

Candidato **Martina Cambi**

Titolo della Tesi

Vulnerabilità all'erosione idrica dei suoli di un bacino campione dell'alta Versilia: relazioni con la copertura forestale e il deflusso superficiale

Relatore: **Prof. Donatello Magaldi** – Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta, Università degli Studi di Firenze

Correlatore: **Prof. Sabrina Raddi** – Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali (D.E.I.S.T.A.F.), Università degli Studi di Firenze

Introduzione

A seguito dell'alluvione verificatasi nel 1996 a Cardoso, la Regione Toscana ha creato un consorzio, il C.E.R.A.F.I (Centro per la Ricerca e l'Alta Formazione per il Rischio Idrogeologico), per la realizzazione del primo stralcio di rete di monitoraggio sui Fiumi Serchio, Versilia, e Torrente Camaiole, situati nella zona settentrionale della Toscana. Una delle attività principali di tale centro interessa la gestione dei sedimenti ed il controllo dei deflussi all'interno del Bacino. Questo tipo di monitoraggio risulta di vitale importanza vista la difficile situazione morfologica in cui si presenta la zona oggetto di studio, la presenza di un'elevata densità antropica lungo i reticolo idrografico e nella pianura sottostante risultando in una condizione di vulnerabilità. La conoscenza quindi degli elementi costitutivi il Bacino del Versilia nelle sue componenti fisico morfologiche, climatiche ed ecologiche può fornire un'utile base di studio per anticipare le conseguenze dei cambiamenti climatici e di uso del suolo come anche per delineare le strategie gestionali che possono contrastare tali cambiamenti.

Obiettivi

Questa tesi si è posta l'obiettivo di integrare informazioni sulle caratteristiche geolitologiche del Bacino con dati meteorologici e di uso del suolo al fine di stimare i valori potenziali del tasso di erosione confrontando modelli sviluppati in campo pedologico. Il Bacino del Versilia, come altri bacini montani mediterranei sub umidi, presenta caratteristiche e processi tipici sia di ambienti umidi che di ambienti aridi. Inoltre non è da sottovalutare la loro importanza come fonte di approvvigionamento di acqua per le zone più aride di bassa quota. A tal fine sono state analizzate le componenti principali del bilancio idrologico per accertare eventuali relazioni tra le stesse e il ruolo svolto dalla vegetazione.

Materiali e metodi

L'area di studio ha riguardato il bacino idrografico Versilia, situato all'interno del Bacino Regionale Toscana Nord che si estende per una superficie complessiva di circa 375 Km² ed interessa parte della Province di Massa-Carrara (per circa il 47% del territorio) e di Lucca (per circa il 53% del territorio). I suoli più diffusi di questo sistema appartengono a due principali Soil Region (Istituto Sperimentale Studio e Difesa del Suolo, Firenze), la 60.4 e la 64.4. La Soil Region 60.4 è caratterizzata dalla presenza di rocce metamorfiche (marmi, scisti e quarziti), calcaree, marne e arenarie. Per quanto riguarda invece la Soil Region 64.4, meno rappresentata, annotiamo la presenza di depositi alluvionali e lacustri del quaternario, suoli alluvionali con falda superficiale e accumuli di sostanza organica (Gleysols, Fluvisols, Cambisols, Histosols, Classificazione FAO) e suoli decarbonatati ricchi di ossidi di ferro con accumuli di argilla lungo il profili (Luvisols, Acrisols, Classificazione FAO). Per il calcolo della stima del tasso di erosione di queste due tipologie di suolo, abbiamo preso in esame lo studio di due modelli; il Modello ImpelERO ed il Modello FLORENCE andandone ad analizzare i valori stimati per poi fare, in un secondo momento, il confronto a livello di bacino. Il tasso di erosione è stato messo in relazione con i cambiamenti di uso del suolo. La dinamica delle formazioni forestali richiede un'analisi su una scala temporale multi decennale. Le variazioni di uso del suolo di lungo periodo (1933-2000) delle formazioni forestali sono state quindi analizzate dal confronto di cartografie tematiche storiche georiferite ad uno stesso sistema di riferimento UTM WGS84. Per un arco temporale più breve (25 anni) sono state utilizzate le immagini satellitari multispettrali Thematic Mapper al fine di valutare le differenze nella frazione di copertura del suolo (f_c), una componente importante nella stima dell'erosione del suolo. E' stato poi calcolata la stima dell'evapotraspirazione all'interno del bacino; sia potenziale che reale (con il modello di Hargreaves-Samani 1982). Tali dati sono stati successivamente spazializzati e messi in relazione con le variabili meteorologici che e la quota.

Risultati

Dalla cartografia del CLC degli anni 2000 si evidenzia come le pinete del litorale siano andate a scomparire a favore di un aumento delle zone residenziali, dei coltivi e delle aree di comunicazione. Al contrario delle conifere, le latifoglie mostrano un notevole aumento delle superficie e sono rappresentate da una dominanza del castagno. Sui calcari prossimi alla linea di costa (sollevati per faglia recente), si ha la presenza di una bassa lecceta con aspetto di macchia, dove gli elementi xeroterfici dominano verso sud-ovest. Il maggior dettaglio del CLC presenta anche altre categorie di uso del suolo; una di queste categorie è rappresentata dalle aree estrattive che ricadono soprattutto nei suoli classificati corrispondenti rispettivamente ai calcari stratificati grigi, ai calcari cavernosi e da verrucano comprendente quarziti e micascisti. Il metodo di spazializzazione lineare delle precipitazioni e di ETO, ha fornito una base idonea per la stima dell'evapotraspirazione a livello di Bacino. E' importante sottolineare la necessità di correzione del coefficiente. La mancata introduzione di questa calibrazione porta ad una sottostima di ETO. Utilizzando il modello di Zhang et al. (2001) si è avuta una stima accurata di ETR. Nella presente tesi, rispetto alla formulazione originale di uso del suolo in foreste e praterie, è stata introdotta una terza categoria relativa alle aree scarsamente vegetate (roccia nuda, urbano, cave ecc.); ciò è particolarmente importante perché contribuisce solo per il 2% all'ETR totale. Le foreste, che occupano il 71% dell'area, rappresentano anche la maggiore fonte di ETR (85% del totale). Le praterie coprono il 16 % della superficie e contribuiscono per il 12% dell'ETR. Con questo modello un

aumento della copertura forestale a scapito delle praterie porta una variazione di ETR. Il Bacino del Versilia risulta climatologicamente umido ($ET_0/P = 0.44$). Dato che i boschi presentano un ETR superiore rispetto ai cotici erbosi, il periodo di deficit idrico per il bacino risulta esteso in parte al mese di maggio ($ET_0/P = 0.8$) ad agosto ($ET_0/P = 1.0$) con valori più negativi per giugno e luglio pari a 1,3 e 2,3. Dalla precedente analisi di variazione di uso del suolo nei 67 anni, dal 1933 al 2000, c'è stato un aumento della copertura forestale del 14.4% corrispondente ad un incremento di 0.345 % anno⁻¹, inferiore alla media italiana (Pompei e Scarascia - Mugnozza, 2007). Negli ultimi 25 anni non si sono inoltre registrate delle significative variazioni della f_c , indicando che nel Bacino i valori di traspirazione e di evaporazione sono tra loro molto simili pari a 345 mm/anno e 319 mm/anno. Le variazioni della copertura forestale non sembrano, comportare notevoli variazioni a livello di ETR. In presenza di suoli poco profondi ci si aspetta una riduzione dell'ETR, ciò corrisponde a valori di w inferiori a quello utilizzato per la stima di ETR.. Anche la preponderante presenza di suoli Luvisol, può essere un elemento per ridurre il valore di w essendo questo un coefficiente di disponibilità idrica per le piante e rappresentando l'effetto integrato dei diversi fattori che influenzano l'evapotraspirazione a livello di Bacino. Per quanto riguarda i valori di erosioni misurati si ha una riduzione molto forte, per l'erosione potenziale, applicando una bulk density alta (suolo poco sviluppato) Il risultato del Modello FLORENCE invece risulta inferiore in quanto si riferisce ad un bacino morfologicamente differente (minor pendenza e minor energia di rilievo). Infine è stata elaborata una mappa preliminare del rischio di erosione per l'intero bacino.

Conclusioni

All'interno del Bacino del Versilia, considerando le variazioni di uso del suolo nel periodo 1933 – 2009, si è verificato un aumento della copertura forestale, a scapito di altre categorie in particolare coltivi e praterie, del 14. 4% (0.345% anno⁻¹). Negli ultimi 25 anni a tutte le quote la frazione di copertura (f_c) è aumentata, per l'aumento delle aree con valori elevati di f_c , come i boschi, più che per l'aumento di zone a bassi valori di f_c , come il passaggio da zone poco vegetate a un grado maggiore di copertura. Per quanto riguarda il valore del bilancio idrologico si può affermare come la stima della differenza tra precipitazioni e deflussi risulti simile dalla stima di ETR ottenuta con il modello di Zhang; infatti si tratta di 611 mm/anno confrontato con 626 mm/anno. I valori di erosione idrica annuale, ottenuti sono molto elevati ma possono essere ritenuti accettabili in considerazione del fatto che, con il particolare modello usato (ImpelERO), rappresentano dati di erosione potenziale (senza particolari pratiche conservative) per altro diffusi anche in altre zone italiane (ESBN, European Soil Bureau della Commissione Europea). A conferma di questa affermazione si può notare che diverse zone del Bacino sono ormai fortemente erose (suoli molti sottili o addirittura assenti) e che nel corso di questi ultimi anni probabilmente il trasporto solido del Versilia è aumentato da quanto si può dedurre sia pure con un notevole margine di incertezza, dall'attuale avanzamento della costa che tuttavia potrebbe derivare anche dall'apporto delle correnti fluviali (Serchio e Arno) con andamento parallelo alla costa. I risultati ottenuti hanno messo in evidenza spunti e correlazioni utili per futuri e ulteriori approfondimenti tra le varie grandezze esaminate

Bibliografia (facoltativa, se non allegata non inserirla nel testo)

- Accolti Gil P. 2003 Rilevamento delle aree pilota RTG nell'ambito del Progetto "Carta dei Suoli della Regione Toscana in scala 1: 250.000". Regione Toscana. Settore Foreste e Patrimonio Agro-Forestale.
- Alberti G, Inghisa I, Arriga N et al. 2007. Cambiamenti nel regime pluviometrico in ecosistemi mediterranei: il progetto MIND. *Forest@ 4*: 460-468
- APAT Manuali e linee guida, 39/2006 Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti.
- Atti del Convegno, 1989 Le Alpi Apuane, tutela ambientale e sviluppo economico.
- Aussenac G. (1980) – Comportement hydrique de rameaux excisés de quelques espèces de sapins e de pin noirs en phase de dessiccation. *Ann.Sci.Forest 37 (3)* : 201-215.
- Bertolo P., Bottino G., 2007 Debris-Flow event in Frangerello Stream-Susa Valley (Italy)- Calibration of numerical models for back analysis of the 16 October, 2000 rainstorm. *Landslide, journal of the international Consortium of Landslide*. 10.2007; 1-23. Springer Verlag.
- Bischetti G.B., Speziali B., Zocco A., 2002 Effetto di un bosco di faggio sulla stabilità dei versanti, Conservazione dell'ambiente e rischio idrogeologico, Convegno nazionale Assisi 11-12 Dicembre 2002
- Borghetti M., Ripullone F., Magnani F., 2005 Vincoli idraulici alla crescita degli alberi e alla produttività forestali. In: "Foreste Ricerca Cultura. Scritti in onore di Orazio Ciancio", pp. 27-42. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- Bottalico F., Sanesi G., Laforteza R., 2006 Le formazioni boschive a prevalenza di Quercus Trojana Webb. nel Comune di Putigliano (BA)-*Annali A.I.S.F.*, Vol. LV, 2006: 79-95.
- Brunetti M., Buffoni L., Mangianti F., Maugeri M., Nanni T., 2003 Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy – *Global and Planetary Change 40 (2004)* 141 – 149.
- Budyko, M. I., 1974 *Climate and Life*, 508 pp., Academic, San Diego, Calif.,
- Busoni E., Borselli L., Calzolari C., 1995 Caratteristiche fisiche ed idrologiche del suolo, Loro Derivabilità della Cartografia Pedologica ed Applicabilità in Modelli Distribuiti di Bilancio Idrologico di Bacino, CNR- Gruppo nazionale per la difesa delle catastrofi idrologiche.
- Calder, I. R. & Aylward, B. (2006) Forests and Floods: Moving to an evidence-based approach to watershed and integrated flood management. *Water International*, 31(1): 87-99
- Calder, I.R., Reid, I., Nisbet, T. and Green, J. C. (2003) Impact of lowland forests in England on water resources. *Water Resources Research*, 39: 1319 – 1328
- Campbell JB, 1996 *Introduction to remote sensing II* ed. Taylor and Francis London 622 pp.

- Campbell JB, Haralick RM, Wang S 1984 Interpretation of topographic relief from digital remote sensing data for atmospheric effects. SPIE Proceedings 1891: 176-188
- Civico CL 1989 Topographic normalization of Landsat Thematic Mapper digital data Photogrammetric engineering and remote sensing, 55: 1303-1309
- Chavez PS, 1975 Atmospheric, solar and MTF corrections for ERTS digital imagery Proceeding American Society of Photogrammetry: 69-69a.
- Corona P., Pompei E., Scarascia Mugnozza G., 2005 Stima probabilistica del tasso di espansione annua e del valore al 1990 della superficie forestale nella Regione Abruzzo, *Forest@ 2* (2): 178-184.
- De la Rosa D., Mayol F., Moreno J.A., Bonson T. and Lozano S., 1999 An expert system/neural network model for evaluating agricultural soil erosion in Andalusia region, southern Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.
- Del Prete M., Giaccari E., Trisorio-Liuzzi G., 1992 Rischio da frane intermittenti a cinematica lenta nelle aree montuose e collinari urbanizzate della Basilicata, Gruppo Nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche.
- Dezi S., Magnani F., 2007 Effetto delle caratteristiche del suolo su funzionalità e accrescimento dei soprassuoli forestali: un'analisi di sensitività del modello 3-PG *Forest@ 4* (3): 298-309.
- Dolu G., Baldi M., Effetto delle variazioni dell'uso e copertura del suolo sul clima a scala regionale, Istituto di Biometereologia, CNR, Roma, Italia.
- Fleisher P.Jay., 1984 *Maps in Applied Geomorphology, Developments and Applications of Geomorphology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Food and Agriculture Organisation (2005) *Forests and floods: Drowning in fiction or thriving on facts*. RAP Publication 2005/03, Forest Perspectives 2. Food and Agriculture Organisation, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.
- Gaiser T, Krol M, Frischkorn H, de AraujoJC (2003) *Global change and regional impacts*. Springer Verlag, Heidelberg, Germania.
- Geri F., Giordano M., Nucci A., Rocchini D., Chiarucci A., 2008 Analisi multitemporale del paesaggio forestale della Provincia di Siena mediante l'utilizzo di cartografie storiche, *Forest@ 5*: 82-91.
- Giannecchini R., Naldini D., D'Amato Avanzi G., Puccinelli A., 2007 Modelling of the initiation of rainfall introduced debris flows in the Cardoso basin (Apuan Alps, Italy) *Science Direct Quaternary International* 171-172.
- Giordano A., 2002 *Pedologia Forestale e Conservazione del Suolo- Scienze Forestali e Ambientali UTET*.
- Hudson N.W., 1993 *Field measurement of soil erosion and runoff*, Silsoe Associates Ampthill, Bedford United Kingdom.
- Iovino F, Borghetti M, Veltri A (2009) *Foreste e ciclo dell'acqua*. *Forest@ 6*: 256-273
- Jimenez E, Vega JA, Perez-Gorostiaga P et al. (2008). Effects of pre-commercial thinning on transpiration in young post-fire maritime pine stands. *Forestry* 81: 543-557
- Knava K., Novak V. And Orfanus T., 2007 Canopy structure changes and potential evapotranspiration: possible influence of wind - throw in High Tatra Mountains –International Scientific Conference, Pol'ana nad Detvou, Slovakia, September 17-20, 2007, ISBN 978-80-228-17-60-8
- Magnani F, Bensada A, Cinnirella S et al. (2008). Hydraulic limitations and water use efficiency in *Pinus pinaster* along a chronosequence. *Can j For. Res* 38: 73- 81
- McCulloch, J.S.G. & Robinson, M. (1993) History of forest hydrology. *Journal of Hydrology*, 150: 189-216
- Norbiato D., Borga M., Degli Espositi S., Gaume E., Anquetin S., 2008 Flash flood warning based on rainfall thresholds and soil moisture conditions: An assessment for gauged and ungauged basins *Journal of Hydrology* (2008) 362, 274 - 290
- Norbiato D., Borga M., Sangati M., Zanon F., 2007 Regional frequency analysis of extreme precipitation in the eastern Italian Alps and the August 29, 2003 flash flood- Department of Land and Agroforest Environment University of Padova, Agripolis, via dell'Università, 16, Legnano IT-35020 Italy.
- Raddi S., 2008/09 *Dispense di Ecofisiologia forestale- Acqua ed evapotraspirazione*.
- Regione Toscana, Giunta Regionale, Fondazione S. Giovanni Gualberto, 2000 *La Toscana dei Boschi estratto dal volume "Attraverso le regioni forestali d'Italia"* Edizioni Vallombrosa.
- Preti F., Barneschi M., 2002 Pericolosità idrogeologica in versanti vegetati: quantificazioni e verifiche, *Conservazione dell'ambiente e rischio idrogeologico*, Convegno nazionale Assisi 11-12 Dicembre 2002
- Regione Liguria. *Carta dei Suoli in scala 1:250.000*
- Regione Toscana 1984 – 1994. *Rilevamenti pedologici nell'ambito del Progetto "Sistemi Territoriali"*. Dipartimento Agricoltura e Foreste. (1984 – 1994).
- Schwitzer P, Kowalick WS, Lyon RJP 1981 Estimation of atmospheric path-radiance by covariance matrix method. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 47:1469-1476
- Selby M.J. with a contribution by Hodder A.P.W., *Hillslope materials and processes*, Oxford University Press-Oxford.
- Tabacchi G., De Natale F., Fattorini L., Gasparini P. 2005, Risposta a "La stima delle superfici forestali per l'Italia: le incertezze del Nuovo Inventario delle Foreste e del Carbonio" di Mollicone e Federici, *Forest@ 2* (3): 258-267.
- Teillet PM, Guidon B, Goodenough DG 1982 On the slope-aspect correction multispectral scanner data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 8: 84-106.

- Tropeano D., Turioni L., 1993 Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini delle Alpi Occidentali e Centrali, Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica nel bacino padano, Gruppo Nazionale per la difesa dalle catastrofi idrogeologiche.
- Van Rompay A.J.J., Vieillefont V., Jones R.J.A., Montanarella L., Verstraeten G., Bazzoffi P., Dostal T., Krasa J., De Vente J., Poesen J., 2003 Validation of Soil Erosion estimates at European Scale, European Commission Joint Research Centre.
- Zhang L., Dawes W. R., and Walker G. R., 2001 Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale Water resources research, Vol. 37, NO. 3, pages 701-708, March 2001.