



UNIVERSITA' DI PISA  
FACOLTA' DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI  
CORSO DI LAUREA IN SCIENZE GEOLOGICHE

*Tesi di Laurea di Primo Livello:*

**Confronto tra i deflussi misurati e i deflussi stimati nel  
bacino idrografico del Fiume Nievole (Toscana) come  
potenziale contributo alla conoscenza degli apporti liquidi  
nel Padule di Fucecchio**

*Relatore:*

Prof. Franco Rapetti

*Candidato:*

Francesco Caruso

**Anno Accademico 2010-2011**

**30 Settembre 2011**

# INDICE

	<b>Premessa</b>	3
	<b>Introduzione</b>	4
<b>1</b>	<b>Inquadramento geografico</b>	5
<b>2</b>	<b>Inquadramento idrografico</b>	8
<b>3</b>	<b>Derivazioni ed utilizzazioni idriche</b>	10
<b>4</b>	<b>Uso del suolo</b>	11
<b>5</b>	<b>Inquadramento geologico e geomorfologico</b>	13
<b>6</b>	<b>Inquadramento climatico</b>	22
	<b>6.1</b> <b>Temperatura dell'aria</b>	23
	<b>6.2</b> <b>Afflussi idrometeorici</b>	24
<b>7</b>	<b>Afflussi ragguagliati al bacino</b>	24
<b>8</b>	<b>Deflussi misurati nella stazione di Colonna</b>	27
<b>9</b>	<b>Metodologia di stima dei deflussi liquidi (RO)</b>	29
<b>10</b>	<b>Risultati dell'applicazione</b>	31
<b>11</b>	<b>Conclusioni</b>	38
	<b>Bibliografia e Sitografia</b>	39

## **Premessa**

Fin dai primi due decenni del secolo scorso, allo scopo di valutare eventuali rischi idraulici o per la gestione delle risorse idriche, si è ritenuto necessario impiantare una serie di stazioni idrometrografiche sui principali fiumi italiani e su alcuni loro affluenti.

Nel 1963, a cura del Servizio Idrografico del Ministero LL. PP., furono pubblicati i valori caratteristici di 552 bacini idrografici italiani, di cui 365 con oltre un decennio di osservazioni; le misurazioni continuative protratte per un periodo superiore ai 30 anni consentono la definizione dei “valori idrologici normali” (Min. LL.PP., 1963).

Nonostante l’impegno profuso dagli Uffici Idrografici nell’ultimo secolo nel campo delle misure idrometriche e delle portate liquide di molti fiumi, della maggior parte dei canali naturali, specialmente degli ordini più bassi, non sono noti i deflussi liquidi.

Tale carenza di conoscenze idrologiche riguarda anche la rete dei corsi d’acqua che versano nel Padule di Fucecchio, che costituisce una zona umida di eccezionale importanza in Toscana. Infatti, in questo contesto territoriale, misure idrometriche e di portata sono regolarmente eseguite solo sul F. Nievole, presso la stazione di Colonna (25 m s.l.m.m.) (Annali Idrologici dell’Ufficio Idrografico dell’Arno, vari anni).

Quando, per motivi scientifici o pratici, sia indicata la conoscenza dei deflussi liquidi dai bacini idrografici non serviti da stazioni di misura idrometrografica, si può ricorrere a metodi indiretti di stima. Tra i metodi noti si è applicato quello che consiste nello sviluppo del bilancio idrico-climatico di Thornthwaite (1948). Tale metodologia in passato è stata applicata con successo in alcune ricerche all’estero (Thornthwaite, Carter, 1958) e in Italia (Rapetti, Vittorini, 1993).

## **Introduzione**

Lo scopo di questo lavoro è quello di confrontare i deflussi liquidi misurati con quelli stimati attraverso lo sviluppo del bilancio idrico-climatico di Thornthwaite, al fine di un'ulteriore valutazione circa la capacità predittiva del sistema, già analizzata in altre ricerche (Rapetti, Vittorini, 1993), in un bacino con prevalente copertura di rocce arenacee, dunque caratterizzate da permeabilità primaria. In una fase successiva la ricerca potrebbe essere estesa a tutti i corsi d'acqua non serviti da stazioni idrometrografiche che versano nel Padule di Fucecchio, al fine di giungere ad una stima indiretta dei deflussi convogliati nel Padule.

Il bacino scelto per tale confronto è quello del Fiume Nievole (PT), i cui dati idrologici sono stati misurati presso la stazione idrometrografica della frazione di Colonna (25 m s.l.m.; Comune di Pieve a Nievole) e reperibili negli Annali Idrologici (Parte II) del Servizio Idrografico e Mareografico di Pisa.

Le misure hanno riguardato il periodo dal 1 marzo 1953 al 31 dicembre del 1991, con lacune relative agli anni 1957, dal 1959 al 1964, dal 1976 al 1979, 1981. Nonostante tali interruzioni si considera che 28 anni di misurazioni siano sufficienti al nostro scopo.

## 1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Sotto il profilo geografico l'area in studio occupa un'area della Toscana settentrionale posta a nord del corso dell'Arno, a ridosso dell'Appennino tosco-emiliano, mentre sotto il profilo amministrativo risulta totalmente ricadente all'interno della provincia di Pistoia (fig. 1).

Il Nievole, dal quale prende il nome il territorio della Valdinievole, importante vallata secondaria della Valdarno, nasce dai contrafforti appenninici fra Avaglio e Casore del Monte, nel Comune di Marliana, ad una quota di circa 900 m s.l.m.m.

Dopo il ripido percorso montano il fiume scorre fra i territori di Serravalle Pistoiese e Pieve a Nievole e, procede verso Sud, in territorio pianeggiante bonificato e quindi nel Padule di Fucecchio, che costituisce una delle aree umide interne più estese ed importanti d'Italia (Berrettini, 2005). Conclude il suo percorso come F. Nievole alla sua confluenza nel canale del Terzo che, a sua volta, contribuisce a formare il canale Maestro, che diventa poi Usciana, affluente dell'Arno.



Fig.1 - Collocazione geografica del bacino del F. Nievole (contorno in rosso). Fonte <http://www.solitalia.it>.



Fig.2 - Vista del F. Nievole presso la stazione di misura idrografica di Colonna, Ponte a Gora (Foto F. Caruso, 23 marzo 2011).

Dal punto di vista amministrativo il suddetto bacino interessa i comuni di Marliana, Montecatini Terme, Serravalle Pistoiese, Pieve a Nievole, Monsummano Terme. I limiti naturali che lo separano dai bacini idrici contigui sono rappresentati dalla linea spartiacque evidenziata in rosso in fig. 3.

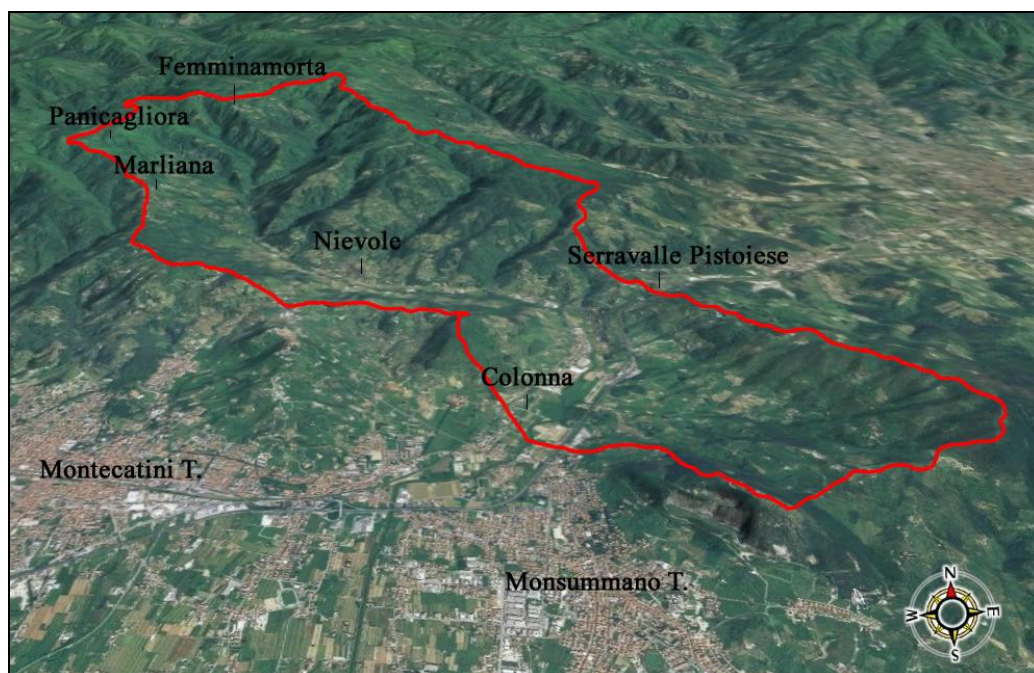


Fig.3 - Immagine del bacino del F. Nievole realizzata mediante la tecnologia *Terrafly* (da: ReteToscana.it - modificato).

Geograficamente il bacino è confinato come segue:

- a NW allo spartiacque del bacino del fiume Pescia di Pescia (Margine di Momigno-Femmina Morta-Panicagliora);

- a NE e ad E, da Poggiobello il limite scende fino a Serravalle attraverso Dogana Vecchia-Monte alle Croci-Monte Prullo e Monte Casore seguendo il crinale del Monte Albano fino a Colle Belvedere;

- da qui il confine volge a SSE, attraverso C. Autore-P. Autore-II Poderaccio-Monsummano;

- a SSW, a valle di Casa Nuova, dallo spartiacque del Borra (Margine di Bruno-Canfittori-Montecatini Alto) .

I limiti territoriali appena descritti non delineano l'effettivo bacino del F. Nievole, ma solo quella parte di esso che ha come sezione di chiusura quella localizzata nell'abitato di Colonna in cui è posta la stazione di misura idrometrografica.

## 2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO DEL BACINO DEL F. NIEVOLE

Il quadro idrografico del bacino del F. Nievole è caratterizzato dalla presenza di numerosi piccoli affluenti a regime pressoché torrentizio, che prendono origine dai rilievi di Margine di Momigno, Femmina Morta, Panicagliora, Margine di Bruno, Canfittori e Montecatini Alto nel quadrante NNW; a NE ed E prendono origine dai rilievi di Dogana Vecchia, Monte alle Croci, Monte Prullo e Monte Casore, seguendo il crinale del Monte Albano (tab. 1; fig. 4).

<b>DESTRA IDROGRAFICA</b>	<b>SINISTRA IDROGRAFICA</b>
Fosso <i>Arlicchia</i>	Fosso <i>Virle</i>
Fossa <i>Buia</i>	Fosso della <i>Torbola</i>
Torrente <i>Renaggio</i>	Fosso della <i>Pungolana</i>
Torrente <i>Ribotro</i>	Fosso dei <i>Lecceti</i>
Torrente <i>Bolognola</i>	Fosso del <i>Giarda</i>
Fosso <i>Portisella</i>	
Fosso di <i>Serravalle</i>	
Fosso di <i>Cagnano</i>	
Fosso <i>Migliandola</i>	
Gora del <i>Molino Pieracci</i>	
Rio <i>Fossone</i>	
Rio <i>Bechini</i>	
Rio <i>Migliore</i>	

Tab. 1 - Principali affluenti del F. Nievole.



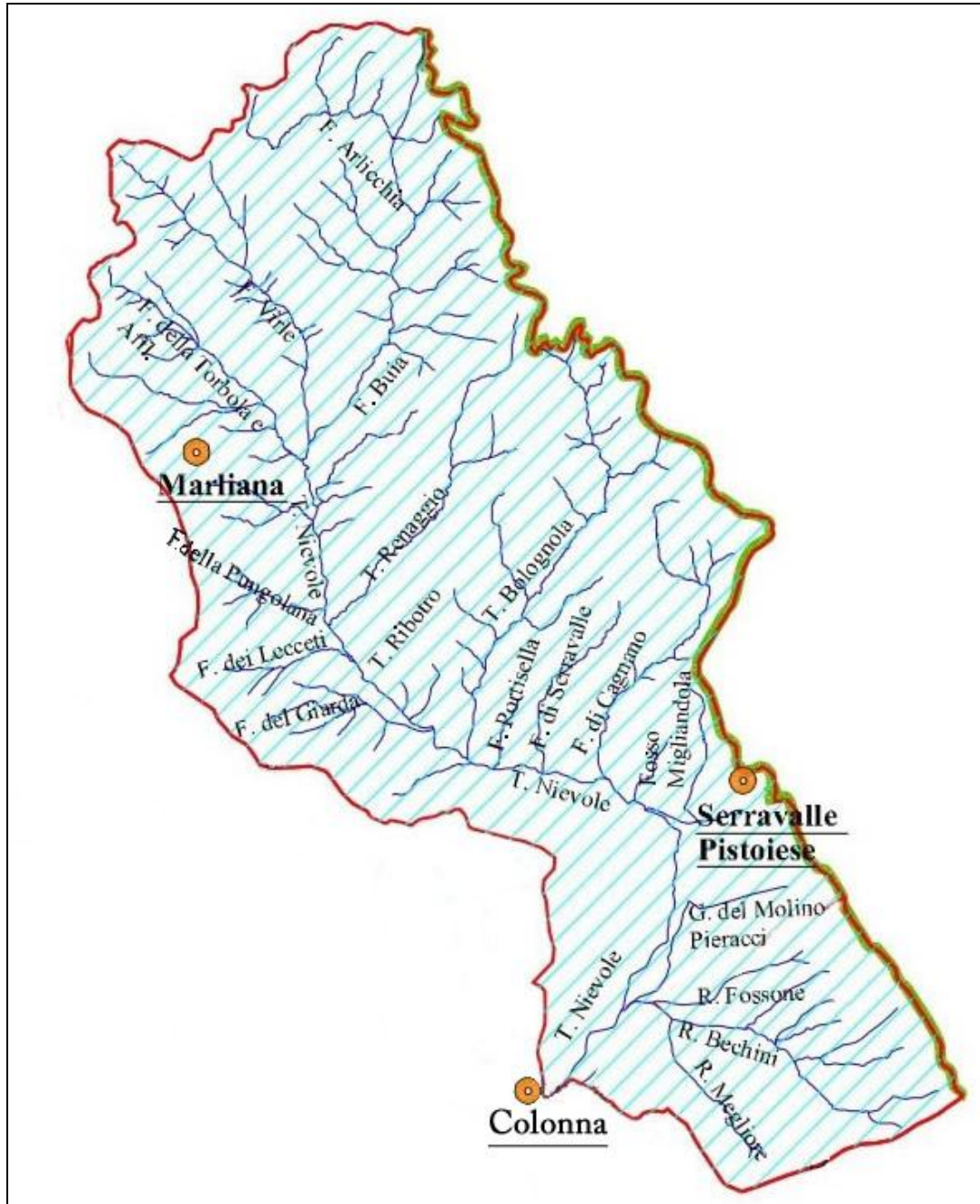


Fig.4 - Bacino Idrografico del F. Nievole (Fonte <http://www.paduledifuococchio.it>).

### **3 DERIVAZIONI ED UTILIZZAZIONI IDRICHE**

Negli ultimi decenni lo sfruttamento idrico dei corsi d'acqua e delle falde contermini, elevatissimo nelle porzioni più basse dei bacini, ma certamente non trascurabile in quelle medio-alte, come risulta dalle osservazioni delle Autorità di Bacino dei principali fiumi italiani, ha subito tali incrementi da mettere in crisi l'equilibrio generale degli ecosistemi fluviali. Tale condizione, in alcuni casi, come ad esempio nel F. Cecina, riguarda la drastica riduzione dei deflussi liquidi, in alcuni mesi dell'anno ridotta a zero, cui consegue la ridotta alimentazione delle falde idriche, la diminuzione del trasporto di materiali litoidi sul fondo, con gravi conseguenze sul trasporto terrigeno verso i litorali, e lo squilibrio degli ecosistemi acquatici.

Nel caso dell'area in studio, l'intenso sfruttamento delle risorse idriche dei bacini idrografici che versano nel padule di Fucecchio, ha gravi conseguenze sull'equilibrio di quella importante zona umida della toscana.

## 4 USO DEL SUOLO

Facendo riferimento alla carta sull'Uso del Suolo (1:45000), messa a disposizione dall'Ufficio "*Pianificazione Territoriale*" della provincia di Pistoia, possiamo dare un'impronta descrittiva della destinazione d'uso delle aree interne al bacino e quindi del tipo di copertura. Il bacino idrografico, a grandi linee, può essere suddiviso in tre zone principali:

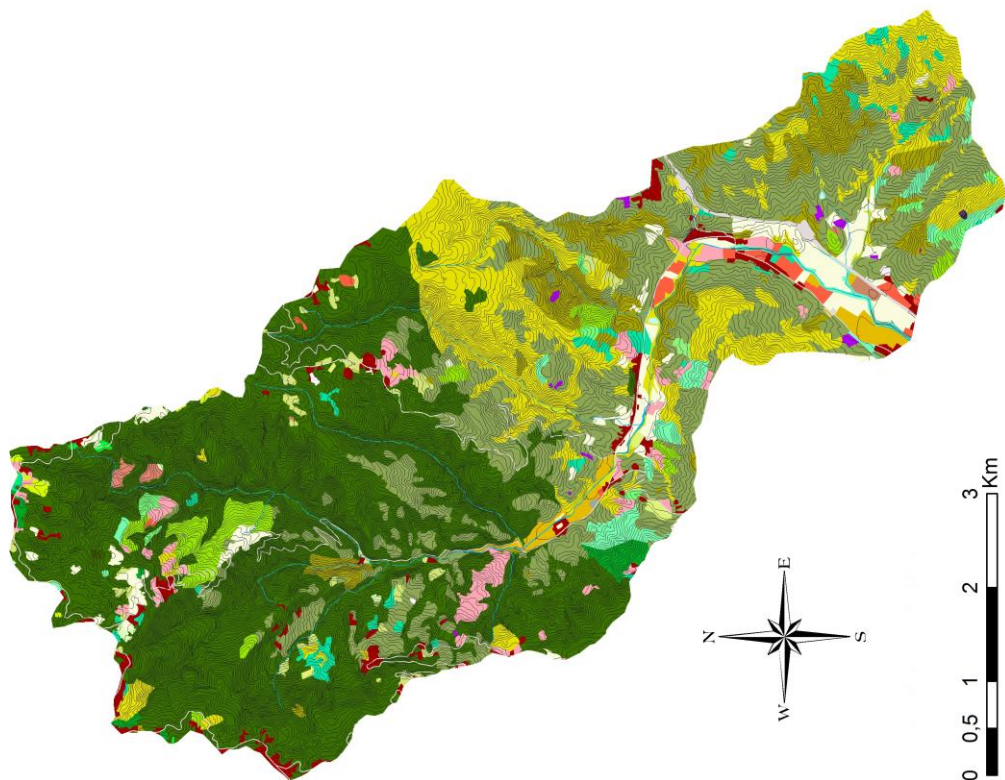
**Aree *Boschive*:** occupano circa per il 30 % del bacino e quasi tutto il quadrante settentrionale (a nord dell'abitato di Nievole) ; sono costituite da boschi cedui di latifoglie a prevalenza di castagno; circa il 10% è rappresentato da boschi cedui di latifoglie varie, come Robinia e Querceti; di minore importanza risultano le conifere che ricoprono solo una percentuale molto modesta del territorio. Nella cartografia sono rappresentate in verde scuro.

**Aree *Agricole*:** sono collocate principalmente nella parte meridionale del bacino sulle colline prossimali; sono rappresentate per lo più da oliveti (circa il 20% del territorio); anche se di minor importanza per estensione areale vanno anche citate le aree destinate a arboricoltura da legno, colture promiscue-specialistiche-arboree, vivaismo in pieno campo e in contenitore e vasetteria, serre, orto-coltura e seminati (a queste ultime coltivazioni, come vedremo più avanti, sono da attribuire grandi consumi idrici dal bacino).

**Aree *Antropiche*:** queste sono circoscritte alle sole aree che costeggiano il corso d'acqua e a quelle che si trovano negli abitati situati alle quote più elevate del bacino lungo la linea spartiacque; queste vengono suddivise in: aree urbanizzate, produttive, estrattive-cantieri-discardiche ecc., estrattive in atto, estrattive dismesse, discardiche, depositi materiali, verdi artificiali non agricole, verdi urbane ecc.; anche queste come le aree agricole sono molto importanti per i consumi di acqua a scapito del bacino.



## USO DEL SUOLO NEL BACINO DEL F. NIEVOLE (PT)



- Legend**
- 2.2.4 ARBORICOLTURA DA LEGNO
  - 2.2.4.1 ARBORICOLTURA DA LEGNO - PIOPPETI
  - 2.6 COLTURE PROMISCUE
  - 2.5 COLTURE SPECIALISTICHE
  - 2.2 COLTURE ARBOREE
  - 2.4.3 VIVAISMO IN PIENO CAMPO
  - 2.4.3.1 VIVAISMO IN CONTENITORE E VASERTELLERIA
  - 2.4.4 SERRE
  - 2.4.1 ORTO-COLTURA
  - 2.2.3 OLIVETI
  - 2.2.3.1 OLIVETI IN CONDIZIONE DI ABBANDONO
  - 2.2.1 VIGNETI
  - 2.2.1.1 VIGNETI IN CONDIZIONE DI ABBANDONO
  - 2.2.5 CASTAGNETO DA FRUTTO
  - 2.2.2 FRUTTETI O FRUTTETI MINORI
  - 2.1 SEMINATIVI
  - 2.3.1 PARATI STABILI (FORAGGIERE PERMANENTI)
  - 1.1 AREE URBANIZZATE
  - 1.2 AREE PRODUTTIVE
  - 1.3 AREE ESTRATTIVE - CANTIERI - DISCARICHE - DEPOSITI
  - 1.3.1.1 AREE ESTRATTIVE IN ATTO
  - 1.3.1.2 AREE ESTRATTIVE DISMESSE
  - 1.3.2 DISCARICHE
  - 1.3.3 DEPOSITI MATERIALI - CANTIERI
  - 1.4 AREE VERDI ARTIFICIALI NON AGRICOLE
  - 1.4.1 AREE VERDI URBANE
  - 1.4.2 AREE A VERDE URBANO ATTREZZATO
  - 1.5 AREE VIARIE
  - 3.1.1 BOSCHI DI LATIFOGIE
  - 3.1.1.1 BOSCHI CEDUI DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI ROBINIA
  - 3.1.1.1.2 BOSCHI CEDUI DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI CASTAGNO
  - 3.1.1.1.3 BOSCHI CEDUI DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI FAGGIO
  - 3.1.1.1.4 BOSCHI CEDUI DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI QUERCE
  - 3.1.1.1.5 BOSCHI CEDUI DI LATIFOGIE VARIE
  - 3.1.1.1.6 BOSCHI CEDUI DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI CARPINO NERO
  - 3.1.1.2 BOSCHI CEDUI CONIFERATI
  - 3.1.1.3.1 BOSCHI D'ALTO FUSTO DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI QUERCE SEMPREVERDI
  - 3.1.1.3.2 BOSCHI D'ALTO FUSTO DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI CASTAGNO
  - 3.1.1.3.3 BOSCHI D'ALTO FUSTO DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI FAGGIO
  - 3.1.1.3.4 BOSCHI D'ALTO FUSTO DI LATIFOGIE A PREVALENZA DI QUERCE CADUCIFOGIE
  - 3.1.1.3.5 BOSCHI D'ALTO FUSTO DI LATIFOGIE VARIE
  - 3.1.2.1 BOSCHI DI CONIFERE A PREVALENZA DI DOUGLASIA
  - 3.1.2.2 BOSCHI DI CONIFERE A PREVALENZA DI PINO MARITTIMO
  - 3.1.2.3 BOSCHI DI CONIFERE A PREVALENZA DI PINO NERO
  - 3.1.2.4 BOSCHI DI CONIFERE A PREVALENZA D'ABETI
  - 3.1.2.5 BOSCHI DI CONIFERE VARIE
  - 3.1.3 BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE
  - 3.2.1 AREE A PASCOLO NATURALE E PRATERIE
  - 3.2.2 BRUGHIERE E CESPUGLIETI
  - 3.2.2.3 BRUGHIERE E CESPUGLIETI A PREVALENZA DI GINEPRI
  - 3.3 ZONE APERTE CON VEGETAZIONE RADA O ASSENTE
  - 3.3.2 ROCCE NUDE - AFFIORAMENTI
  - 5.1.2 BACINI D'ACQUA
  - 5.1.1 CORSI D'ACQUA - CANALI - IDROVIE
  - 4.1.1 TERRE PALUSTRI
  - 4.1.2 VEGETAZIONE RIPARIA
  - 4.1 ZONE UMIDE INTERNE

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il bacino del F. Nievole si estende per una superficie di 38 Km<sup>2</sup> ed è caratterizzato da un territorio prevalentemente collinare, rappresentato per il 45,5% dalla fascia altimetrica 0-300 m, per il 38,8% dalla fascia 300-600 m, e per il 15,7% dalla fascia 600-900 m.

L'Appennino settentrionale è una catena a falde di ricoprimento le cui origini sono legate ad una complessa storia evolutiva che si è sviluppata fundamentalmente in due fasi principali: nella prima (Cretaceo-Miocene sup.) è prevalsa una dinamica nettamente compressiva, che ha comportato l'impilamento e la messa in posto delle unità tettoniche; successivamente (Miocene sup.-Pliocene inf.) è seguita una fase estensionale, che ha portato alla formazione delle depressioni tettoniche (Val di Serchio, Val di Magra, Valdarno Inferiore (Giannecchini & Verani, 2006).

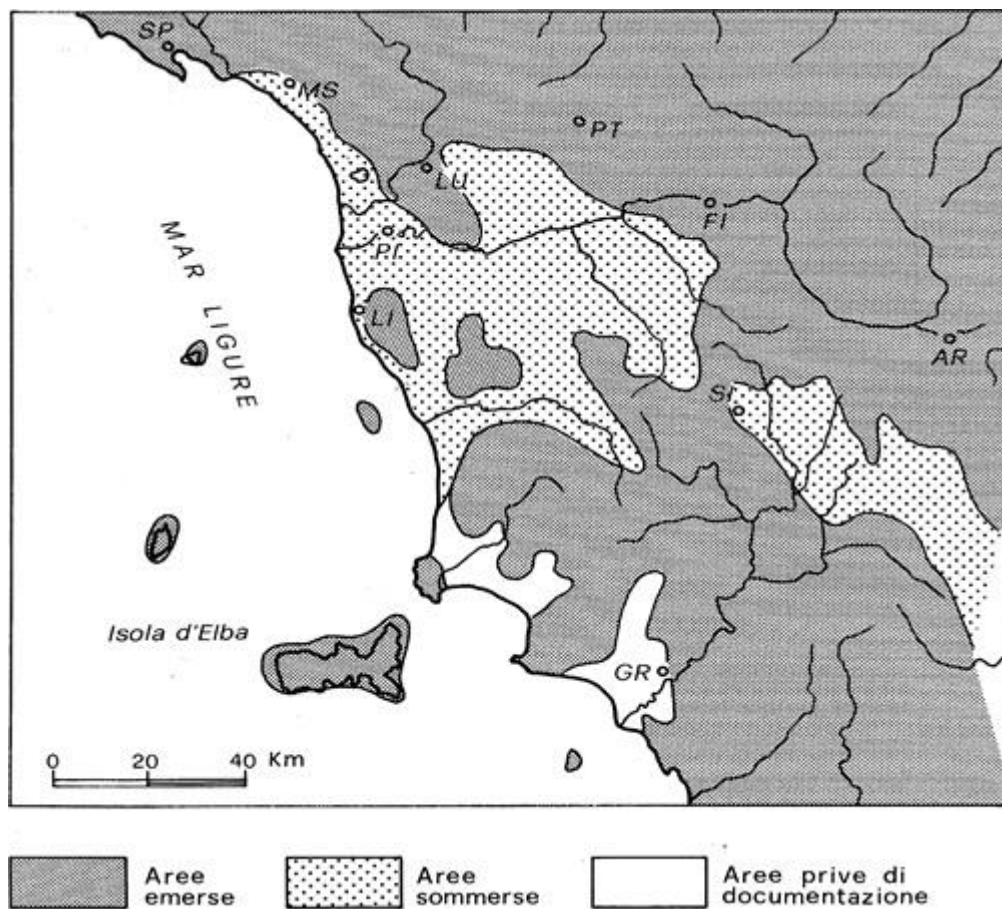


Fig.5 - Limiti della trasgressione marina del Pliocene inferiore e medio in Toscana.

Queste depressioni sono confinate da sistemi di faglie dirette che presentano direzione appenninica (NO-SE); talvolta interrotte da dislocazioni trasversali. Dal tardo Pliocene medio si verificò un sollevamento che determinò il ritiro del mare da quelle terre (regressione astiana), lasciando depositi marini come calcari arenacei, argille azzurre, sabbie giallastre di mare sottile. Nel Pleistocene inferiore, durante la trasgressione calabriana, il mare penetrò nuovamente nella bassa valle dell'Arno, senza tuttavia interessare l'area in studio, poiché la nuova ingressione giunse a lambire gli attuali paesi di Cascina e di San Giovanni alla Vena, mentre verso oriente i sedimenti lacustri e fluvio-lacustri villafranchiani si depositavano sulle sabbie e i calcari sabbiosi pliocenici (Federici, 1987). L'area depressa tra il Monte Pisano e il Monte Albano si trasformò in un unico vasto bacino lacustre, tra il Pleistocene inferiore e medio si verificò una fase di sollevamento che mise in posto la dorsale Montecarlo-Cerbaie. Tale sistema di basse colline, che presenta un andamento arcuato convesso verso oriente, presenta altitudini modeste poiché le alture di Montecarlo culminano sul Monte Chiari a 189 m s.l.m.m. mentre quelle delle Cerbaie a Montefalcone a 114 m s.l.m.m.; la struttura presenta l'insellatura di Marginone-Altopascio, dove la quota scende a 19 m s.l.m.m.. Il sollevamento di questa struttura divise in due parti il grande bacino lacustre a nord dell'Arno: ad occidente si formò il padule di Bientina ed a oriente quello di Fucecchio. Nell'Olocene si era ormai delineata la gerarchizzazione della rete dei canali nel Valdarno inferiore e l'Arno, con il suo grande bacino imbrifero trasportava grandi quantità di sedimenti che alluvionarono la bassa pianura tra le Colline pisane, le Cerbaie e il Monte Pisano (Federici, 1987).

Con riferimento all'estratto della Carta Geologica rappresentata in fig. 6 sono riconoscibili due unità tettoniche:

- ***Complesso Ligure Esterno***
- ***Complesso Toscano non metamorfico***

Il **Complesso Ligure Esterno** è individuabile nella parte più meridionale del bacino ed è rappresentato esclusivamente dalle sole *Unità di Morello* e *Unità di S. Fiora*:

FORMAZIONE DI M. MORELLO (MLL)

Torbiditi calcareo e calcareo-marnose in strati da medi a spessi (talvolta a base calcarenitica) a cui si intercalano strati molto sottili di marne, argilliti calcaree ed argilliti; la formazione è inoltre caratterizzata dalla presenza di rare intercalazioni di calcareniti ed arenarie calcaree. *Eocene inf.- Eocene medio/?sup.*

FORMAZIONE DI SILLANO (SIL)

Depositi polimitici matrice-sostenuti da grigio scuro a grigio verdi con clasti da subangolosi a subarrotondati, da centimetrici a metrici, rappresentati da calcilutiti silicee o marnose, marne, arenarie, radiolariti ed ofioliti, a cui si intercalano breccie clasto-sostenute oligomittiche a prevalenti elementi ofiolitici, olistoliti di serpentiniti e torbiditi in strati da medi a spessi di arenarie siliceo-calcaree (con la base spesso rappresentata da brecciole calcaree bioclastiche), calcareniti e sottili interstrati di argilliti e argilliti siltose nere (Pietraforte, Turoniano-Senoniano). *Albiano inf - Campaniano inf.*

Il **Complesso Toscano non metamorfico** all'interno del Bacino del F. Nievole è rappresentato prevalentemente dalla formazione del Macigno "**MAC**" (Oligocene sup.-Miocene inf.), che si trova alla sommità della Successione Toscana stessa; esso è costituito essenzialmente da torbiditi arenacee ed arenaceo-pelitiche a composizione quarzoso-feldspatico-micaceo: localmente, nella parte alta della formazione, la frazione siltitica può prevalere rispetto a quella arenacea e talora si intercalano argilliti grigio-scure o nere, con blocchi e livelli di calcari silicei o marnosi (olistostromi). Le arenarie sono frequentemente alterate e ossidate, dando luogo ad una sorta di sabbione rossastro più o meno coerente (spessore da alcuni decimetri ad alcuni metri), contenenti clasti arenacei in quantità variabile, e determinando la formazione di estese coltri detritiche.

Qui in basso vengono riportate in elenco con una breve descrizione le altre formazioni appartenenti alla Successione Toscana che ritroviamo all'interno del bacino:

SCAGLIA TOSCANA (STO)

Questa formazione comprende varie litofacies, senza un preciso ordine stratigrafico e non distinte cartograficamente: una litofacies pelitica (prevalente), una litofacies calcareo-pelitica, una litofacies calcarenitico-pelitica ed una litofacies calcareo-silicea (rara).

*Aptiano inf.-Oligocene sup.*

DIASPRI (DSD)

Radiolariti e selci rosse, grigie o verdi, in strati sottili intensamente fratturati, con intercalazioni di argilliti e marne silicee progressivamente più frequenti nella porzione superiore della formazione; a Monsummano, nella parte alta della formazione, è discontinuamente presente una breccia ad elementi silicei.

*Bajociano sup./Batoniano inf.-Titoniano sup.*

CALCARE SELCIFERO DELLA VAL DI LIMA (SVL)

Calcareniti gradate da fini a grossolane e calcilutiti silicee, da grigie a grigio-scure, con abbondanti liste e noduli di selce grigio-scure o nere, in strati da medi a spessi, a cui si intercalano rari e sottili livelli di marne silicee o argilloso siltose.

*Bajociano sup./Batoniano inf.- Titoniano sup.*

MARNE A POSIDONIA (POD)

Marne e marne calcaree grigio o grigio-verdi, a cui si intercalano calcilutiti marnose o silicee, calcareniti fini silicee, grigio o grigio-verdi, a volte gradate, con rare liste e noduli di selce, argilliti marnose o silicee e radiolariti; a Marliana, nella porzione inferiore è presente un livello di peliti grigio-scure o nere, mentre al tetto può essere presente una litofacies calcareo-diasprina, costituita da marne, argilliti silicee e radiolariti grigio-verdi o rosso vinaccia ( Marne diasprine Auctt.).

*Pliensbachiano sup./Toarciano inf- Bajociano sup./Batoniano inf.*



CALCARE SELCIFERO DI LIMANO (LIM)

Calcilutiti silicee e calcareniti fini, talvolta gradate, grigie o grigio-chiare, in strati sottili e neri con noduli e liste di selce grigio chiaro, a volte abbondanti, a cui si intercalano sottili livelli di marne calcaree e argillose siltose grigie e rari livelli di calciruditi e breccie calcaree.

*Pliensbachiano sup.-Pliensbachiano sup./Toarciano inf.*

ROSSO AMMONITICO (RSA)

Calcilutiti stratificate o nodulari da rosso-rosate a grigio-chiare, a luoghi con noduli di selce; si intercalano rari e sottili livelli di marne o argilliti calcaree rosse o verdi, più frequenti nella porzione superiore della formazione; i frammenti di Ammoniti sono rari.

*Sinemuriano s.s./Pliensbachiano inf.- Pliensbachiano sup.*

CALCARE AD ANGULATI (ANL)

Calcilutiti e calcilutiti marnose grigie o grigio-scure in strati medi a cui si intercalano strati sottili di marne ed argilliti siltose; nella porzione inferiore sono talvolta presenti calcari grigio-scuro con liste di selce (calcari listati Aucutt.); al passaggio con la formazione sovrastante, le peliti si riducono di spessore e di frequenza ed i calcari divengono grigio chiaro o rosati.

*Hettangiano- Hettangiano sup./Sinemuriano s.s.*



Fig.6 - Carta geologica adattata al bacino del F. Nievole (fonte: *Regione Toscana-servizio geologico regionale*); in azzurro sono evidenziate le tre sezioni rappresentate più avanti; scala adattata alla dimensione della pagina.

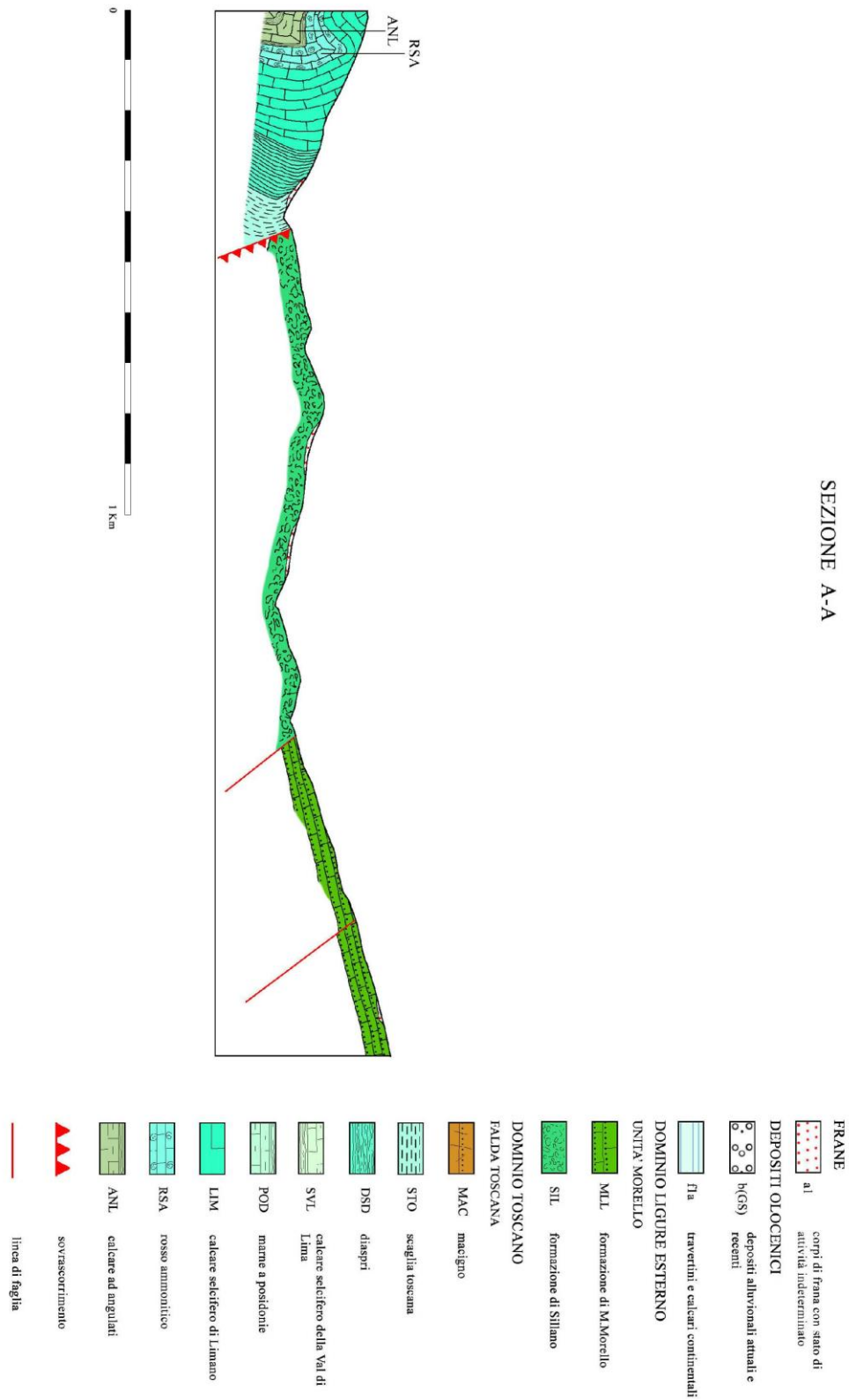


Fig.7 - Sezione geologica A-A (fonte: elaborato *Francesco Caruso*).

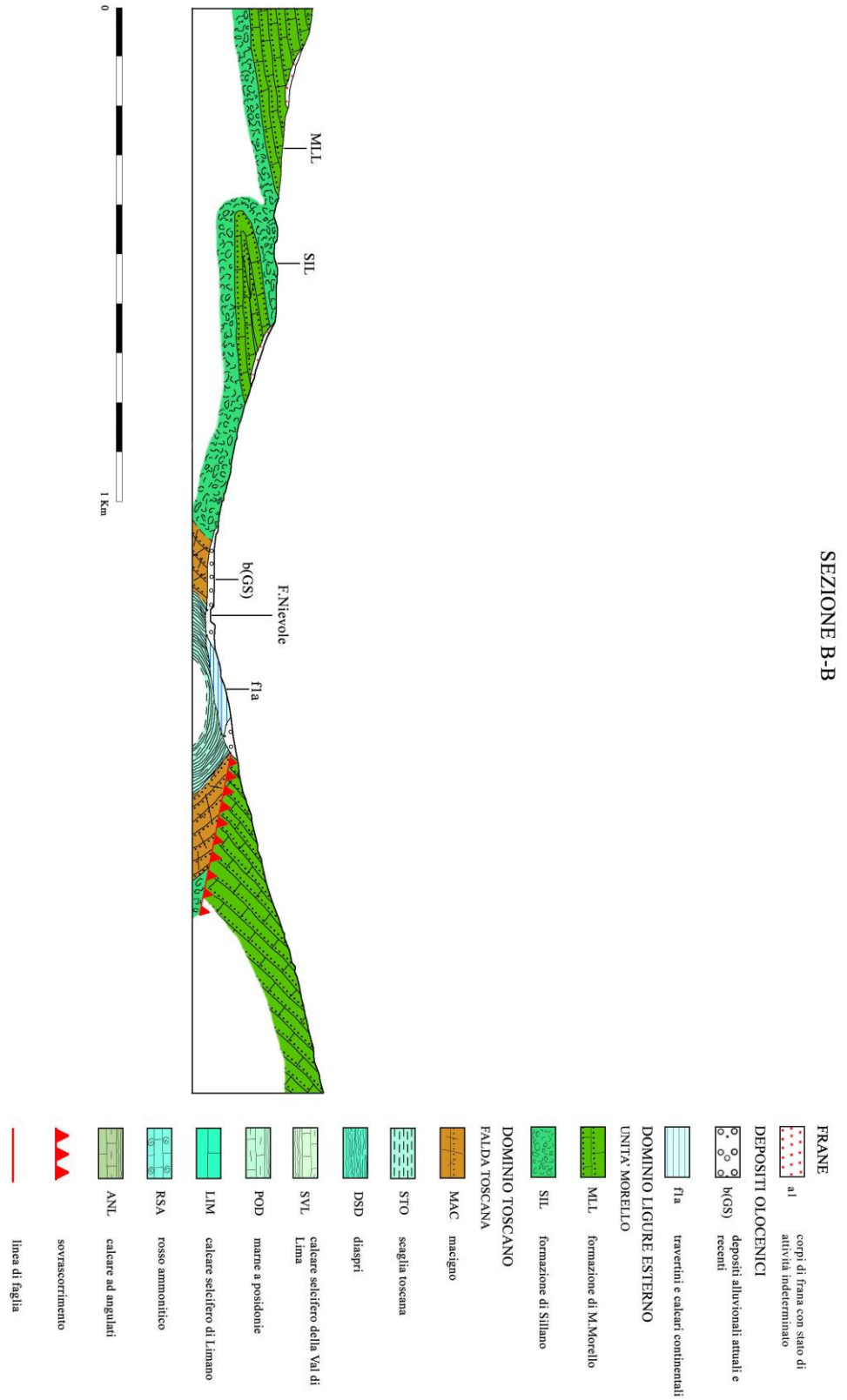


Fig.8 - Sezione geologica B-B (fonte: elaborato *Francesco Caruso*).

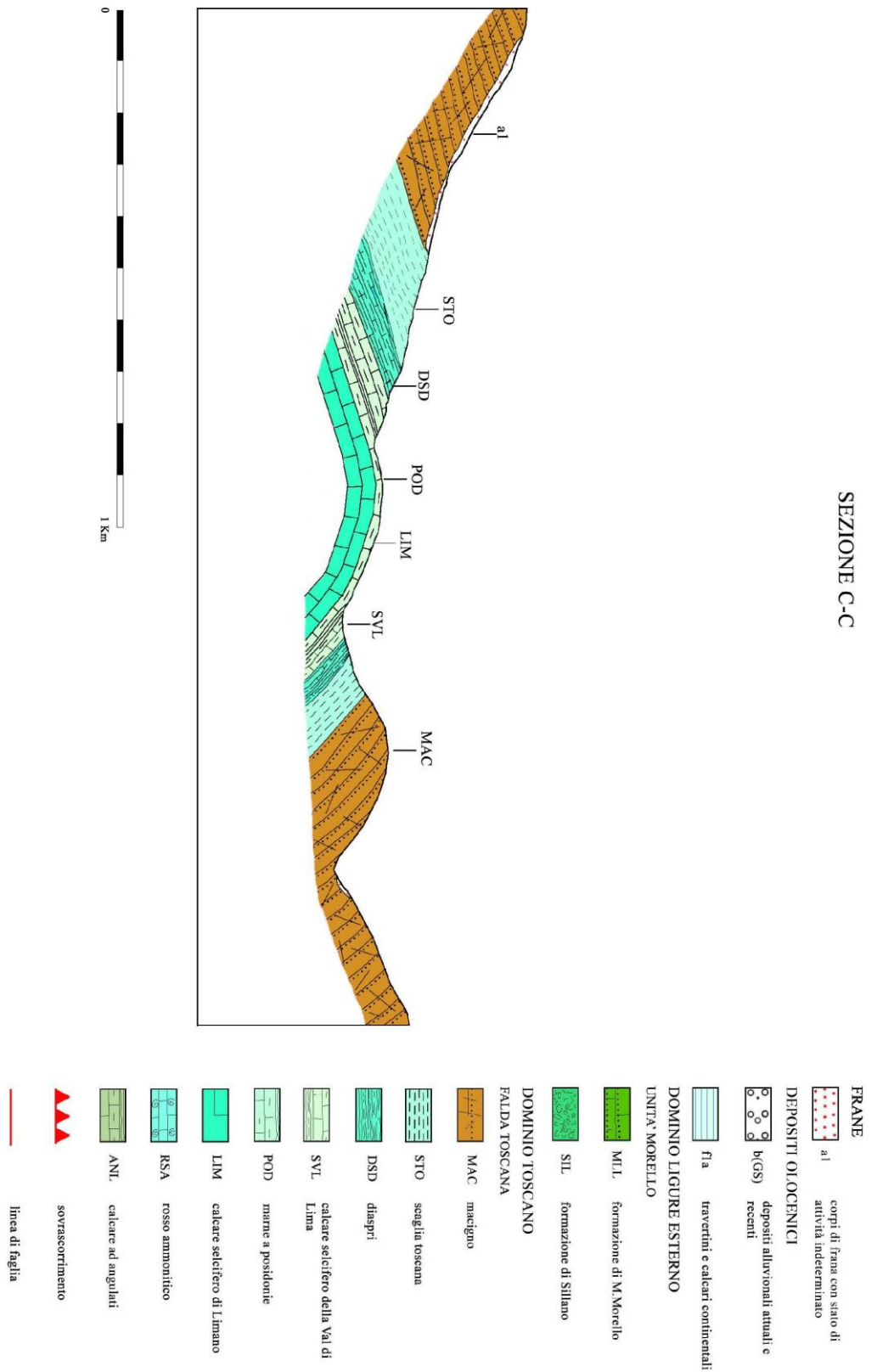


Fig.9 - Sezione geologica trasversale C-C della Carta geologica adattata al bacino del F. Nievole (fonte: elaborato Francesco Caruso).

## 6 INQUADRAMENTO CLIMATICO

Sotto il profilo termico il bacino del F. Nievole presenta i caratteri propri della fascia pianiziale posta a nord dell'Arno e dei primi contrafforti dell'Appennino pistoiese, più fresca e più umida rispetto a quella posta a sud del fiume, poiché questo elemento del paesaggio costituisce un confine climatico naturale piuttosto netto.

Sotto il profilo pluviometrico l'andamento stagionale delle piogge è controllato dalle fluttuazioni latitudinali del piano del fronte polare, che, nelle sue pulsazioni stagionali, determina il passaggio dei sistemi perturbati nell'autunno a in primavera, mentre in estate il sistema di alte pressioni delle Azzorre e del nord-africa determina condizioni di tempo stabile e soleggiato. Tra i fattori geografici del clima la piovosità nel bacino del F. Nievole è fortemente condizionata dalla presenza del Monte Pisano, delle Pizzorne e dell'Appennino pistoiese, che producono sollevamenti forzati delle masse di aria in transito e afflussi idrometeorici annui elevati e forti intensità pluviometriche.

La relativa scarsità di stazioni meteorologiche rende difficile una analisi climatica puntuale, che viene tuttavia svolta sulla base dei dati delle stazioni che appaiono nella tabella 1 (Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa).

Stazione	Quota (m s.l.m.m.)	Elementi
Pescia	81	T, P
P.te Buggianese	18	P
Vellano	420	P
Serra Pistoiese	810	P

Tab. 2 - Distribuzione geografica e altimetrica delle stazioni meteorologiche.

## 6.1 Temperatura dell'aria

La suddivisione del bacino per fasce altimetriche e l'applicazione dei gradienti termici verticali consente di articolare l'andamento termico secondo il quadro seguente (tab. 3):

- nella fascia 0-300 m s.l.m.m. la temperatura media annua è di 14,3 °C; i valori minimi e massimi mensili sono rispettivamente di 5,8 (gennaio) e 23,4 °C (luglio); sono presenti quattro mesi con  $T \geq 20,0$  °C e l'escursione termica annua è di 17,6 °C: tali condizioni fanno ricadere l'area nel tipo *temperato sublitoraneo* (Pinna, 1969);
- nella fascia 300-600 m s.l.m.m. la temperatura media annua è di 12,7 °C; i valori minimi e massimi mensili sono rispettivamente di 4,3 (gennaio) e 21,9 °C (luglio); sono presenti quattro mesi con  $T \geq 20,0$  °C e l'escursione termica annua è di 17,6 °C: tali condizioni fanno ricadere l'area nel tipo *temperato sublitoraneo*;
- nella fascia 600-900 m s.l.m.m. la temperatura media annua è di 11,1 °C; i valori minimi e massimi mensili sono rispettivamente di 2,8 (gennaio) e 20,3 °C (luglio); sono presenti quattro mesi con  $T \geq 20,0$  °C e l'escursione termica annua è di 17,5 °C: tali condizioni fanno ricadere l'area nel tipo *temperato subcontinentale*.

Mesi	Equazione retta interpolante
G	$T = 6,50 - 0,0049 \times h$
F	$T = 7,90 - 0,0058 \times h$
M	$T = 10,5 - 0,0059 \times h$
A	$T = 13,8 - 0,0059 \times h$
M	$T = 17,5 - 0,0055 \times h$
G	$T = 21,4 - 0,0054 \times h$
L	$T = 24,2 - 0,0052 \times h$
A	$T = 23,9 - 0,0050 \times h$
S	$T = 21,0 - 0,0057 \times h$
O	$T = 16,1 - 0,0052 \times h$
N	$T = 11,3 - 0,0048 \times h$
D	$T = 7,70 - 0,0049 \times h$

Tab.3 - Equazioni delle rette di regressione lineare della temperatura dell'aria con l'altitudine (gradiente pluviometrico verticale) nel bacino idrografico del F. Nievole (1956-1991).

## 6.2 Afflussi idrometeorici

La suddivisione del bacino per fasce altimetriche e l'applicazione dei gradienti pluviometrici verticali consente di articolare la distribuzione delle piogge secondo il quadro seguente (tab. 4):

- nella fascia 0-300 m s.l.m.m. la piovosità annua (media di periodo) è di 1244,4 mm; i valori minimi e massimi mensili sono rispettivamente di 36,2 mm (luglio) e 155,5 mm (novembre);

- nella fascia 300-600 m s.l.m.m. la piovosità annua è di 1472,4 mm; i valori minimi e massimi mensili sono rispettivamente di 43,6 mm (luglio) e 183,4 mm (novembre);

- nella fascia 600-900 m s.l.m.m. la piovosità annua è di 1700,4 mm; i valori minimi e massimi mensili sono rispettivamente di 51,1 mm (luglio) e 211,4 mm (novembre);

<i>Mesi</i>	<i>Equazione retta interpolante</i>	<i>R<sup>2</sup></i>
G	$P = 0,0952 \times h + 117,73$	0,8299
F	$P = 0,0804 \times h + 100,34$	0,8905
M	$P = 0,0800 \times h + 102,39$	0,9012
A	$P = 0,0665 \times h + 94,682$	0,8111
M	$P = 0,0499 \times h + 80,382$	0,8403
G	$P = 0,0346 \times h + 57,512$	0,7678
L	$P = 0,0249 \times h + 32,437$	0,7719
A	$P = 0,0296 \times h + 59,718$	0,7907
S	$P = 0,0389 \times h + 92,963$	0,6928
O	$P = 0,0707 \times h + 124,84$	0,8955
N	$P = 0,0932 \times h + 141,49$	0,8625
D	$P = 0,0962 \times h + 126,04$	0,8707

Tab.4 - Equazioni delle rette di regressione lineare delle piogge con l'altitudine (gradiente pluviometrico verticale) nel bacino idrografico del F. Nievole (1956-1991).

## 7 AFFLUSSI RAGGUAGLIATI AL BACINO

Gli afflussi ragguagliati al bacino idrografico del Nievole, e coevi ai deflussi misurati, sono tratti dagli Annali dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa (Parte I e II) (tab. 5).



Afflussi ragguagliati al bacino

Anno	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale
1953	42,5	91,0	0,4	111,6	82,6	116,6	109,1	60,7	82,0	303,9	28,4	89,1	1117,9
1954	81,2	129,1	98,1	119,0	145,6	56,5	23,8	122,6	52,2	115,3	109,3	85,2	1137,9
1955	154,4	307,3	95,9	6,2	50,9	25,7	33,7	63,3	79,8	161,2	162,6	271,1	1412,1
1956	209,6	41,6	121,9	179,0	121,4	109,4	12,2	3,3	67,6	76,7	106,8	33,8	1083,3
1957													
1958	145,7	95,8	148,9	129,4	56,5	52,8	11,6	4,7	39,7	165,6	125,1	294,2	1270,0
1959													
1960													
1961													
1962													
1963													
1964													
1965	191,5	1,6	187,9	71,4	132,6	80,4	9,8	86,4	330,9	24,4	326,9	191,0	1634,8
1966	91,5	149,1	39,4	126,4	82,0	19,8	46,9	106,3	120,4	317,1	276,1	185,9	1560,9
1967	54,1	67,4	147,7	37,3	100,5	80,6	8,8	34,7	135,5	68,3	228,7	124,3	1087,9
1968	85,4	334,8	39,3	79,8	174,2	100,3	14,1	158,8	67,6	83,4	156,3	136,3	1430,3
1969	203,6	193,4	148,0	54,7	87,5	63,5	46,1	64,3	148,8	9,7	233,8	88,1	1341,5
1970	222,1	137,4	166,2	72,4	92,3	48,7	16,5	67,1	2,7	32,2	120,9	136,7	1115,2
1971	160,2	94,4	121,6	55,4	176,5	45,7	14,2	22,4	45,3	89,8	207,7	32,5	1065,7
1972	137,5	136,6	108,8	166,5	80,6	57,4	32,7	33,3	136,6	76,2	141,0	100,6	1207,8
1973	106,9	81,9	30,0	76,8	28,1	55,2	37,0	24,5	223,5	139,8	81,6	81,9	967,2
1974	76,0	178,3	82,1	149,6	66,1	66,9	20,1	34,8	117,4	207,0	124,4	25,1	1147,8
1975	129,5	63,9	171,0	141,6	79,1	79,6	20,2	75,5	69,1	93,0	195,1	182,5	1300,1
1976													
1977													
1978													
1979	437,7	169,4	228,4	185,9	13,6	45,5	17,2	145,0	82,8	153,5	148,6	159,7	1787,3
1980	99,4	119,6	211,2	67,5	119,0	93,4	26,9	52,3	15,7	245,5	215,0	94,3	1359,8
1981													
1982	63,3	27,2	151,3	26,6	64,5	28,9	37,5	71,2	149,3	196,9	189,8	215,6	1222,1
1983	30,0	121,0	146,0	139,0	105,0	33,0	6,0	103,0	43,0	72,0	40,0	274,0	1112,0
1984	225,1	70,6	80,7	139,6	210,1	89,6	16,7	107,8	181,1	205,3	143,5	73,0	1543,1
1985	168,4	74,9	193,3	61,7	89,3	42,0	1,9	71,5	7,1	30,5	180,8	98,9	1020,3
1986	170,9	112,4	105,1	157,8	24,4	108,5	55,1	37,3	96,0	51,2	138,5	75,4	1132,6
1987	153,8	130,5	44,8	73,6	71,4	82,2	56,4	41,3	87,6	278,8	162,5	70,0	1252,9
1988	199,1	119,8	89,9	99,2	177,3	76,5	35,5	23,4	53,2	145,2	40,7	27,3	1087,1
1989	6,4	103,1	45,0	232,2	9,1	109,1	88,8	116,9	124,5	14,5	143,6	87,1	1080,3
1990	50,7	72,9	25,6	202,1	61,9	46,1	26,6	51,1	37,4	242,6	190,7	132,1	1139,8
1991	60,8	87,7	65,6	69,4	132,2	123,4	10,5	45,0	126,2	275,8	266,6	27,3	1290,5
<b>Media</b>	<b>134,2</b>	<b>118,3</b>	<b>110,5</b>	<b>108,3</b>	<b>94,1</b>	<b>69,2</b>	<b>29,9</b>	<b>65,3</b>	<b>97,3</b>	<b>138,4</b>	<b>160,2</b>	<b>121,2</b>	<b>1246,7</b>

Tab.5 - Afflussi mensili ragguagliati al bacino idrografico del F. Nievole chiuso presso la stazione idrometrografica di Colonna (mm) (1953-1991), con i relativi anni di interruzione. (fonte: Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa).

Il regime pluviometrico mensile delle piogge ragguagliate al bacino del Nievole presenta il massimo principale in novembre (160,2 mm) e quello secondario in ottobre (138,4 mm); il minimo, molto accentuato, è presente in luglio (29,9 mm) (fig. 10).

Il regime pluviometrico stagionale presenta il massimo assoluto in autunno, il secondario in inverno e il minimo in estate, che corrisponde al tipo *appenninico settentrionale* (Fazzini, 2005).

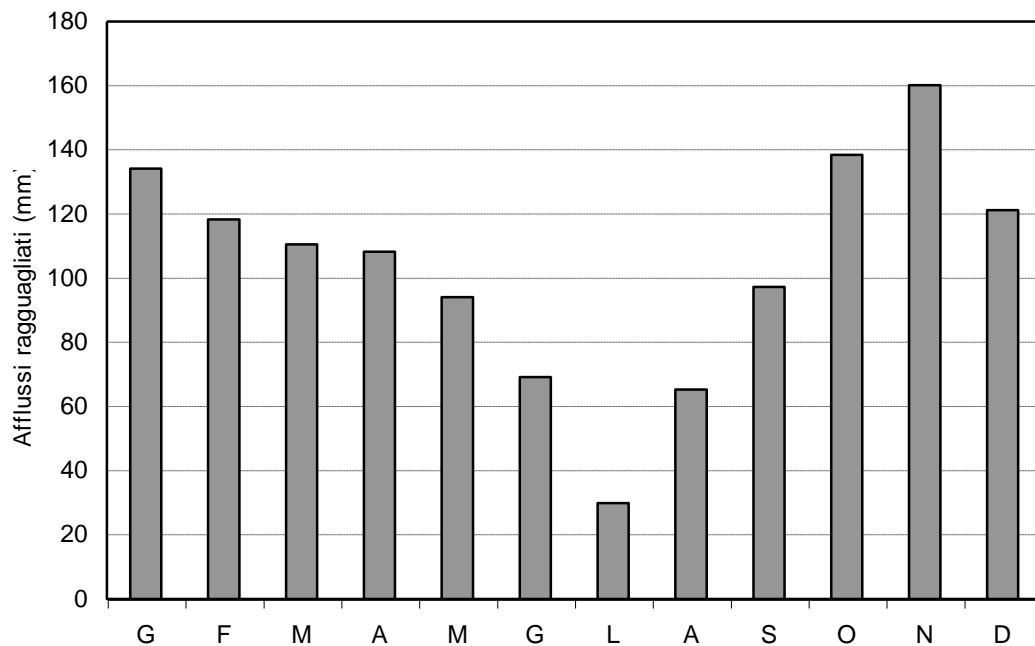


Fig.10 - Regime mensile delle piogge ragguagliate al bacino idrografico del F. Nievole (1953-1991).

## 8 DEFLUSSI MISURATI NELLA STAZIONE DI COLONNA

I deflussi liquidi del F. Nievole sono stati misurati presso la stazione idrometrografica di Colonna (fig.11), frazione del comune di Pieve a Nievole (zero idrometrico a 25 m s.l.m.m.).

L'entrata in funzione della stazione idrometrografica risale al 1 marzo 1953 mentre il funzionamento si è protratto fino al 31 dicembre 1991, per una durata totale quindi di circa 38 anni, pure in presenza di lacune nelle misurazioni per cause di diversa natura. La stazione, che dista circa 7,5 km dallo sbocco del fiume nel Padule di Fucecchio, sottende un bacino idrografico di 38 km<sup>2</sup>.



Fig.11 - Stazione idrometrografica di Ponte a Gora a Colonna (Pieve a Nievole) (foto F. Caruso).

Le misure idrometrografiche e le misure di portata effettuate dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa hanno consentito di stimare gli spessori equivalenti dei deflussi mensili ed annui defluiti nella stazione di chiusura dal bacino idrografico del F. Nievole a Colonna (tab. 6).

Anno	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
1953			18,2	17,7	13,6	25,1	12,4	1,7	4,6	90,2	29,0	51,9	
1954	83,9	114,7	78,5	73,8	90,7	32,8	12,8	14,1	10,5	31,7	42,6	64,2	650,3
1955	103,6	241,0	88,2	54,2	17,5	8,0	6,9	8,4	8,9	24,6	47,5	169,0	777,8
1956	76,5	18,5	54,8	60,2	33,6	16,2	8,5	4,6	5,8	6,5	19,7	28,7	333,6
1958	84,6	60,5	112,5	114,2	32,4	10,0	5,7	2,6	4,5	22,7	31,1	209,8	690,6
1965	139,1	44,2	124,8	36,2	33,4	41,3	8,2	6,9	46,5	16,1	164,5	109,6	770,8
1966	117,9	111,6	31,1	65,6	43,4	3,7	2,1	5,2	5,2	92,8	206,5	231,8	916,9
1967	36,8	46,1	125,5	22,4	22,0	13,5	2,5		5,6	7,6	73,5	42,3	397,8
1968	86,2	295,0	53,2	20,7	62,2	36,2	3,9	6,8	7,3	7,4	73,0	80,6	732,5
1969	149,2	192,2	144,9	49,7	33,0	9,9	7,0	2,1	4,5	1,8	17,3	18,5	630,1
1970	164,2	132,4	145,9	58,9	35,1	14,4	1,1	0,6	0,3	0,8	7,2	26,8	587,7
1971	82,5	96,7	64,8	37,6	33,9	25,9	3,0			1,3	27,4	10,0	383,1
1972	33,8	89,1	60,2	60,3	25,6	5,1	0,5	0,1	5,7	1,5	25,1	38,1	345,1
1973	38,3	34,6	11,6	23,1	8,0	2,7			13,6	36,7	18,7	24,1	211,4
1974	37,5	163,2	75,9	52,2	92,5	6,7	1,4	0,0	1,4	60,0	55,0	16,0	562,0
1975	63,1	39,1	89,7	166,3	45,8	25,4	13,4	12,4	10,5	1,0	64,0	115,7	646,4
1979	393,7	224,2	183,0	166,6	50,9	6,1	1,2	8,2	13,6	53,2	102,7	103,8	1307
1980	127,0	106,2	151,0	47,9	35,7	40,5	10,5	2,0	0,9	37,1	103,4	63,1	725,1
1982	64,4	16,0	73,6	29,0	11,7	2,3	0,0	3,0	11,6	40,0	91,6	157,7	500,8
1983	46,9	90,7	107,5	105,8	41,4	17,7	1,4	0,7	0,2	0,1	1,8	44,9	459,1
1984	70,1	38,6	30,3	47,5	68,4	46,8	3,8	4,8	14,3	79,1	63,1	44,7	511,5
1985	124,2	69,8	125,2	49,2	36,0	5,7	0,0	15,6	0,5	1,5	8,5	11,1	447,4
1986	89,1	72,6	64,4	60,3	21,3	14,0	5,9	0,3	4,0	0,4	14,3	14,3	361,0
1987	65,4	73,2	34,0	47,0	17,7	4,1	3,0	0,3	0,6	40,8	67,2	47,6	400,8
1988	90,5	93,0	47,0	74,5	56,7	30,1	4,0	0,0	0,0	3,4	2,0	4,7	405,7
1989	1,5	18,0	25,6	49,1	11,9	17,9	4,8	4,4	13,3	0,3	17,7	30,7	195,2
1990	7,7	26,3	10,9	104,2	14,1	5,7	0,0	0,2	0,0	21,8	85,8	85,8	362,4
1991	54,6	48,8	18,7	21,4	112,6	35,0	5,7	1,5	1,8	66,9	147,2	8,0	522,2
<b>Media</b>	<b>90,1</b>	<b>94,7</b>	<b>76,8</b>	<b>61,3</b>	<b>39,3</b>	<b>18,0</b>	<b>4,8</b>	<b>4,3</b>	<b>7,2</b>	<b>26,7</b>	<b>57,4</b>	<b>66,2</b>	<b>549,4</b>

Tab.6 - Deflussi medi mensili misurati (mm) presso la stazione idrometrografica di Colonna (1953-1991). Dati dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa.

## 9 METODOLOGIA DI STIMA DEI DEFLUSSI LIQUIDI SECONDO LO SVILUPPO DEL BILANCIO IDRICO-CLIMATICO (RO)

Come si è potuto constatare in altre indagini (Thornthwaite, Carter, 1958; Rapetti, Vittorini, 1993; Giusti *et al.*, 1996)) lo sviluppo del bilancio idrico-climatico applicato a bacini idrografici non serviti da stazioni idrometrografiche consente di stimare i deflussi liquidi sulla base del surplus (S) e del deflusso liquido (RO).

### CLASSIFICAZIONE DEL CLIMA SECONDO THORNTHWAITE

Stazione: Quota 450,0 m Lat. 43°50' N Long. 12°0' E Grw

Capacità di ritenzione del suolo: U = 150 Valori calcolati sul periodo -

Esponente 'm': 1,00 (Formola di Thornthwaite-Mather)

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
T	4,3	5,3	7,8	11,1	15,0	19,0	21,9	21,6	18,4	13,8	9,1	5,5	12,7
P	160,6	136,5	138,4	124,6	102,8	73,1	43,6	73,0	110,5	156,7	183,4	169,3	1.472,5
EP	9,5	12,6	26,7	47,1	80,0	111,6	136,1	123,3	86,2	53,5	25,8	12,5	724,9
P-EP	151,1	123,9	111,7	77,5	22,8	-38,5	-92,5	-50,3	24,3	103,2	157,6	156,8	747,6
A.P.WL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-38,5	-131,0	-181,3	0,0	0,0	0,0	0,0	
ST	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	116,0	62,6	44,8	69,1	150,0	150,0	150,0	
C.ST	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-34,0	-53,4	-17,8	24,3	80,9	0,0	0,0	
AE	9,5	12,6	26,7	47,1	80,0	107,1	97,0	90,8	86,2	53,5	25,8	12,5	648,8
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	39,1	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	76,1
S	151,1	123,9	111,7	77,5	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3	157,6	156,8	823,7
RO	136,1	130,0	120,8	99,2	61,0	30,5	15,2	7,6	3,8	13,1	85,3	121,1	823,7
S.M.RO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T.RO	136,1	130,0	120,8	99,2	61,0	30,5	15,2	7,6	3,8	13,1	85,3	121,1	823,7
TD	286,1	280,0	270,8	249,2	211,0	146,5	77,9	52,4	72,9	163,1	235,3	271,1	

Tipo climatico: A r B'2 b'4 (equivalente in acqua della neve: 0,0 mm)

Indice di aridità (Ia) = 10,5 Indice di umidità (Ih) = 113,6 Indice di umidità globale (Im) = 103,1

Fig.12 - Esempio di bilancio idrico-climatico calcolato mediante il programma "Evaporum". In questo caso la tabella si riferisce al bilancio del nostro bacino applicata alla fascia altimetrica 300-600 m.

Questo grafico, in sintesi, tiene conto di:

- Temperature e Precipitazioni medie mensili
- Massimi e Minimi valori di Temperatura e Precipitazione
- Caratteristiche Idriche del Suolo

Qui di seguito vengono enunciati i vari indici necessari per sviluppare il bilancio idrico-climatico secondo il Thornthwaite :

$T$  = Temperature medie mensili

$i$  = Indice di Calore Mensile in °C deducibile da tavole precompilate

$ep$  = Evapotraspirazione Potenziale giornaliera non corretta (mm) per le diverse temperature medie mensili (°C) e per i valori dell'indice di calore annuo (I). Il tutto deducibile da tavole precompilate

$k$  = Durata astronomica media mensile dell'insolazione nell'emisfero settentrionale espressa in unità di dodici ore

$P$  = Precipitazione media mensile

$EP$  = Evapotraspirazione Potenziale: Quantità di acqua che evaporerebbe se le risorse idriche del suolo fossero costantemente rinnovate

$P-EP$  = Valore sottratto tra Precipitazione media mensile ed Evapotraspirazione potenziale mensile

$A.P.WL$  = Cumulazione degli scarti negativi dei P-EP

$ST$  = Capacità di ritenzione del suolo: Umidità del suolo trattenuta a seguito del deficit potenziale di acqua e deducibile da tavole precompilate in relazione alla tipologia di terreno

$C.ST$  = Variazioni della Riserva idrica del suolo

$AE$  = Evapotraspirazione Reale: Quantità d'acqua effettivamente evaporata dal suolo e traspirata dalle piante

$D$  = Deficit Idrico: Differenza EP-AE, cioè quantità d'acqua necessaria a bilanciare le perdite

$S$  = Surplus Idrico: Quantità d'acqua che, una volta saturata la riserva idrica del suolo, va ad alimentare le falde freatiche ed il deflusso superficiale

$RO$  = Deflusso Totale

(De Albeniis, 2005 - Archivio Pubblicazioni OMTeA)

Gli studi idrologici hanno dimostrato d'altra parte che nei bacini idrografici con coperture pelitico-arenitiche, nei quali le coperture con permeabilità secondaria sia trascurabile, solo il 50% circa dell'eccedenza idrica (S) disponibile per il deflusso in un dato mese defluisce realmente in quel mese (RO); la parte rimanente dell'eccedenza è trattenuta nel bacino e diventa disponibile per il mese successivo.

## 10 RISULTATI DELL'APPLICAZIONE

Le condizioni per l'applicabilità del sistema di confronto deflussi misurati/deflussi stimati devono in prima approssimazione soddisfare le seguenti condizioni:

- predominanza di litologie a permeabilità primaria
- assenza di utilizzazioni massive dell'acqua lungo il corso fluviale e nel bacino
- assenza di importazioni di acqua dai bacini limitrofi
- assenza di esportazioni di acqua dai bacini limitrofi

<i>Fasce altimetriche</i>	<b>G</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anno</b>
0-300	5,8	7,0	9,6	13,0	17,0	21,0	23,0	23,0	20,0	15,0	11,0	7,0	14,0
300-600	4,3	5,3	7,8	11,0	15,0	19,0	22,0	22,0	18,0	14,0	9,1	5,5	13,0
600-900	2,8	3,6	6,1	9,4	13,0	17,0	20,0	20,0	17,0	12,0	7,7	4,0	11,0

Tab.7 - Temperature dell'aria (da gradiente termico verticale).

<i>Fasce altimetriche</i>	<b>G</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anno</b>
0-300	132	112	114	105	88	63	36	64	99	135	156	141	1248
300-600	161	137	138	125	103	73	44	73	111	157	183	169	1476
600-900	189	161	162	145	118	84	51	82	122	178	211	198	1704

Tab.8 - Precipitazioni (da gradiente pluviometrico verticale).



### SUDDIVISIONE PER FASCE ALTIMETRICHE DEL BACINO DEL F. NIEVOLE



Fig.13 - Rappresentazione del bacino del F. Nievole per fasce altimetriche (intervalli di 300 m). (Elaborazione ArcMap).



Fasce altimetriche	Km <sup>2</sup>	%
0-300	17,30	45,5
300-600	14,73	38,8
600-900	5,97	15,7

Tab.9 - Distribuzione delle aree per fasce altimetriche.

Considerati dunque i gradienti termico e pluviometrico verticali si procede allo sviluppo del bilancio idrico-climatico per fasce altimetriche:

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
<b>T</b>	5,8	7,0	9,6	12,9	16,7	20,6	23,4	23,1	20,1	15,3	10,6	7,0	14,3
<b>P</b>	132,0	112,4	114,4	104,7	87,9	62,7	36,2	64,1	98,8	135,4	155,5	140,5	1244,6
<b>EP</b>	11,3	15,0	30,3	51,6	86,0	119,5	145,7	131,9	92,9	56,5	27,5	14,1	782,3
<b>ST</b>	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	102,7	49,5	31,5	37,4	116,3	150,0	150,0	
<b>AE</b>	11,3	15,0	30,3	51,6	86,0	110,0	89,4	82,1	92,9	56,5	27,5	14,1	666,7
<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	56,3	49,8	0,0	0,0	0,0	0,0	115,6
<b>S</b>	120,7	97,4	84,1	53,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,3	126,4	577,9
<b>RO</b>	103,9	100,6	92,4	72,7	37,3	18,6	9,3	4,7	2,3	1,2	47,7	87,1	577,9

Tab.10 - Bilancio idrico-climatico relativo alla fascia altimetrica (0-300 m s.l.m.m.) nel bacino del T. Nievole.

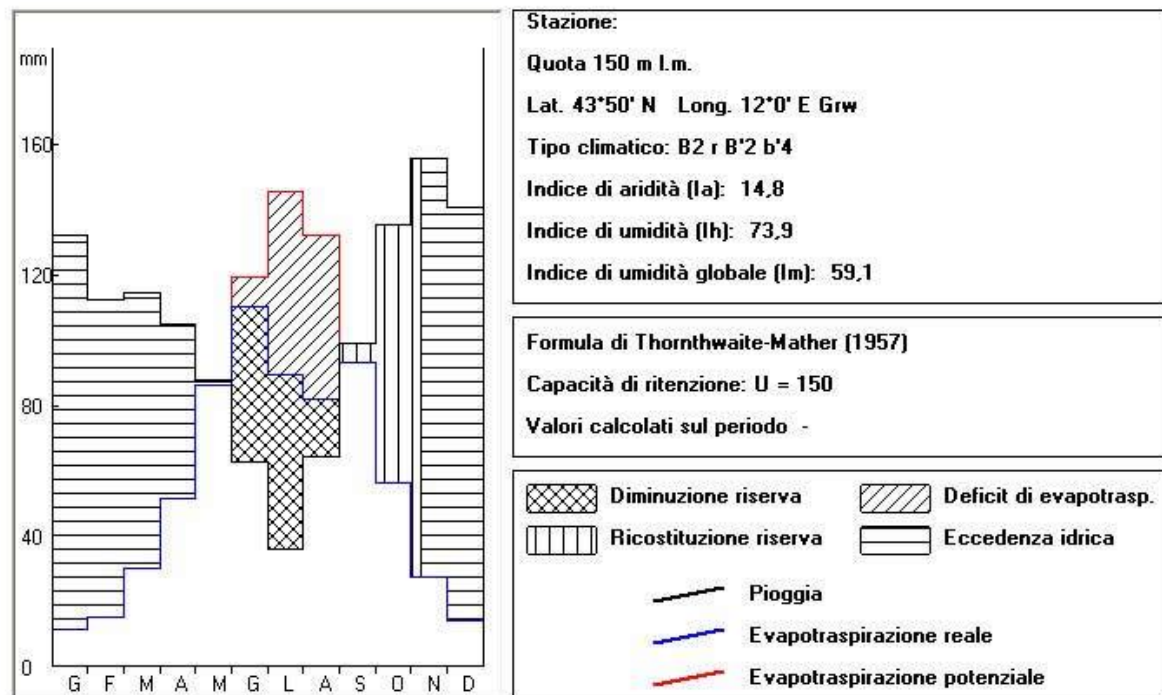


Fig.14 - Regime mensile di alcuni parametri del bilancio idrico-climatico relativo alla fascia altimetrica 0-300 m.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
<b>T</b>	4,3	5,3	7,8	11,1	15,0	19,0	21,9	21,6	18,4	13,8	9,1	5,5	12,7
<b>P</b>	160,6	136,5	138,4	124,6	102,8	73,1	43,6	73,0	110,5	156,7	183,4	169,3	1472,5
<b>EP</b>	9,5	12,6	26,7	47,1	80,0	111,6	136,1	123,3	86,2	53,5	25,8	12,5	724,9
<b>ST</b>	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	116,0	62,6	44,8	69,1	150,0	150,0	150,0	
<b>AE</b>	9,5	12,6	26,7	47,1	80,0	107,1	97,0	90,8	86,2	53,5	25,8	12,5	648,8
<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	39,1	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	76,1
<b>S</b>	151,1	123,9	111,7	77,5	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3	157,6	156,8	823,7
<b>RO</b>	136,1	130,0	120,8	99,2	61,0	30,5	15,2	7,6	3,8	13,1	85,3	121,1	823,7

Tab.11 - Bilancio idrico-climatico relativo alla fascia altimetrica 300-600 m nel bacino del T. Nievole.

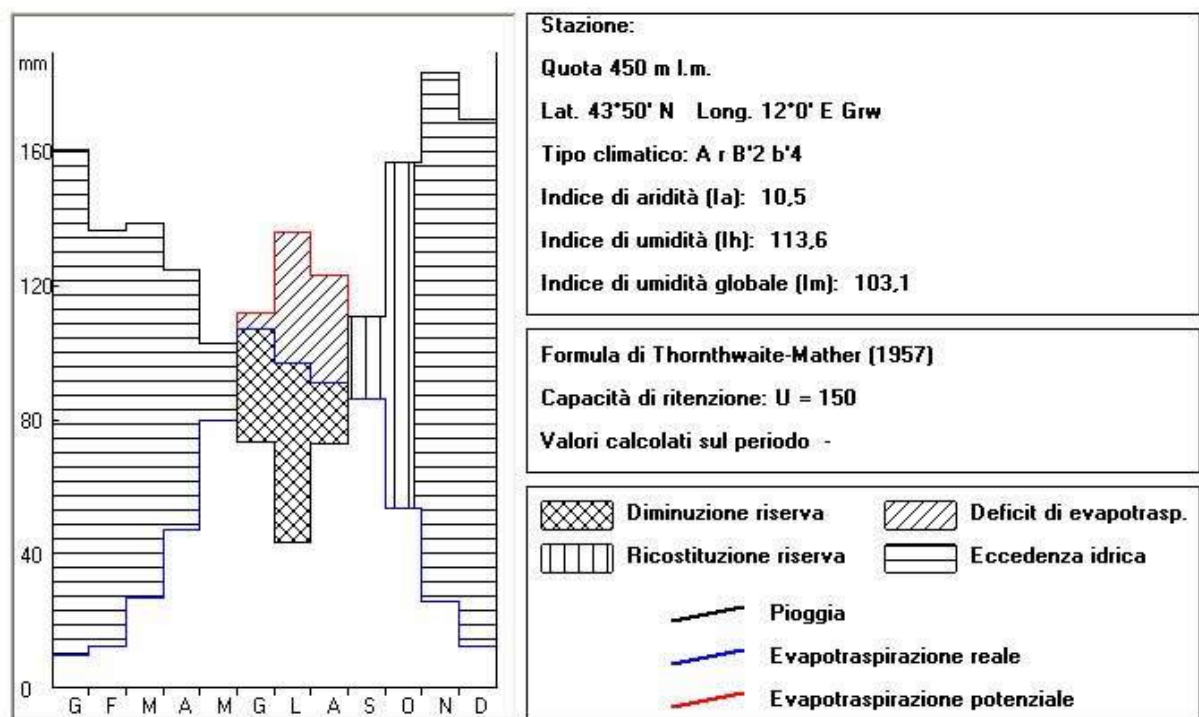


Fig.15 - Regime mensile di alcuni parametri del bilancio idrico-climatico relativo alla fascia altimetrica 300-600 m.

	<b>G</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anno</b>
<b>T</b>	2,8	3,6	6,1	9,4	13,4	17,3	20,3	20,1	16,7	12,2	7,7	4,0	11,1
<b>P</b>	189,1	160,6	162,4	144,6	117,8	83,5	51,1	81,9	122,1	177,9	211,4	198,2	1700,6
<b>EP</b>	7,3	9,8	23,4	43,3	75,4	104,3	127,5	116,3	80,6	50,4	24,3	10,5	673,1
<b>ST</b>	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	130,6	78,5	62,4	103,9	150,0	150,0	150,0	
<b>AE</b>	7,3	9,8	23,4	43,3	75,4	102,9	103,2	98,0	80,6	50,4	24,3	10,5	622,2
<b>D</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	24,3	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	44,0
<b>S</b>	181,8	150,8	139,0	101,3	42,4	0,0	0,0	0,0	0,0	81,4	187,1	187,7	1071,4
<b>RO</b>	166,6	158,7	148,8	125,0	83,7	41,9	20,9	10,5	5,2	43,3	115,2	151,5	1071,4

Tab.12 - Bilancio idrico-climatico relativo alla fascia altimetrica 600-900 m nel bacino del T. Nievole.

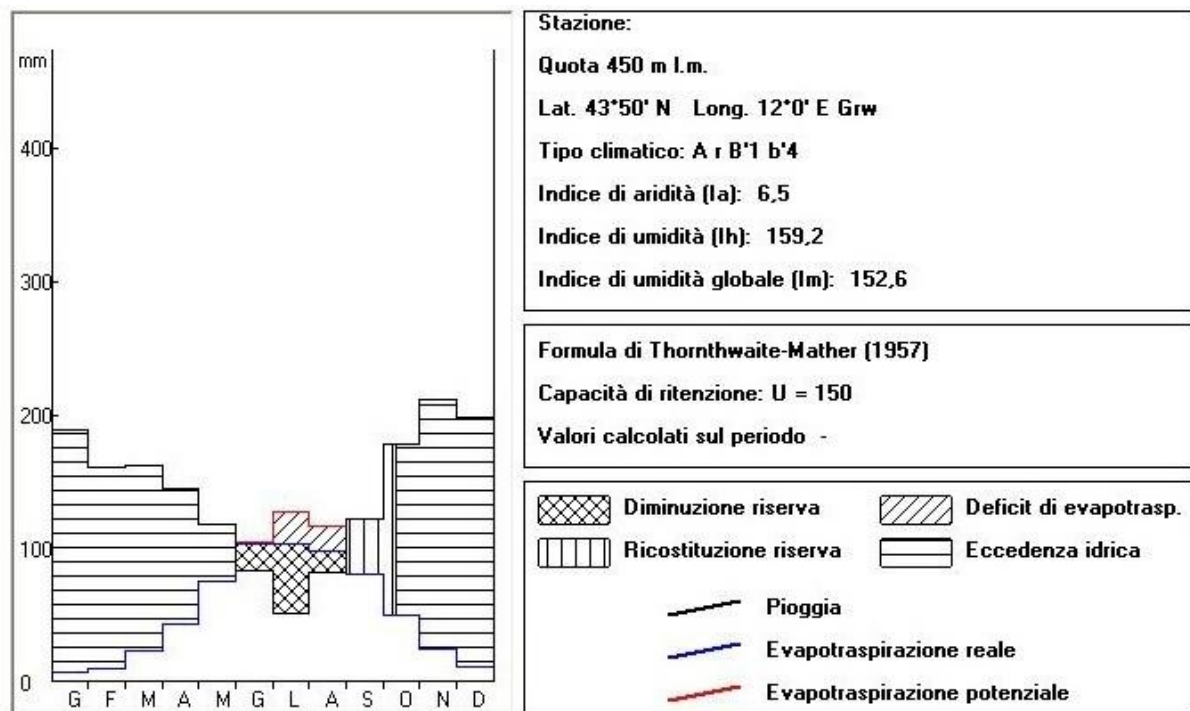


Fig.16 - Regime mensile di alcuni parametri del bilancio idrico-climatico relativo alla fascia altimetrica 600-900 m.

	<b>G</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anno</b>
0-300	104,0	101,0	92,4	72,7	37,3	18,6	9,3	4,7	2,3	1,2	47,7	87,1	578,0
300-600	136,0	130,0	121,0	99,2	61,0	30,5	15,2	7,6	3,8	13,1	85,3	121	824,0
600-900	167,0	159,0	149,0	125,0	83,7	41,9	20,9	10,5	5,2	43,3	115,0	152,0	1071,0
<b>Media pesata</b>	<b>126,0</b>	<b>121,0</b>	<b>112,0</b>	<b>91,2</b>	<b>38,1</b>	<b>26,9</b>	<b>13,4</b>	<b>6,7</b>	<b>3,3</b>	<b>12,4</b>	<b>72,9</b>	<b>110,0</b>	<b>751,0</b>

Tab.13 - Media pesata dei deflussi mensili calcolati con il metodo del bilancio idrico-climatico (mm).

<b>G</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Anno</b>
<b>90,1</b>	<b>94,7</b>	<b>76,8</b>	<b>61,3</b>	<b>39,3</b>	<b>18,0</b>	<b>4,8</b>	<b>4,3</b>	<b>7,2</b>	<b>26,7</b>	<b>57,4</b>	<b>66,2</b>	<b>549,4</b>

Tab.14 - Deflussi mensili misurati alla stazione di Colonna (mm).

Il confronto tra i valori di deflusso misurati e stimati indica che questi ultimi presentano un bilancio negativo pari a -36,9%. Dal confronto risulta che dovrebbe defluire molta più acqua di quella che effettivamente defluisce alla stazione di Colonna.

In ipotesi tali valori di scarto medio negativo così elevati potrebbero essere spiegati con massicce utilizzazioni di acqua dall'interno del bacino e dal corso d'acqua stesso. Nel caso del bacino idrografico e del corso del Nievole risulta che le concessioni di maggior rilievo oggi attive siano quelle Acque SpA e Acque Toscane SpA, concesse dal Demanio Idrico della Provincia di Pistoia. Dai dati raccolti presso questo ente risulta che la Acque SpA, a termini di concessione, è autorizzata ad un prelievo di 25 litri/s, mentre Acque Toscane SpA è autorizzata ad un prelievo di 90 litri/s.

La determinazione dei volumi annui, e la relativa trasformazione nello spessore d'acqua, indica i seguenti valori di deflusso annuo mancato: 23,9 mm causati dalle utilizzazioni idriche della Acque SpA, 86 mm dalle utilizzazioni della Acque Toscane SpA.

Consumi idrici significativi, peraltro di non facile stima, devono inoltre essere attribuiti a tutte le attività agricole e vivaistiche, nel bacino del F. Nievole molto sviluppate, sia quelle in pieno campo sia quelle in serra; tali attività agricole sono prevalentemente localizzate nelle zone del bacino poste più a valle.

Una prima correzione dei deflussi liquidi misurati, effettuata considerando gli ammanchi causati dalle utilizzazioni Acque SpA e Acque Toscane SpA, dà come risultato un aumento del deflusso misurato alla stazione di Colonna da 549,4 mm a 659,3 mm annui, con conseguente diminuzione della differenza tra il deflusso misurato e deflusso stimato che risulta essere del -13,9 %.

## 11 CONCLUSIONI

Uno dei punti cardine per l'applicabilità del sistema di confronto deflussi misurati/deflussi stimati, come ricordato nel cap. 10, è l'assenza di utilizzazioni massive dell'acqua lungo il corso fluviale e nel bacino. In caso contrario si pongono gravi problemi di valutazione soprattutto quando risulta mancante o carente la documentazione riguardante la concessione di utilizzazioni idriche interne al bacino. Dagli accertamenti effettuati, nel bacino del F. Nievole risultano presenti le due concessioni precedentemente nominate, quella delle Acque SpA e delle Acque Toscane SpA, che distribuiscono l'acqua per uso domestico e altri usi ai territori limitrofi, tra cui Montecatini T., Monsummano T., Chiesina Uzzanese ed altri centri minori. Né può essere dimenticata la presenza di numerose aziende ortovivaistiche e floricoltrici e di tutte le attività legate all'agricoltura di cui sono totalmente sconosciuti i consumi idrici, principalmente per due motivi: in primo luogo non è stato messo in atto un effettivo e completo censimento da parte degli Enti responsabili; in secondo luogo numerose sono ancora oggi le utilizzazioni idriche abusive per lo più da parte di singoli privati, né vengono effettuati controlli efficaci circa la corrispondenza tra i prelievi effettivi e quelli ammessi dalla Concessione.

Tali condizioni possono dare ragione delle differenze tra i deflussi misurati presso la stazione idrometrografica di Colonna e quelli calcolati con il bilancio idrico-climatico. Per una migliore conoscenza del problema possono essere considerate due strategie: una diretta, che consiste nel ricorrere a un censimento ed al controllo di tutti i prelievi idrici; la seconda indiretta, che consiste nel monitoraggio delle falde idriche. La conoscenza dei volumi d'acqua concessi dal demanio alle due aziende citate ha ridotto in modo considerevole la differenza deflussi misurati/calcolati, tanto da poter ritenere soddisfacenti i risultati della ricerca, poiché tale differenza si riduce al 13,9%.

In conclusione possiamo dire che il bilancio idrico-climatico di Thornthwaite, come è stato dimostrato in altri lavori, con le opportune considerazioni risulta essere un buon metodo indiretto per la conoscenza dei deflussi liquidi di bacini con substrato a permeabilità primaria, privi di stazioni di misura idrometrografica.

## BIBLIOGRAFIA

- BARTOLINI C., BERNINI M., CARLONI C.G., COSTANTINI A., FEDERICI P.R., GASPERI G., LAZZAROTTO A., MARCHETTI G., MAZZANTI R., PAPANI G., PRANZINI G., RAU A., SANDRELLI F., VERCESI P.L., CASTALDINI D., FRANCAVILLA F., 1982. *Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale*. Note illustrative. *Boll. Soc. Geol. It.*, 101: 523-549.
- BERRETTINI R. (Anno Accademico 2004-2005)- *Il Padule di Fucecchio: valutazione delle acque superficiali* (Tesi non pubblicata).
- CARTER D.B.(1955) *The water bilance of the Lake Maracaibo basin durino 1946-53*, Public. Climatology, 8, 3.
- CHETONI R., 1985. *Geologia ed idrogeologia del laghetto di Sibolla*. In “*Studi ed interventi sperimentali per la conservazione del laghetto del Sibolla*”; a cura del Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Stampa Menegazzo, Lucca: 209-259.
- CHETONI R., 1999. *Geologia e Idrogeologia in “Il padule di Fucecchio e il laghetto di Sibolla - Natura e Storia”* a cura di Dani F.R. , Editori dell'Acero , Ghezzano, Pisa.
- FAZZINI M. (2005) – *Definizione quantitativa dei regimi pluviometrici nelle Alpi orientali italiane – Geografia fisica Dinamica quaternaria - Volume speciale in onore di G.B.Castiglioni*. 112-130.
- FEDERICI P.R., 1987. *Il territorio del Bientina: dalla geologia alla storia*. In: *Il padule di Bientina - aspetti naturalisti e agronomici*. Ed. Pacini, Pisa: 27-54.
- GAZZOLO T., PINNA M., 1969. *La distribuzione della temperatura in Italia nel trentennio 1926-1955*. In: Min. LL. PP., Servizio Idrografico, Pubbl. n. 21, II Ed., Fasc. IV.
- GIANNECCHINI R., VERANI M. - *L'evento alluvionale del Novembre 2000 nell'area di Pescia (Italia - Toscana settentrionale): Caratteristiche del fenomeno pluviometrico ed effetti indotti* - Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 1 (2006).
- GIUSTI F., SPANDRE R, VITTORINI S. - *Bilancio idrico climatico del bacino del torrente Pavone e valutazione della ricarica degli acquiferi*. Atti Soc. tosc. Sci. Nat., Mem. Serie a, 103: 161-171.
- MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E DELLE FORESTE 1980. *Progetto pilota per la salvaguardia e la valorizzazione del padule di Fucecchio*. A cura del Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio. Arti Grafiche Giorgi & Gambi. Firenze.

MIN. LL.PP. (Servizio Idrografico) (1963) - *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*. Pubbl. N. 17 del Servizio, Quarta edizione. Istituto Poligrafico dello Stato. Roma: 1-379.

MINISTERO LL. PP. (Servizio Idrografico e Mareografico di Pisa) (anni vari). *Annali Idrologici*, Parte I<sup>a</sup>, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.

RAPETTI F., VITTORINI S.- *Relazione su uno studio climatico del bacino dell'Arno*. - Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino (1991): 1-26.

RAPETTI F., VITTORINI S., 1992. *Gli estremi termici in Toscana*. *Riv. Geogr. Ital.*, 99: 415-441.

RAPETTI F. & VITTORINI S. (1993) - *Confronto fra i deflussi misurati e quelli calcolati con il metodo di Thornthwaite in due piccoli bacini della Valle del Gesso (Alpi Marittime)*. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 16: 183-191

RAPETTI F., VITTORINI S., 1994. *Carta climatica della Toscana Centro-Settentrionale* - Scala 1: 250000. Pacini, Pisa.

RAPETTI F., 2006. *Andamento del bilancio idrico-climatico a Lucca (Toscana) dal 1951 al 2003*. Vol.: "Scritti per Alberto Di Blasi". Pàtron Editore: 1329-1338.

RIGHETTI G., CORNIERI E., 1985. *Idrologia del laghetto di Sibolla in "Studi ed interventi sperimentali per la conservazione del laghetto del Sibolla"* (A cura del consorzio di bonifica del Padule di Fucecchio). Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Stampa Menegazzo, Lucca.

THORNTHWAITE C.W., 1948. *An approach toward a rational classification of climate*. *The Geogr. Review*.

THORNTHWAITE C.W., MATHER J.R., 1957. *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Publications in Climatology, Centerton, New Jersey, 1957, 10 (3).

UFFICIO IDROGRAFICO DELL'ARNO (vari anni) - *Annali Idrologici*. Parte II. Poligrafico dello Stato. Roma.

UFFICIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO DI PISA, s.d.. *Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica*, Vigo Corsi, Pisa.

## SITOGRAFIA

<http://www.paduledifucecchio.it/opere/Macrobacino-4.pdf>

<http://www.solitalia.it>