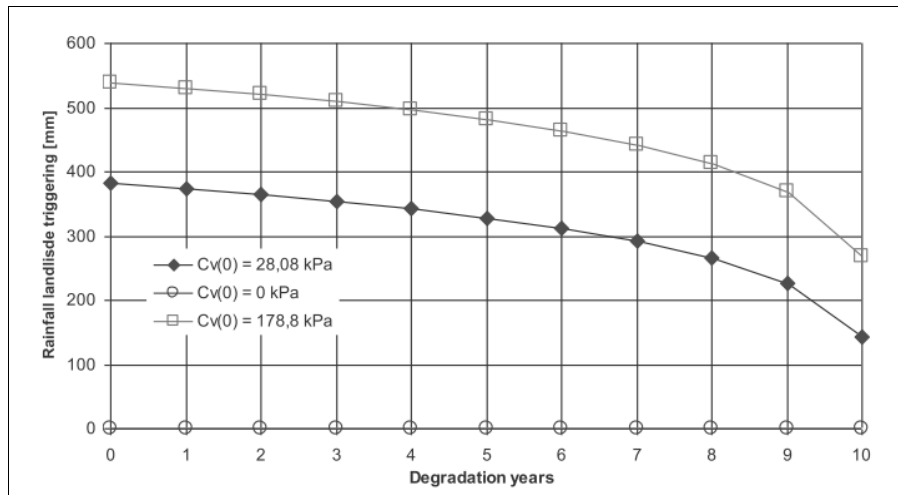


Figura 5. Piogge critiche per l'innescò di frane superficiali al variare del periodo di degradazione delle radici dopo il taglio (da Preti, 2013).

## SUMMARY

### Slope stability temporal changes due to timber harvesting

The potential use of protection forests to combat shallow slope instabilities is becoming increasingly important and considerable, especially in the light of the recent landslides and debris/mud flows in regions triggered by rainfalls with increased intensity.

Tree vegetation has been constantly subjected to silvicultural activity both in exclusively productive forest areas and in more conservative ones meant to contrast hydrogeological risk. It is important to quantify the root system dynamics in order to correctly evaluate the impact of wood felling or plants death on slope stability. Based on field investigation (on experimental plots and 29 occurred landslides) and numerical modelling (on slope stability and root distribution), the aim of this work is to determine the effects of the evolution of the mechanical characteristics of root systems (and consequently on land-slide probability). The paper investigates variations over time in the hazard of rainfall-triggered landslides as a result of root degradation after forest cutting (or death). The case under study is related to experimental investigations aimed at determining the tensile strength and elasticity of root samples of trees dead within a decade, which correspond to decreasing values of soil cohesion (root reinforcement). Two kinds of samples were taken into account: living beech roots from protected wood areas to determine the current characteristics and roots from dead beeches (felled in previous years and at present in degradation) to analyse the evolution of root mechanical characteristics. To analyse the stability of representative slopes, we calculated the return time associated with a rainfall event, which in saturated conditions would lead to the attainment of the limit value of the safety factor and the associated hazard for different rainfall durations

during a fixed period of time. Information about the increasing risk of collapse with the degradation of root system was obtained and compared with landslides occurrence in forested slopes of the study area.

The results of the present paper show that such slopes may remain stable if they are covered with intact protective vegetation, but they will become unstable if the conditions of the forest deteriorate or after a wooded area dies off: within a decade of tree death the root system of protection forests loses most of its soil-stabilising function.

## BIBLIOGRAFIA CITATA E DI RIFERIMENTO

- Barneschi M., 2002 – *L'instabilità dei versanti vegetati analisi di un bacino versiliese delle Alpi Apuane*. Tesi di laurea, Università di Firenze.
- Barneschi M., Preti F., 2002 – *Pericolosità idrogeologica in versanti vegetati: quantificazioni e verifiche*. In: Atti di convegno nazionale Conservazione dell'Ambiente e rischio Idrogeologico, Assisi, pp. 56-66.
- Begliomini K., 2004 – *Analisi dei dissesti gravitativi su versanti boscati: l'evento alluvionale del 20 novembre 2000 a Vinchiana (LU)*. Tesi di laurea, Università di Firenze.
- Bischetti G., Speziali B., Zocco A., 2002 – *Effetto di un bosco di faggio sulla stabilità dei versanti*. In: Atti di convegno nazionale Conservazione dell'Ambiente e rischio Idrogeologico, Assisi, pp. 384-393.
- Casper B.B., Schenk H.J., Jackson R.B., 2003 – *Defining a Plant's Belowground Zone of Influence*. Ecology, 84 (9): 2313-2321.  
<http://dx.doi.org/10.1890/02-0287>
- Cheng D.L., Niklas K.J., 2007 – *Above- and Below-ground Biomass Relationships Across 1534 Forested Communities*. Annals of botany, 99: 95-102. Available

- online at [www.aob.oxfordjournals.org](http://www.aob.oxfordjournals.org)  
<http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcl206>
- Dani A., 2005 – *Confronto tra modelli per la stabilità dei versanti vegetati a scala di bacino*. Tesi di laurea, Università di Firenze.
- Dani A., Preti F., Barneschi M., 2007 – *Andamento temporale del Rapporto di Area Radicata (R.A.R.) con diversi trattamenti selvicolturali: effetti sulla stabilità di versante e metodi speditivi di stima*, incontro 1a sez. AIIA 2007: Milano, 27-28 marzo 2007.
- Enquist B.J., Niklas K.J., 2002 – *Global Allocation Rules for Patterns of Biomass Partitioning in Seed Plants*. Science, 295: 1517.  
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1066360>
- Geophysical Research Abstracts, 2006 – *The role of vegetation in slope stability and mitigation measures against landslides and debris flows*. EGU General Assembly 2006, 2-7 April 2006, Vol. 8, ISSN: 1029-7006.
- Geophysical Research Abstracts, 2007 – *The role of vegetation in slope stability*. EGU General Assembly 2006, 15-20 April 2007, Vol. 9, 00257, ISSN: 1029-7006.
- Castellani C., 1972 – *Tavole stereometriche ed also-metriche costruite per boschi italiani*. Annali dell'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura, Trento.
- Laio F., D'Odorico P., Ridolfi L., 2006 – *An analytical model to relate the vertical root distribution to climate and soil properties*. Geophysical Research Letters, 33: L18401.  
<http://dx.doi.org/10.1029/2006GL027331>, 2006
- Matthcek C., 2004 – *The face of failure in nature and engineering*. Springer Verlag, Heidelberg, 2004.
- Preti F., 2006 – *On root reinforcement modelling*. In: The role of vegetation in slope stability and mitigation measures against landslides and debris flows. Geophysical Research Abstracts, Vol. 8. EGU General Assembly 2006, 2-7 April 2006, ISSN: 1029-7006.
- Preti F., 2013 – *Forest protection and protection forest: Tree root degradation over hydrological shallow landslides triggering*. Ecological Engineering, 61P: 633-645.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.11.009>
- Roering J.J., Schmidt K.M., Stock J.D., Dietrich W.E., Montgomery D.R., 2003 – *Shallow landsliding, root reinforcement, and the spatial distribution of trees in the Oregon Coast Range*; Can. Geotech. J., 40: 237-253. <http://dx.doi.org/10.1139/t02-113>
- Schenk H.J., Jackson R.B., 2002 – *The Global Biogeography of Roots*. Ecological Monographs, 72 (3): 311-328.  
[http://dx.doi.org/10.1890/00129615\(2002\)072\[0311:TGBOR\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/00129615(2002)072[0311:TGBOR]2.0.CO;2)
- Schwarz M., 2006 – *Development of vegetation and soil within the scope of bioengineering measures*. Tesi di laurea, Università di Firenze.
- Schwarz M., Preti F., 2007 – *The influence of root reinforcement depending on the shape and the dimension of shallow landslides*. In: The role of vegetation in slope stability. Geophysical Research Abstracts, Vol. 9. EGU General Assembly 2006, 15-20 April 2007, ISSN: 1029-7006.
- Schwarz M., Preti F., Graf F., 2006 – *Effetti stabilizzanti della vegetazione in opere di Ingegneria Naturalistica – Un caso di studio nelle Alpi svizzere*. In: Le Sistemazioni Idraulico-Forestali per la difesa del territorio. 27 ottobre 2006, Saint Vincent, Quaderni di Idronomia Montana, Vol. 26, Nuova Editoriale Bios.
- Sidle R.C., Ochiai H., 2006 – *Landslides: Processes, Prediction, and Land Use*. Water Resources Monograph, 18, American Geophysical Union.  
<http://dx.doi.org/10.1029/wm018>
- Sidle R.C., Ziegler A.D., Negishi J.N., Nik A.R., Siew R., Turkelboom F., 2005 – *Erosion processes in steep terrain - Truths, myths, and uncertainties related to forest management in Southeast Asia*. Forest Ecology and Management, 224 (1-2): 199-225.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.019>
- Stokes A., Spanos I., Norris J.E., Cammeraat E., 2007 – *Eco- and Ground Bio-Engineering: The Use of Vegetation to Improve Slope Stability*. In: Proceedings of the First International Conference on Eco-Engineering, 13-17 September 2004, Series: Developments in Plant and Soil Sciences, Vol. 103, Springer, ISBN-10: 1-4020-5592-7, ISBN-13: 978-1-4020-5592-8
- Vergani C., Chiaradia E.A., Bassanelli C., Minotta G., Bischetti G.B., 2011a – *Indagine sulle caratteristiche degli apparati radicali di una abetina sottoposta a taglio a buche in alta val brembana (Bg)*. In: Convegno di medio termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Belgirate, 22-24 settembre 2011.
- Vergani C., Chiaradia E.A., Bassanelli C., Minotta G., Bischetti G.B., 2011b – *Prime considerazione sull'effetto del taglio a buche sulla coesione radicale in boschi alpini di conifere*. In: Convegno di medio termine dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Belgirate, 22-24 settembre 2011.
- Wu T.H., 1976 – *Investigation of landslides on Prince of Wales Island, Alaska*. Ohio State Univ. Geotech. Eng. Rept. 5., Columbus, OH, USA.