

## 2. Il Quadro Conoscitivo

### Lineamenti fisiografici

I limiti di competenza del bacino dell'Autorità di bacino del fiume Arno sono stati definiti dal d.p.c.m. 22 agosto 2000, secondo i criteri espressi dalla legge n. 183\1989. La superficie risultante è pari a 9130 kmq, sensibilmente maggiore rispetto a quella relativa al solo bacino idrografico che è dell'ordine di 8.250 kmq.

Il bacino del fiume Arno comprende infatti, oltre al bacino idrografico in senso stretto, l'area compresa tra lo Scolmatore d'Arno, a Sud, ed il Fiume Morto, a Nord, inclusa l'area di bonifica di Coltano - Stagno e del Bientina, il cui emissario sottopassa l'Arno in località S. Giovanni alla Vena, immettendosi in prossimità della foce a mare nello Scolmatore, ed il bacino del torrente Tora e degli altri torrenti minori che scendono dalle colline pisano-livornesi e confluiscono nello Scolmatore.

Il territorio del bacino interessa la Regione Toscana, per circa il 98%, e la Regione Umbria per il restante 2%, per un totale di 166 comuni. Le province interessate dal bacino sono quelle di Arezzo, Firenze, Pistoia, Pisa, Siena, Lucca, Livorno e Perugia.



Figura 4 - Il bacino dell'Arno

L'Arno ha origine dal versante meridionale del Monte Falterona, a quota 1.385 m. sul mare. Dopo il primo tratto montano lascia il Casentino e, attraverso la stretta di S. Mama, sbocca nella piana di Arezzo. A circa 60 Km dalle sorgenti, nei pressi del bordo occidentale della piana, si congiunge con il Canale Maestro della Chiana. Entra quindi

nel Valdarno Superiore dove scorre, percorrendo un vasto arco, sino a Pontassieve, allo sbocco della Sieve, suo principale affluente di destra. Da qui piega decisamente verso Ovest e mantiene tale direzione fino alla foce.

Le maggiori altitudini si riscontrano nel gruppo montuoso del Falterona e del Pratomagno, rispettivamente con le vette di Monte Falco (1.657 m.s.l.m.) e del Poggio Uomo di Sasso (1.537 m.s.l.m.).

L'asta fluviale ha uno sviluppo complessivo di 241 Km, mentre l'asse della valle risulta più corto di 18 Km; questa differenza è dovuta ai numerosi meandri che il fiume forma, specie nel tratto terminale, tra le confluenze della Pesa e dell'Era.

La pendenza media del suo corso è del 5,6‰. Tale valore è, ovviamente, del tutto indicativo in quanto la pendenza varia dal 140‰ dei primi 5 km dalla sorgente, sino allo 0,43‰ degli ultimi 82 km dalla stretta della Gonfolina alla foce. Esaminando il profilo longitudinale del corso dell'Arno si può osservare l'andamento regolare, molto ripido per il primo tratto, con un netto punto di flesso a 25 Km dalla sorgente, più o meno all'altezza di Poppi. Successivamente si possono distinguere due tratti a diversa pendenza media: il primo sino a Firenze con pendenza pari al 2,5‰ e il successivo sino alla foce con pendenza media dello 0,4‰.

Le formazioni geologiche sono in prevalenza impermeabili, costituite da argille, marne, scisti argillosi, calcari marnosi e arenarie compatte. La parte prevalentemente permeabile del bacino non supera il 5% dell'intera superficie. La copertura alluvionale, quasi ovunque di spessore modesto, è presente sul 23% della superficie. Nel complesso le rocce costituenti il bacino dell'Arno sono facilmente erodibili. La stessa colorazione, generalmente giallastra, delle acque fluenti, è indice di un forte trasporto solido in sospensione. Ciò determina una intensa tendenza alla denudazione del bacino, nonostante che la Toscana, nel suo complesso, sia una delle regioni più ricche di bosco rispetto alla superficie complessiva agraria e forestale.

L'erosione in alveo è stata anche favorita dalla sottrazione di materiali, effettuata nelle numerose vasche o cave destinate all'immagazzinamento delle acque torbide di morbida e di piena dell'Arno, che depositano i materiali trasportati in sospensione. A ciò si aggiunge il prelievo di materiali di fondo, come ghiaie o sabbie, eseguito per le necessità costruttive, soprattutto vicino ai centri abitati.

L'intero bacino viene solitamente suddiviso nei 6 sottobacini principali riportati, con le relative estensioni, nella tabella che segue.

Tabella 1

Sottobacini principali	Superficie [kmq]
Casentino	877
Chiana	1.371
Sieve	838
Valdarno inferiore	3.680
Valdarno medio	1.345
Valdarno superiore	1.019
<b>Totale</b>	<b>9.130</b>

Il Casentino è costituito dall'alto bacino dell'Arno dalle origini alla confluenza con la Chiana. È delimitato dai contrafforti dell'Appennino e del Pratomagno e numerosi sono gli affluenti, tutti di carattere torrentizio, come il Solano e il Capraia in destra, l'Archiano, il Corsalone e il Chiassa in sinistra.

La Val di Chiana comprende una vasta zona quasi completamente pianeggiante; anticamente paludosa, è stata, in tempi relativamente recenti, bonificata e suddivisa tra il bacino dell'Arno e quello del Tevere.

Il Valdarno Superiore è formato da una lunga pianura, chiusa a destra dal Pratomagno e a sinistra dai modesti rilievi della provincia di Siena, dai quali ha origine il torrente Ambra, unico affluente di una certa importanza in tutto il sottobacino.

Il sottobacino della Sieve, al pari del Casentino, costituisce un bacino a sé stante tra la dorsale Appenninica ed i contrafforti del Mugello. Tributario di molti affluenti, la Sieve confluisce nell'Arno poco a monte di Firenze, delimitando a valle il Valdarno Superiore, così come la Chiana lo delimita a monte.

Il Valdarno Medio origina a valle di Pontassieve e comprende i sottobacini del Bisenzio e dell'Ombrone in destra, del Greve in sinistra. La confluenza dell'Ombrone determina la chiusura.

Il Valdarno Inferiore è caratterizzato in destra da una ampia pianura di bonifica con il sottobacino Valdinievole - Padule di Fucecchio e in sinistra da lunghe vallate in cui scorrono importanti affluenti quali il Pesa, l'Elsa e l'Era. L'Arno, a valle di Pontedera, fluisce verso la foce canalizzato, contenuto in arginature di difesa.

L'analisi fisiografica riferita ai valori altimetrici è stata effettuata utilizzando una suddivisione in fasce altimetriche basata sul metodo "natural break", ovvero individuando le varie classi all'interno della popolazione tramite l'identificazione dei punti di flesso nella curva di distribuzione. Da tale analisi risulta che la maggioranza relativa di territorio ricade nella fascia compresa tra i 210 e i 330 metri, ma si nota una netta distribuzione bimodale, con un secondo picco quasi equivalente per estensione, nella fascia compresa tra la quota del mare e i 90 metri.

Le maggiori altitudini si riscontrano nel gruppo montuoso del Falterona e del Pratomagno, rispettivamente con le vette di Monte Falco (1.657 m.slm.) e del Poggio Uomo di Sasso (1.537 m.s.l.m.). Si noti che tutto il bacino dell'Arno ricade sotto il limite altimetrico della vegetazione arborea.

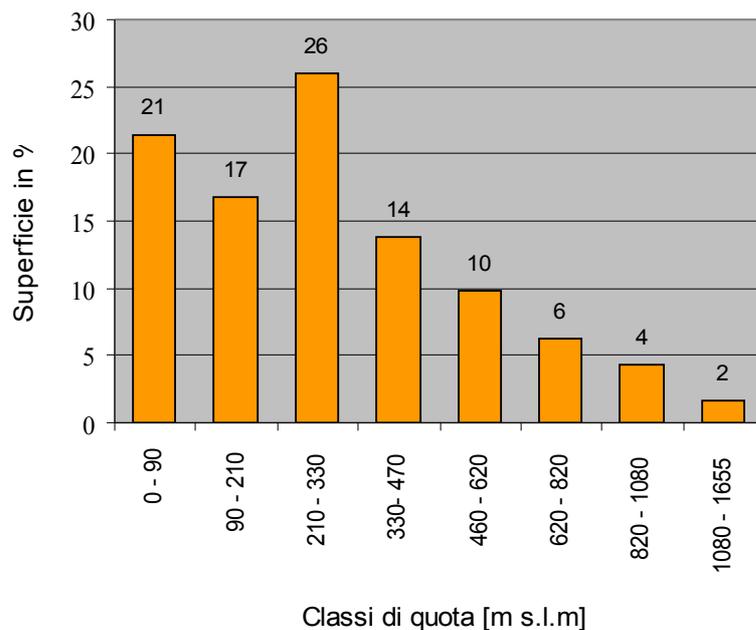


Figura 5 - Percentuali del territorio del bacino dell'Arno per fasce altimetriche

L'analisi fisiografica della distribuzione dei valori di pendenza è stata invece effettuata suddividendo la popolazione in nove quantili. Confrontando tale distribuzione con le percentuali di territorio del bacino ricadenti nelle diverse classi, si nota che circa il 30% del bacino è costituito da aree pianeggianti o sub-pianeggianti (pendenza <3%), nelle quali si ricorda, ricadono anche aree rilevate; mentre nella fascia compresa tra il 3% e il 35%, limite che coincide con la massima pendenza per le lavorazioni meccaniche (Costantini, 1985) si ha ben il 53% del territorio. All'interno di questo intervallo il 34,7% del bacino ricade nella fascia dal 3 al 15%, valore, quest'ultimo, che può essere considerato limitante per le opere di urbanizzazione. Se ne deduce quindi che solo il 16,4% del bacino dell'Arno rientra nella fascia di pendenza fortemente limitante per le attività umane. Nel considerare questo dato si tengano presenti i ben noti limiti dei modelli altimetrici nel descrivere le aree poco estese ad alta pendenza.

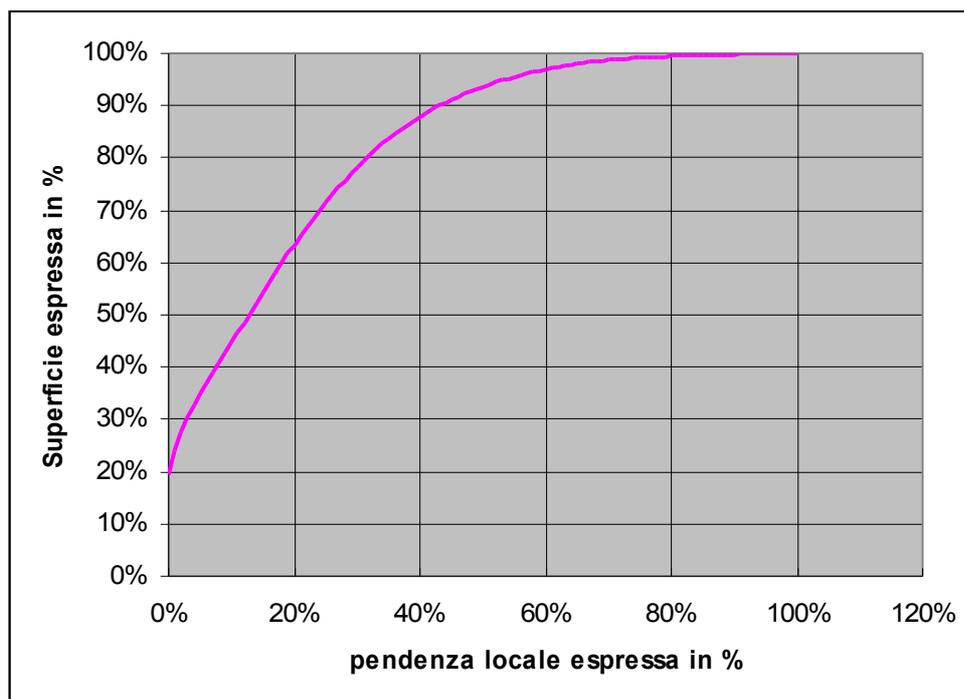


Figura 6 - Distribuzione dei valori di pendenza per numero di pixel (20mx20m) in un modello altimetrico del terreno del bacino dell'Arno

Volendo abbozzare un'analisi della distribuzione delle quote in funzione delle classi di pendenza si deve in primo luogo notare la notevole, e ovvia, dispersione del valore di quota all'interno di ogni classe di pendenza. questo è particolarmente vero per la classe <1%. Non di meno si può registrare qualche indicazione sommaria: le superfici piane (pendenza < 1%) hanno il picco principale di distribuzione, nonché i valori di quota mediana e modali, vicini a quella del mare. La distribuzione delle quote è però spiccatamente bimodale, con il picco secondario in corrispondenza dei 250 metri: il dato fotografa la distribuzione delle pianure alluvionali nel Valdarno inferiore e medio e risente in misura sensibile sia delle aree pianeggianti della Val di Chiana, la cui quota è sempre superiore ai 200 metri, che dei fondovalle in conche intermontane.

Le superfici a debolissima pendenza (1-3 %) hanno una distribuzione dei valori di quota analoga al caso precedente ma con andamento opposto. Il picco principale, in questo caso, è in corrispondenza del valore di quota 274 (che è appunto il valore modale) mentre il picco secondario cade intorno ai 100 metri di quota; per questa fascia di pendenza oltre all'influenza dei fondovalle alluvionali delle conche intermontane si aggiungono i valori delle numerose aree pianeggianti, o sub-pianeggianti, di diversa origine che si rilevano sulla sommità o sui fianchi di numerosi rilievi.

Le aree con pendenza sino al 35% presentano un valore mediano che rappresenta bene quote *collinari*, ma il confronto dei valori indica una sensibile divergenza della distribuzione delle quote a seconda della fascia di pendenza considerata, anche se si può notare che superando il limite del 15% la curva passa da un profilo bimodale ad uno più piatto e regolare. Le pendenze maggiori hanno una popolazione di valori di quota la cui mediana e la moda sono relativamente alte, la curva di distribuzione è comunque molto *piatta*, con un numero di pixel già notevole a quote poco superiori ai 75-100 metri e con una lunga coda verso le quote maggiori. Ciò è in accordo con la realtà fisiografica del bacino nel quale aree a forte pendenza si registrano sia nelle

aree montane che in molte zone collinari, anche prossime al mare, o dei versanti di raccordo con i rilievi maggiori.

Figura 7 - Valore mediano, modale e media delle quote nelle diverse classi di pendenza e coefficiente di variazione del valore di quota per ogni classe di pendenza

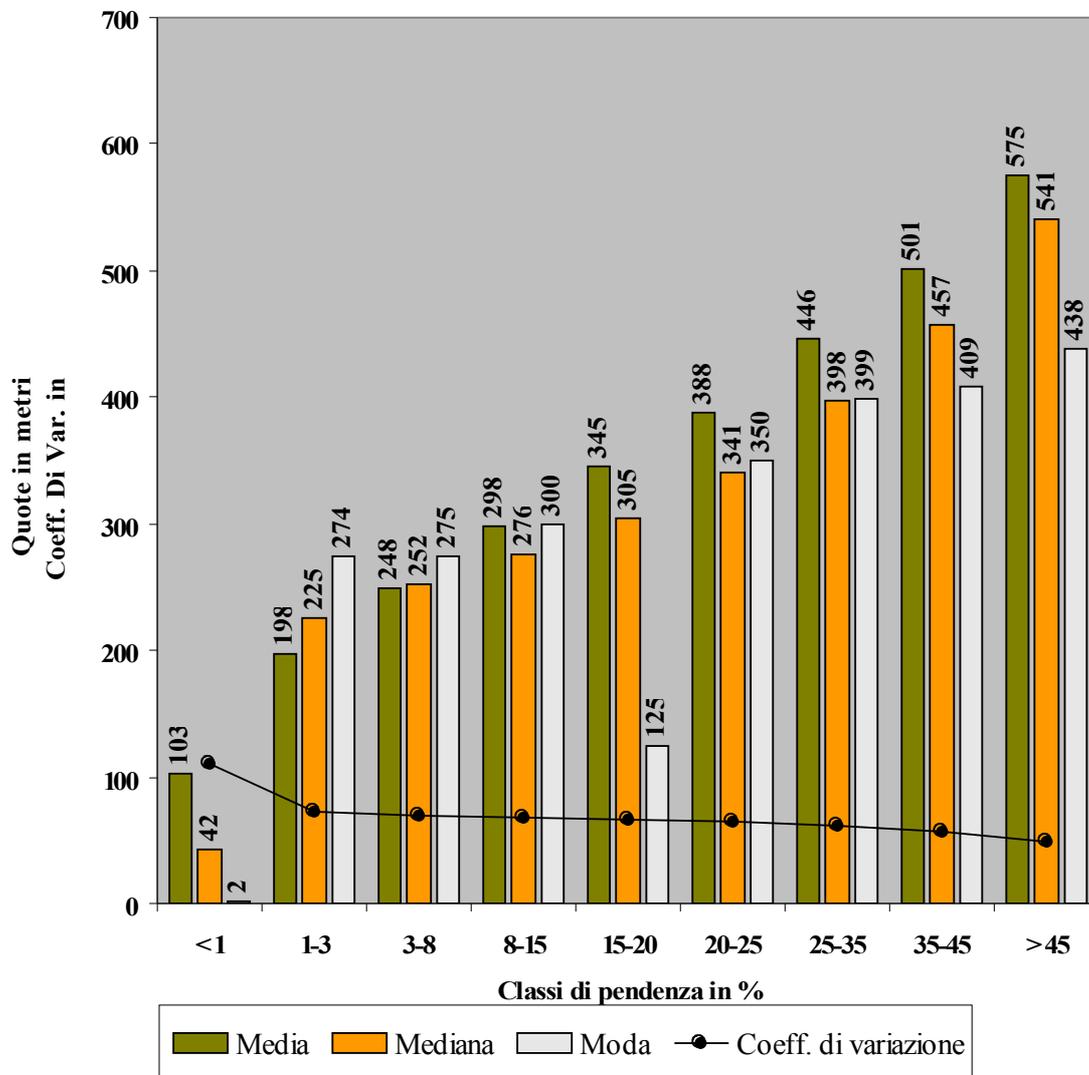


Figura 8 - Valore mediano, modale e media delle quote nelle diverse classi di pendenza e coefficiente di variazione del valore di quota per ogni classe di pendenza

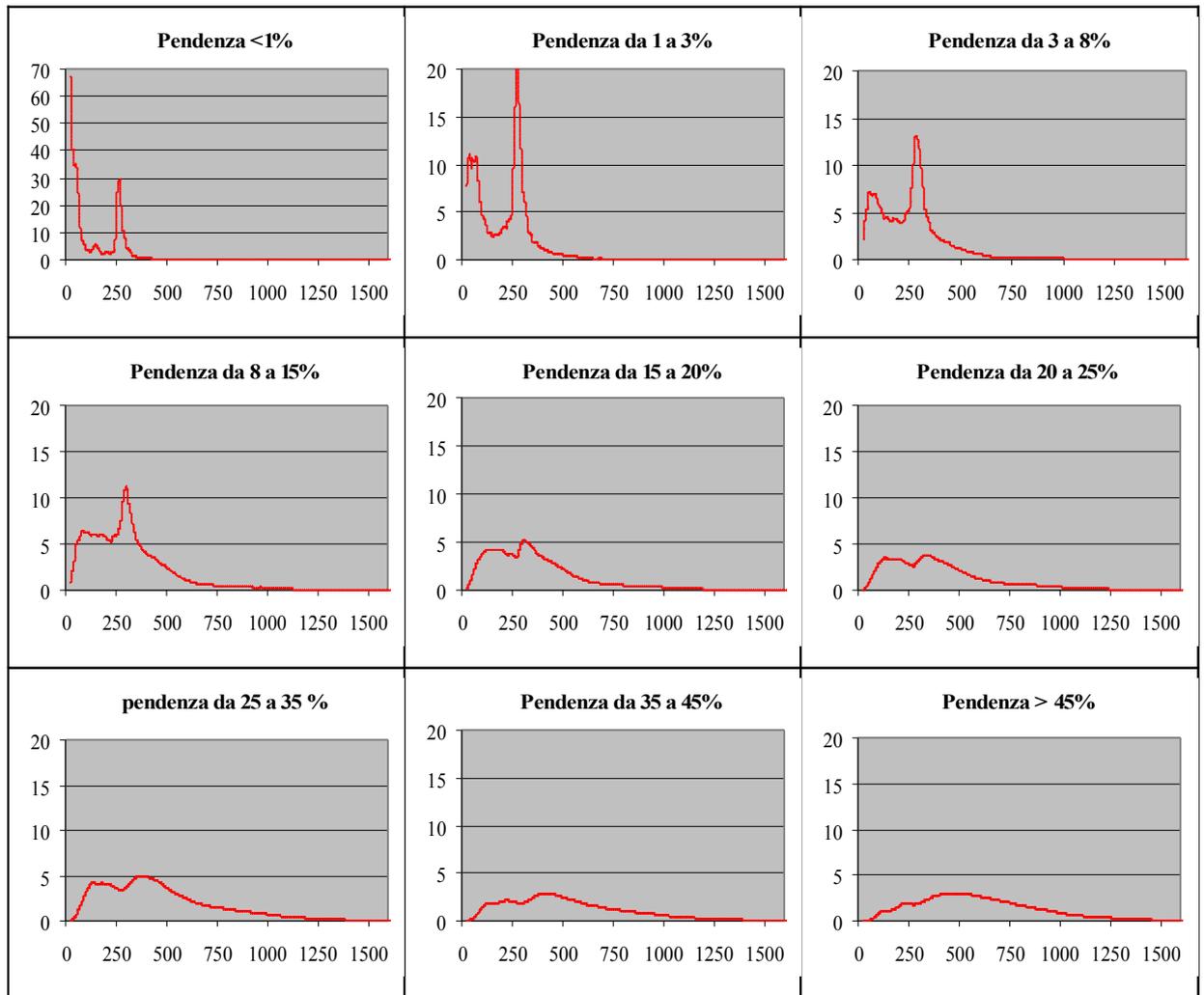
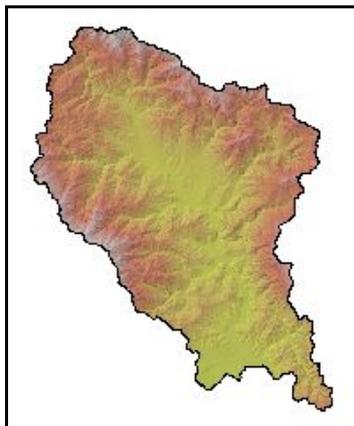


Figura 9 - Distribuzione delle medie mobili su 40 dei valori di quota per le diverse classi di pendenza considerate; in ascissa il valore di quota in metri, in ordinata il numero di pixel (20x20metri) espresso in migliaia

## Il Casentino



Il Casentino è un bacino delimitato da due alte dorsali: la dorsale principale dell'Appennino, ad est, e quella di cui fa parte il Pratomagno ad ovest. Il territorio è quindi prevalentemente montuoso, con tratti collinari solo al raccordo con l'area del fondovalle in cui si concentrano i territori pianeggianti. Notevole l'estensione di terreni a forte pendenza: quelli che ricadono nella classe >15% coprono più di 3/4 del territorio e i territori pianeggianti, o subpianeggianti, sono appena il 7,4 % dell'intera superficie. Le maggiori vette del Bacino dell'Arno cadono sullo spartiacque di questo sottobacino e, in accordo con la breve analisi dei rapporti quote\pendenze sopra esposta, la percentuale di terreni scoscesi (pendenza >35%) è abbondante (~30 della superficie). Si noti infine la diffusione delle pendenze comprese tra il 20 e il 35% (ca 1\3 del territorio) fisiograficamente svantaggiose per l'insediamento umano ma non tali da impedire nel passato la diffusione di pratiche agricole e pastorali.

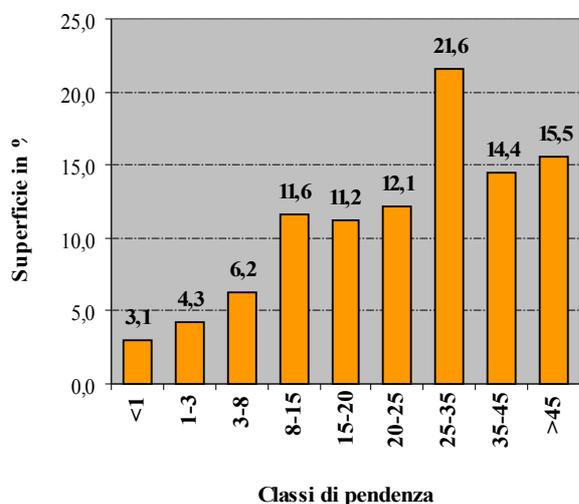


Figura 10 - % del territorio del Casentino per classi di pendenza

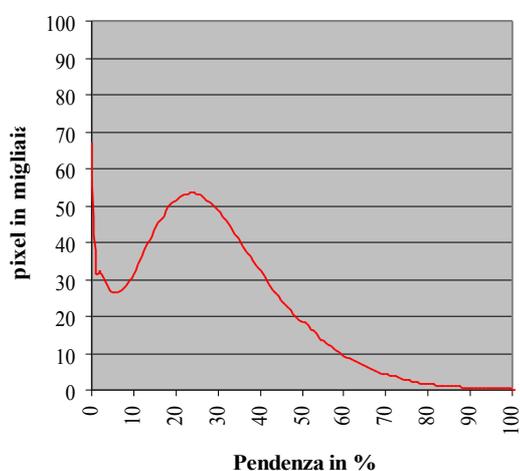
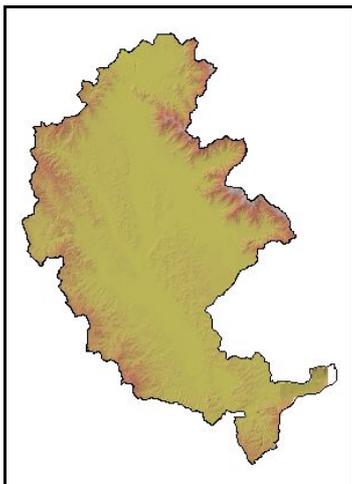


Figura 11 - Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel grid di maglia 20x20m del Casentino

La Val di Chiana



La Val di Chiana si differenzia nettamente dai bacini affluenti e confluenti poiché la storia tettonica distensiva e la natura litologica dei sedimenti ha determinato la formazione di una vasta zona prevalentemente pianeggiante o sub-pianeggiante (46% del bacino e una notevole quota di aree piane) con modeste ondulazioni collinari. Solo ai margini orientali ed occidentali del bacino le pendenze mostrano sensibili aumenti; i dislivelli con il bacino del Lago Trasimeno sono invece estremamente modesti. La quota di base del bacino si può individuare intorno ai 220m della confluenza della Chiana nel corso inciso dell'Arno, anche se la quota media del fondovalle alluvionale è di ca. 250 m s.l.m. . La distribuzione delle pendenze fotografa esattamente la fisiografia del territorio, con una progressiva diminuzione delle superfici all'aumentare dei valori di pendenza.

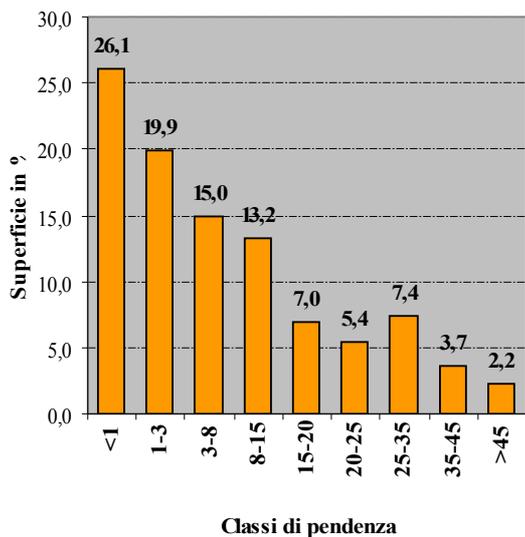


Figura 12 - % del territorio della Val di Chiana per classi di pendenza

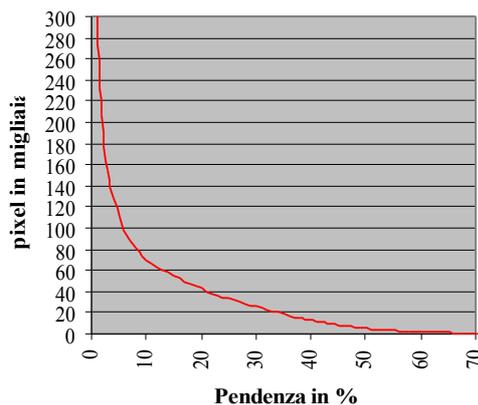
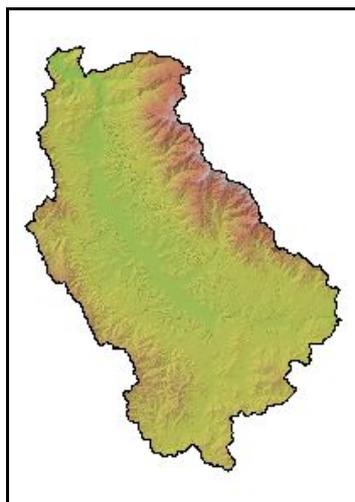


Figura 13 - Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel grid di maglia 20x20m della Val di Chiana

**Il Valdarno Superiore**



Il Valdarno Superiore, bacino parallelo al Casentino, presenta una estesa area depressa che ha consentito la formazione di una lunga e relativamente ampia pianura di fondovalle. L'azione morfodinamica dell'Arno sui depositi fluvio-lacustri e la conformazione fisiografica dei rilievi ha creato le condizioni per un ambiente peculiare, caratterizzato dalla relativamente limitata estensione del fondovalle vero e proprio e dalla estesa presenza di aree pianeggianti e sub-pianeggianti ai fianchi dei rilievi in generale riconoscibili come superfici terrazzate di origine fluvio-lacustre. Spesso il raccordo tra queste superfici e gli alti rilievi del Pratomagno, con passaggi ad aree fortemente in pendenti, è piuttosto netto. Relativamente morbido, invece, il passaggio ai più modesti rilievi occidentali del Chianti.

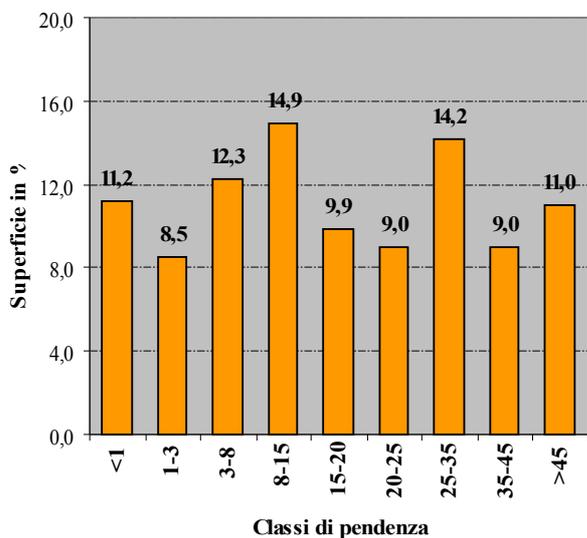


Figura 14 - % del territorio del Valdarno Superiore per classi di pendenza

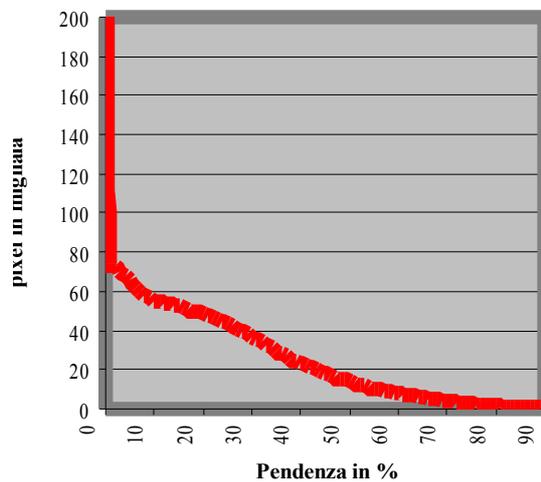
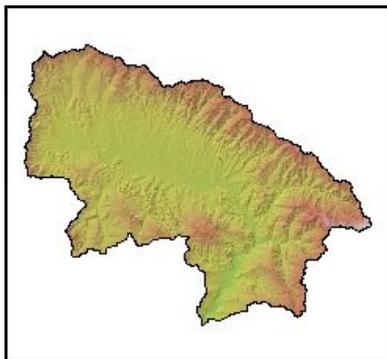


Figura 15 - Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel grid di maglia 20x20m del Valdarno superiore

La Sieve



Il bacino della Sieve si presenta come una ampia area depressa delimitata da alte e ripide dorsali che, inoltre, la chiudono nettamente sia a monte che a valle:ui la Sieve incide la dorsale stessa per confluire in Arno. Nell'ampia depressione l'evoluzione geologica quaternaria ha determinato una notevole accumulo di depositi fluvio-laustri e colluviali, con la successiva evoluzione geomorfologica, si sono formati estesi pianalti, superfici terrazzate incise e conoidi a debole pendenza al raccordo tra il fondovalle e i rilievi appenninici. In accordo con questo quadro le pendenze proprie dei fondovalle alluvionali sono relativamente poco diffuse (~4%) mentre raggiungono quasi il 15%, del territorio, le pendenze comprese tra 1 e 8%. Un terzo del territorio presenta pendenze superiori al 35 % e queste si rilevano sia in corrispondenza delle parti più rilevate delle dorsali sia lungo le profonde incisioni che le solcano. Sono comunque i territori a pendenze 'collinari' (8-35%) quelli più diffusi (ca 47%) con un picco di estensione tra i valori del 10 e il 20%.

proprie dei fondovalle alluvionali sono relativamente poco diffuse (~4%) mentre raggiungono quasi il 15%, del territorio, le pendenze comprese tra 1 e 8%. Un terzo del territorio presenta pendenze superiori al 35 % e queste si rilevano sia in corrispondenza delle parti più rilevate delle dorsali sia lungo le profonde incisioni che le solcano. Sono comunque i territori a pendenze 'collinari' (8-35%) quelli più diffusi (ca 47%) con un picco di estensione tra i valori del 10 e il 20%.

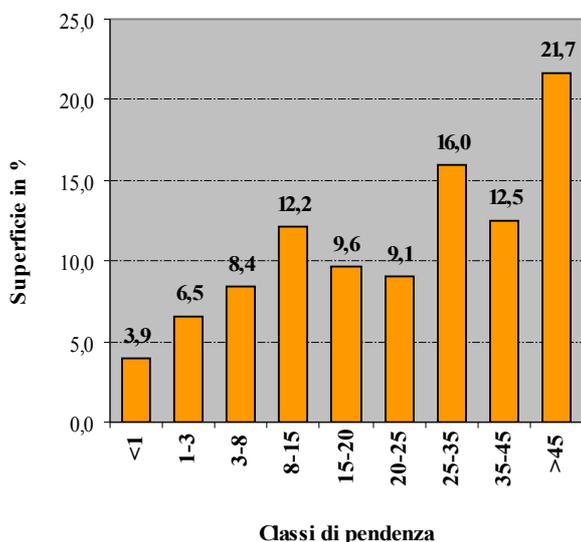


Figura 16 - % del territorio della Val di Sieve per classi di pendenza

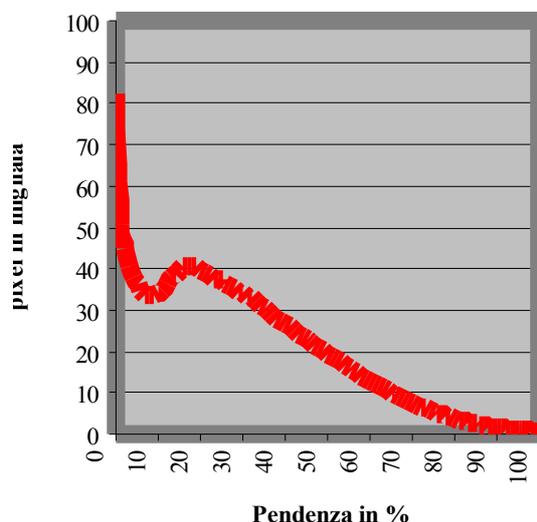
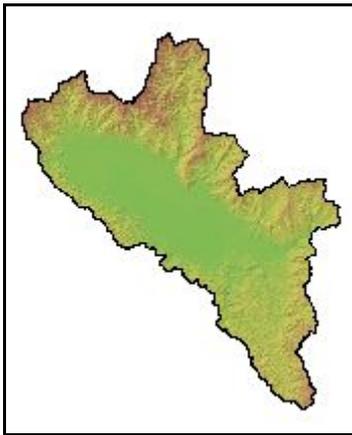


Figura 17 - Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel grid di maglia 20x20m della Val di Sieve

**Il Valdarno Medio**



Il Valdarno Medio si origina a valle di Pontassieve e idrograficamente comprende i sottobacini del Bisenzio e dell’Ombrone in destra, della Greve (con il suo importante tributario Ema) in sinistra. La natura fisiografica e geomorfologica dei bacini Ombrone\Bisenzio rispetto a quello della Greve è per molti aspetti notevolmente diversa tanto che talvolta si ritiene utile individuare un sistema Greve\Pesa. La confluenza Arno-Ombrone determina la chiusura del bacino. Il Bacino è geologicamente un’ampia depressione tettonica, la deposizione fluvio-lacustre ha riempito questa depressione con depositi anche molto potenti (sino a 550m) in una situazione geomorfologica favorevole

all’accumulo tuttora attiva. Da qui la notevole estensione della pianura alluvionale e delle grandi conoidi debolmente inclinate, che si riflette nella distribuzione dei valori di pendenza. Il raccordo della piana con i fianchi delle dorsali non è uniforme e si presenta generalmente netto ad eccezione della parte sud-orientale del bacino nei dintorni di Firenze e nel bacino della Greve. I rilievi collinari a ridosso della dorsale del Monte Albano e nel Bacino della Greve hanno, probabilmente, notevole peso sull’uniforme distribuzione delle pendenze tra il 3 e il 35%. La notevole presenza di superfici a forte pendenza ha, invece, un picco nell’alto bacino del Bisenzio e nelle strette valli dei torrenti in destra d’Arno.

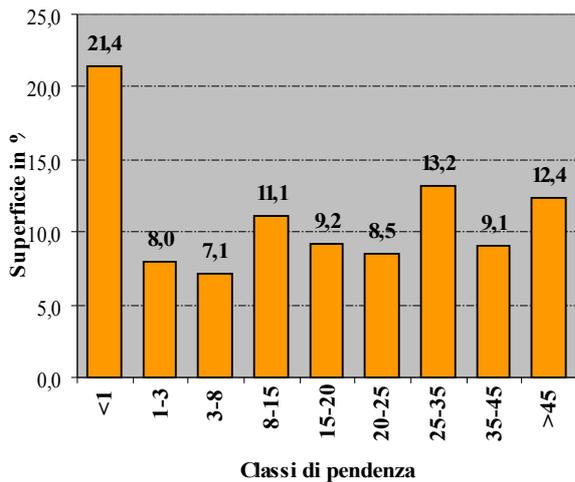


Figura 18 - % del territorio del Valdarno Medio per classi di pendenza

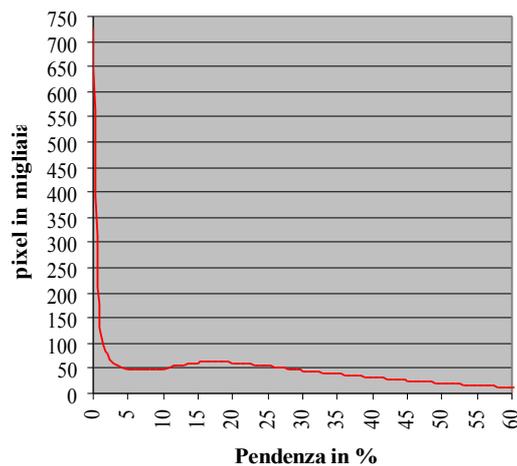
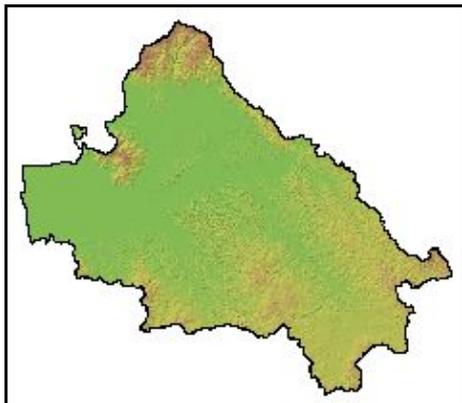


Figura 19 - Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel territorio del Valdarno Medio

### Il Valdarno Inferiore



Il Valdarno Inferiore occupa la vasta area del bacino dell'Arno a valle dorsale Monte Albano - Monti del Chianti. E' formato da ampi sottobacini separati tra loro da bassi rilievi collinari, nella parte distale prossima al mare la pianura alluvionale si raccorda con una ampia piana costiera.

La notevole variabilità degli ambienti si riflette sugli aspetti fisiografici e morfometrici, dai quali però risulta chiaro il forte peso delle aree pianeggianti e la relativa scarsità delle aree a forte pendenza. Quest'ultime, inoltre, si rilevano

spesso a quote relativamente basse, in corrispondenza di scarpate e rotture di pendenza legate a particolari situazioni geomorfologiche: come ad esempio le 'balze' del pliocene di Volterra, o i ripidi versanti di alcune aree geologicamente peculiari (Monti Pisani, altipiani di travertino dell'alta Val d'Elsa). Oltre alle ampie aree delle pianure alluvionali e costiere, superfici pianeggianti e subpianeggianti di diversa estensione si ritrovano diffusamente su alti morfologici e non è raro riconoscere ampie superfici sommitali di raccordo o veri e propri altopiani. Sono comunque le aree collinari, e i caratteri fisiografici ad esse legate, a caratterizzare il bacino: il 52,4% del territorio ha una pendenza compresa tra il 3 e il 35% e ben il 35,2 % è compreso nell'intervallo 3-20%. Meno del 10% della superficie ha limitazioni di pendenza tali da ostacolare seriamente le attività umane, mentre ben il 63,6% del territorio rientra in valori di pendenza che si possono considerare ottimali o scarsamente limitanti.

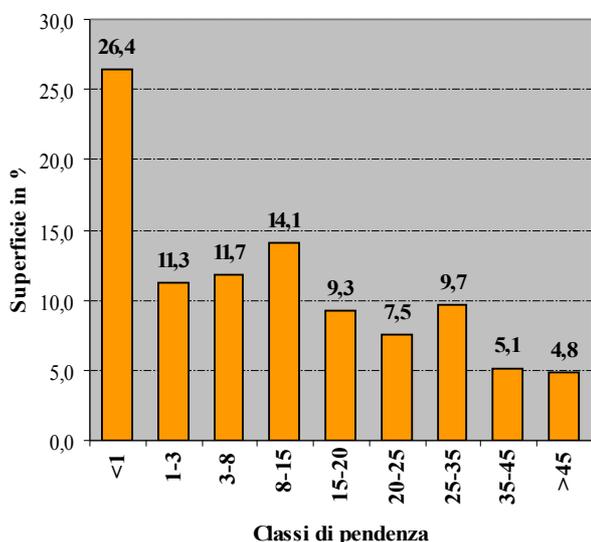


Figura 20 - % del territorio del Valdarno Inferiore per classi di pendenza

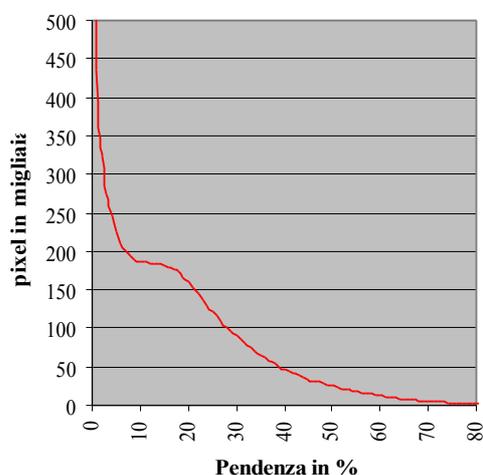
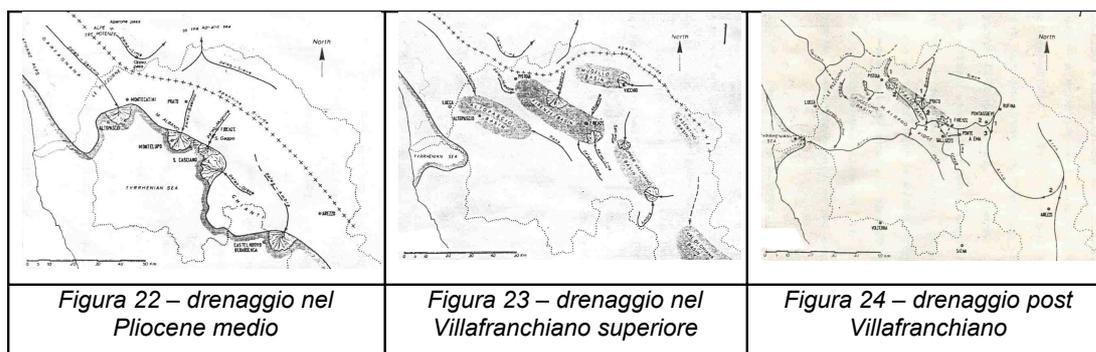


Figura 21 - Distribuzione del numero di pixel per valori di pendenza nel territorio del Valdarno inferiore

## Evoluzione Geomorfológica

Nel Pliocene medio il mare toccava i fianchi occidentali dell'attuale monte Albano e la rete idrografica dell'Arno non era ancora abbozzata. Esistevano infatti quattro grandi delta a ventaglio originatisi dall'immissione diretta in mare del sistema paleo-Greve - paleo-Mugnone nell'area di San Casciano, paleo-Bisenzio nella zona di Montelupo e paleo- Serchio nell'area di Altopascio.



Nel Villafranchiano superiore è testimoniata la presenza di sei sistemi lacustri impostatisi in corrispondenza di bassi strutturali nelle aree di Altopascio, Firenze-Prato-Pistoia, Mugello, Valdarno superiore, Val di Chiana e Casentino. Lo sprofondamento del bacino del Valdarno superiore determina la cattura dell'Arno che precedentemente aveva un drenaggio verso sud, mentre il Casentino drena le sue acque verso la Val di Chiana.

La rete idrografica del fiume Arno comincia ad organizzarsi nella parte superiore del Pleistocene medio. Nell'alto corso, forse a causa di sovralluvionamenti e/o deboli sollevamenti, il Casentino e il Valdarno superiore non riescono più a drenare la proprie acque verso la Val di Chiana, e danno origine ad un nuovo sistema con drenaggio simile all'attuale. La Greve e l'Ema si uniscono tramite un gomito di cattura, ben visibile presso il Galluzzo, impostatosi lungo una faglia a direzione circa est-ovest, ed anche la Sieve subisce una cattura da parte di un immissario del bacino di Firenze. Comincia così ad organizzarsi il sistema idrografico dell'Arno in un unico corso che prosegue poi più a valle dove viene secato il Monte Albano alla Gonfolina.

In questa grande opera di gerarchizzazione l'Arno perderà però il Serchio che, nel Pleistocene superiore avanzato – Olocene, inizierà a trovare difficoltà a fluire verso sud. Nell'area di confluenza del paleo-serchio con l'Arno vi era infatti un forte tasso di sedimentazione che superava il tasso di abbassamento della pianura, dando così origine al sistema lacustre dell'area di Bientina. In questo contesto il Serchio subisce una cattura fluviale da parte dell'Auser che ne determina un cambiamento del drenaggio direttamente verso il mare attraverso la preesistente Valle di Ripafratta. A tale proposito sono ormai ben noti i secolari interventi umani per "aiutare" il fiume nella sua tracimazione verso ovest e per scolare le acque del Lago di Bientina verso sud.

Volendo focalizzare l'attenzione sulle forme dominanti, si rileva che in corrispondenza dei bacini, laddove si sono depositate le formazioni fluvio-lacustri, il paesaggio mostra valli aperte con fondi arrotondati e raccordi morbidi con i versanti; talvolta vi si riconoscono più ordini di terrazzi fluviali, o paleosuperfici, con raccordi anche netti. Anche se il processo dominante è stato di tipo fluviale o lacustre non di rado vi sono segni di depositi detritici, frane di colamento o ampi depositi colluviali. Le forme erosive più evidenti di questi ambienti sono certamente quelle legate allo smantellamento delle

sponde fluviali e ai manufatti annessi. Di difficile quantificazione ed intensità i fenomeni di sprofondamento legati alla subsidenza.

In corrispondenza dei depositi pliocenici coerenti o pseudo-coerenti prevalentemente limoso-argillosi e franco-limoso-argillosi si ha un reticolo di drenaggio particolarmente denso, in cui le forme morbide delle colline con versanti concavo-convessi, sommità arrotondate e vallecole a fondo concavo si accompagnano, in particolari condizioni, e generalmente dove la pendenza è accentuata e la vegetazione è stata asportata, a tipiche forme di erosione calanchive: qui lo sviluppo dell'erosione incanalata è particolarmente rapido, la densità del drenaggio è altissima, con vallecole a V profonde e ramificate separate da creste. In situazioni simili a quelle dove si sviluppano i calanchi, si possono a volte riconoscere le forme rotondeggianti e mammellonari delle biancane, la cui genesi sembra essere legata alla prevalenza dei processi di erosione diffusa senza formazione di un reticolo di drenaggio organizzato. Si noti che la diffusione di calanchi e biancane, seppur importante e presente in ambienti pliocenici 'tipici', non è caratteristica costante dei depositi pliocenici fini. È invece caratteristica generalizzata per questi depositi la problematica dei movimenti gravitativi superficiali, come frane di colamento e scorrimenti roto-traslazionali.

Dove affiorano i depositi coerenti sabbiosi e conglomeratici i versanti dei rilievi collinari pliocenici aumentano in pendenza, talvolta con forme subverticali, raccordandosi alla sommità con superfici sub-pianeggianti di origine strutturale o legate a processi non più attivi. La giacitura sub-orizzontale, in presenza di bancate sabbiose più coerenti sopra le argille, può dar luogo a versanti particolari, dall'acclività esasperata, che retrocedono per scalzamento alla base: ne risulta il tipico fenomeno delle "balze" di Volterra. Una simile instabilità può svilupparsi con modalità analoghe dove strati resistenti poggiano su facies molto erodibili, come ai bordi dei ripiani travertinosi di Colle Val d'Elsa o ai margini degli affioramenti di calcare ad Amphistegina presso San Gimignano.

In corrispondenza delle dorsali la presenza di unità litologiche complesse, con la diffusa alternanza di rocce lapidee e rocce o interstrati pelitici in una struttura geologica articolata, unitamente alla notevole energia del rilievo, determina una sensibile variabilità delle forme dei versanti che evolvono in genere secondo meccanismi meno semplici da inquadrare. Si hanno comunque di norma forme più aspre in particolare per la pendenza, l'estensione dei versanti e i dislivelli in gioco, che si addolciscono in corrispondenza degli affioramenti argillitici (Scaglia rossa, "complessi di base") dove vaste aree boschive limitano il dilavamento e l'erosione areale; il modellamento procede generalmente attraverso l'erosione incanalata e, non di rado, con movimenti gravitativi anche di grande estensione. Un modello di questo paesaggio geomorfologico è costituito dai bacini dell'Ombrone, della Nievole e della Pescia: questi corsi d'acqua drenano vaste aree della montagna pistoiese, dove dominano le arenarie del Macigno, di Monte Modino e di Monte Cervarola, localmente intervallate da livelli pelitici. In queste zone il reticolo idrografico è ben delineato e l'erosione regressiva è particolarmente attiva, favorita dai sollevamenti recenti, che hanno dato luogo a una ripresa dell'attività erosiva e quindi dello smantellamento dei versanti: in particolare nel bacino superiore dell'Ombrone si assiste a un rapido arretramento dello spartiacque, a spese del Fiume Reno, che attualmente scorre ad una quota di circa 200 m superiore a quella dell'Ombrone stesso. Mentre alcuni affluenti minori sono stati già catturati, sembra in atto la cattura di parte del bacino superiore del Reno, nel tratto a monte di Pracchia e parzialmente anche di quello del Torrente Limentra. Questi grandi dislivelli, i versanti ripidi, i consistenti apporti idrici e l'erosione regressiva favoriscono lo svilupparsi di una franosità diffusa con fenomeni che raggiungono dimensioni ragguardevoli. Nelle zone più impervie, dove i dislivelli e l'energia del rilievo sono maggiori, si hanno le condizioni per il verificarsi di fenomeni di deformazione gravitativa profonda dei versanti; essi si collocano, con caratteri intermedi (plasticizzazione della roccia in profondità, meccanismo di rottura per deformazione progressiva, ecc.) tra le

frane di roccia più imponenti e le strutture riferibili alla tettonica gravitativa. Questi fenomeni presentano configurazioni morfologiche tipiche, come depressioni e trincee allungate parallelamente al crinale, contropendenze, sdoppiamento di creste; ai fini della stabilità hanno un'importanza rilevante poiché possono causare frane più superficiali e, in casi estremi, evolvere repentinamente in grandiosi movimenti di massa.

Più diffuse di quanto si creda sono da segnalare le forme superficiali carsiche, talvolta ben espresse in tutti i loro caratteri tipici, che si rilevano facilmente in corrispondenza di litologie particolarmente adatte come il 'Calcere Cavernoso' di Poggio al Comune e Monte Maggio, sulle superfici travertinose di Colle Val d'Elsa, o sulle formazioni di Alberese della Calvana e Monte Morello.

## Quadro Geologico Strutturale

### Quadro geologico-strutturale generale

L'Appennino settentrionale, in cui si trova collocato il bacino idrografico del fiume Arno, è una catena a falde derivata dalla deformazione terziaria di un settore del paleomargine continentale della microplacca adriatica prospiciente al Dominio oceanico ligure (Boccaletti et al., 1971; Alvarez et al., 1974; Kligfield, 1979). A partire dal Miocene la deformazione compressiva si è propagata da occidente ad oriente attraverso la penisola fino all'Adriatico (Merla, 1952). Contemporaneamente, nella parte interna della catena le strutture compressive sono state interessate da un'importante tettonica distensiva la cui intensità, in Toscana, aumenta da N a S. Nella Toscana meridionale la deformazione distensiva più importante è pre-Tortoniano ed è caratterizzata da faglie normali poco inclinate che hanno determinato la sovrapposizione diretta delle unità strutturalmente più elevate (Liguridi s.l.) sopra i complessi metamorfici derivanti dalla deformazione del margine continentale della microplacca adriatica ("Serie ridotta" Auct.) (Carmignani & Kligfield, 1990; Bertini et al., 1991; Carmignani et al., 1994). La distensione, continua tra il Miocene sup. e il Quaternario, è caratterizzata da faglie dirette molto inclinate che individuano *horst* e *graben* orientati NW-SE associati a vulcanismo e che tagliano tutte le precedenti strutture compressive e distensive.

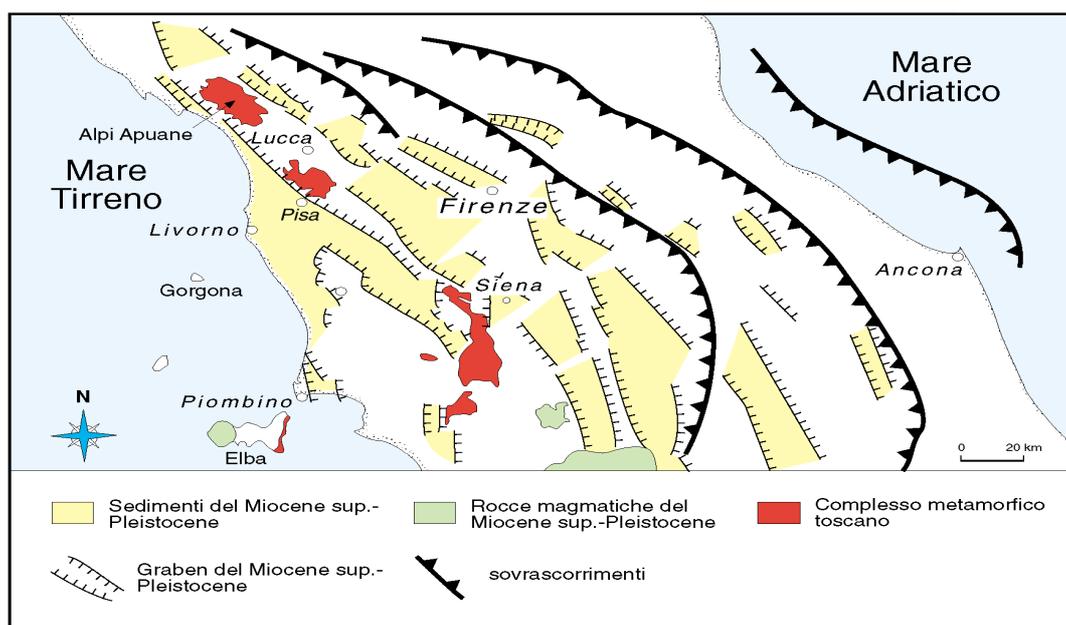


Figura 25 - Schema strutturale dell'Appennino settentrionale

Oggi il versante occidentale dell'Appennino settentrionale è caratterizzato da tettonica distensiva mentre il margine esterno della catena è, ancora, interessato da tettonica compressiva.

In una ricostruzione geometrica delle successioni paleogeografiche della catena lungo la trasversale dell'Appennino settentrionale vengono tradizionalmente distinti, dall'interno verso l'esterno, i seguenti domini paleogeografici:

- 1) Il Dominio Ligure comprensivo di relitti di basamento oceanico e relative coperture sedimentarie pelagiche del tardo Giurassico-Cretaceo inferiore (p.e.: Unità del

- Bracco) e *flysch* cretaceo-paleogenici scollati dal loro substrato (p.e. Unità Liguri esterne: Flysch ad Elmintoidi).
- 2) Il Dominio Subligure, documentato solo da una successione sedimentaria paleogenica (Unità di Canetolo, non rilevata all'interno del bacino dell'Arno) profondamente tettonizzata e di cui non si conosce né l'originaria ampiezza né la natura del suo substrato. E' verosimile che questa successione si sia sedimentata in un'area di transizione tra la crosta oceanica del Dominio Ligure e il substrato continentale del Dominio Toscano.
  - 3) Il Dominio Toscano attualmente documentato da successioni deformate a livelli strutturali differenti:
    - i) il Dominio Toscano Interno (Falda Toscana) comprende termini da archimetamorfici a non metamorfici di età variabile dal Trias superiore all'Oligocene superiore;
    - ii) il Dominio Toscano Esterno (Complesso Metamorfico Toscano: Autoctono Auctt. delle Alpi Apuane, metamorfiti del M. Pisano e della Montagnola senese, ecc.), con metamorfismo in facies scisti verdi che oltre ad una copertura mesozoica e terziaria, comprende anche formazioni paleozoiche del suo basamento ercinico.
    - iii) L'Unità di Massa (esterna al bacino dell'Arno) tettonicamente compresa tra Falda Toscana e Autoctono Auctt. è costituita, esclusivamente, da termini Paleozoici e del Trias inferiore e medio e potrebbe rappresentare il substrato della Falda Toscana scollata e avanscorsa (Trevisan, 1962) oppure derivare da un dominio intermedio tra i domini toscani interno ed esterno di cui non si conosce la copertura mesozoica e terziaria.
  - 4) L'Unità di M. Cervarola è costituita esclusivamente da un *flysch* del Miocene medio deposto in un bacino al fronte dell'alloctono e, attualmente, in parte accavallato sul Dominio Umbro-Marchigiano. Il suo substrato, intermedio tra il Dominio Toscano Esterno e il Dominio Umbro-Marchigiano, non affiora nell'Appennino settentrionale.
  - 5) Il Dominio Umbro-Marchigiano, un *fold belt* scollato a livello delle evaporiti triassiche, affiora in Umbria e Marche ed è sepolto dalle coltri liguri sulla trasversale dell'Appennino tosco-emiliano. Esso rappresenta la zona più esterna della catena con una successione sedimentaria che arriva fino al Miocene superiore.

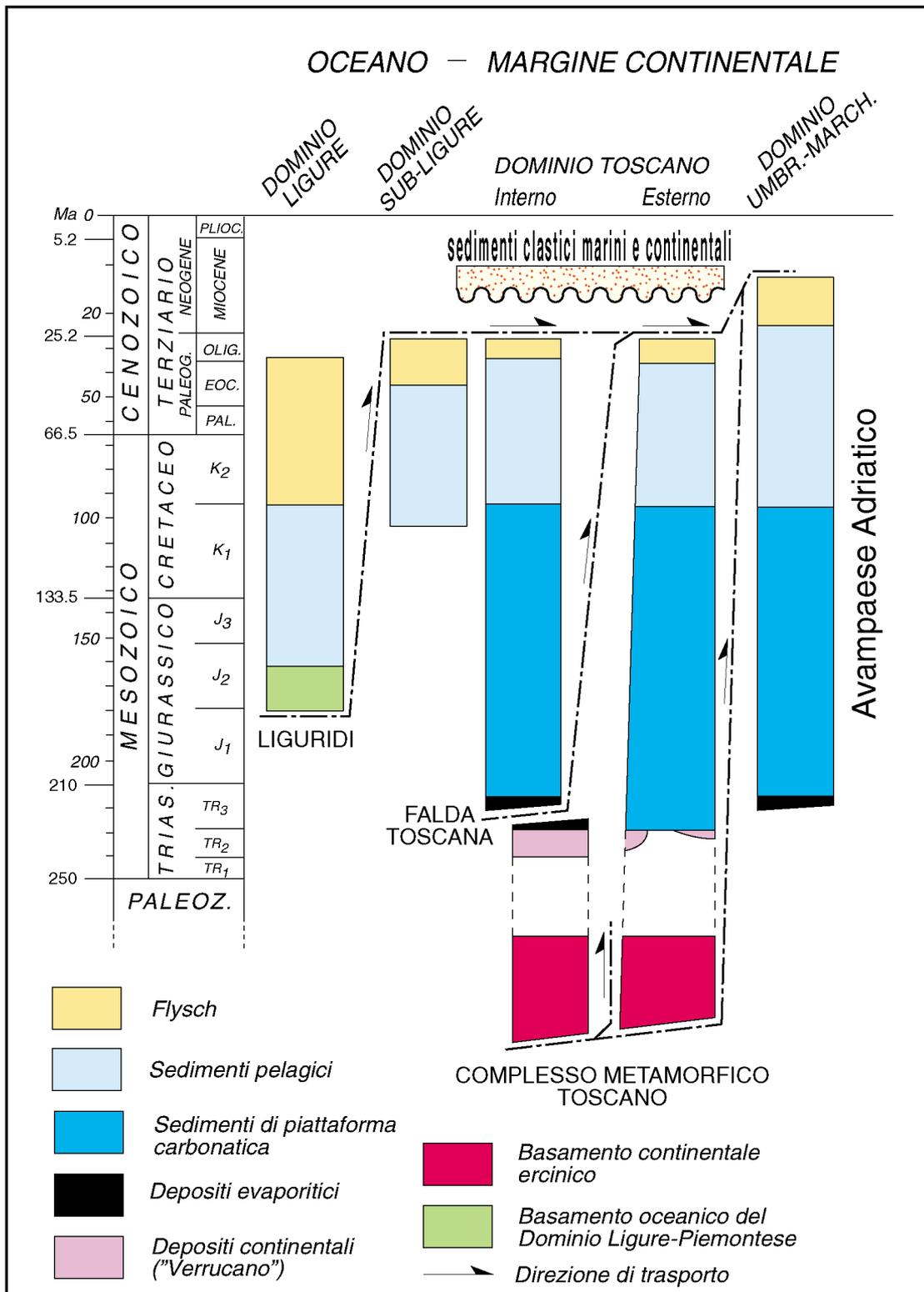


Figura 26 - Successioni schematiche delle principali unità tettoniche dell'Appennino settentrionale

La copertura mesozoico-terziaria del Dominio Toscano Esterno poggia con netta discordanza angolare su formazioni paleozoiche già interessate da deformazioni e metamorfismo (in facies scisti verdi) ercinici. Rocce di età medio triassica affiorano nell'Unità di Massa ove costituiscono una successione vulcano-sedimentaria interpretata come testimonianza di un tentativo di *rifting* precursore di quello del Trias

superiore - Giurassico inferiore che porterà all'apertura della Tetide mediterranea. Questa successione è ricoperta da depositi clastici da fluviali a costieri (Verrucano) che mostrano marcate e brusche variazioni di spessore: gli spessori più elevati caratterizzano l'Unità di Massa mentre, nell'Autoctono Aucct., la formazione è ridotta o assente. La successione stratigrafica del Trias superiore-Paleogene riflette l'evoluzione di un margine continentale passivo.

La fase *sin-rift* (subsidenza iniziale) che dal Trias superiore arriva al Lias superiore-Dogger inferiore (età di apertura dello *hiatus* oceanico) vede successivamente: lo sviluppo di una piattaforma carbonatica (Carnico terminale Norico/Lias inferiore); la sua frammentazione e il progressivo annegamento (Hettangiano superiore-? Pliensbachiano inferiore); l'instaurarsi di una sedimentazione (emi)pelagica con facies controllate da *block faulting* e subsidenza differenziale.

Durante la fase *post-rift* (subsidenza termica) si assiste ad un graduale aumento delle profondità deposizionali (intensità crescente di dissoluzione del carbonato di calcio) e ad una graduale omogeneizzazione di facies che dal Malm interessa anche i domini oceanici (Diaspri, Maiolica/Calcarei a Calpionelle).

A partire dalla fine del Cretaceo inferiore l'evoluzione del dominio oceanico comincia a differenziarsi da quella dei domini del margine continentale adiacente; mentre il primo è interessato, durante il Cretaceo superiore e il Paleogene, da deposizioni di *flysch* si passa sul margine passivo distale (Dominio Toscano) da una sedimentazione carbonatica ad una prevalentemente argillitica. Nelle successioni del Dominio Toscano la sedimentazione (emi)pelagica (Giurassico p.p.-Paleogene) è ripetutamente interrotta da episodi clastici. Si tratta di materiali risedimentati provenienti anche da aree di piattaforma sebbene, nell'Appennino settentrionale, queste non siano documentate in affioramento oltre il Lias inferiore medio p.p.. L'evoluzione sedimentaria dell'Oligocene superiore - Neogene è dominata dalla deformazione dei domini toscano e umbro marchigiano. L'età dei *flysch* permette di seguire il progressivo avanzamento verso l'avampaese delle unità alloctone e la deformazione di domini sempre più esterni dell'originario margine adriatico. Nella Toscana meridionale grandi affioramenti di sequenze di Neogene marino, e continentale, giacciono discordanti sulle diverse unità tettoniche appartenenti ai domini precedentemente descritti.

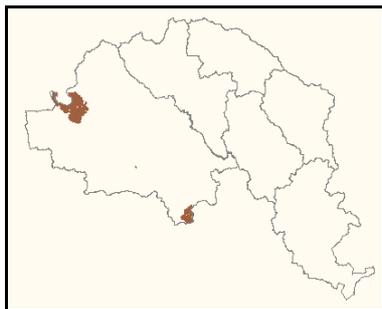
### **Lineamenti geologici generali del bacino del fiume Arno**

La complessa storia tettonica della Toscana si concretizza anche nella grande varietà di formazioni geologiche che affiorano nel bacino del Fiume Arno, prevalentemente sedimentarie, in quanto legate agli estesi fenomeni di deposizione legati alla dinamica distensiva, e subordinatamente magmatiche e metamorfiche, riferibili prevalentemente alle unità legate alle fasi compressive.

Senza nessuna pretesa di completezza, nel tentativo di definire in linea di massima i lineamenti geologici e litologici del bacino, si riporta una descrizione schematica delle principali unità tettonico-stratigrafiche presenti ed elencate secondo una sequenza cronologica decrescente. Un riepilogo dei codici utilizzati per la descrizione delle Unità tettonico-Stratigrafiche è riportato in tabella.

Tabella 2 - Riassunto dei codici delle Unità tettonico-Stratigrafiche

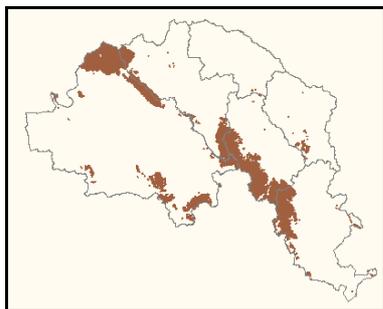
<b>Codice</b>	<b>Descrizione</b>
<b>DOL</b>	Depositi olocenici
<b>DPS</b>	Depositi del Pleistocene superiore
<b>DAC</b>	Depositi fluviali di Altopascio-Cerbaie del Pleist. Medio
<b>DLV</b>	Depositi lacustri e fluvio lacustri di FI-PO-PT; Figline V.-Montevarchi; Mugello; Casentino; Val Tiberina. Pleist. Inf.-Sup.
<b>DCS</b>	Depositi lacustri di Castelnuovo dei Sabbioni; Pliocene sup.- Pleistocene inf.
<b>DGL</b>	Depositi lacustri e fluvio-lacustri della Garfagnana e di Lucca-Montecarlo-Lamporecchio
<b>MPL</b>	Successione marina del Pleistocene
<b>MPS</b>	Successione marina del Pliocene superiore
<b>MPI</b>	Successione marina del Pliocene inferiore-medio
<b>EMS</b>	Serie Lacustre dell'Elsa del Miocene superiore
<b>MMS</b>	Successione marina e salmastra del Miocene superiore
<b>BMS</b>	Successione lacustre basale del Miocene superiore
<b>SMS</b>	Complessi Tosco-Emiliani: Serie di M. Senario
<b>UBR</b>	'Unita' del Bracco
<b>GTT</b>	'Unita' del Gottero
<b>FLE</b>	'Unita' del Flysh ad Elmintoidi
<b>APM</b>	Gruppo dell'Alberese/Pietraforte-Unità di M. Morello
<b>UMR</b>	Serie Umbro-Romagnola
<b>MCR</b>	'Unita' di M. Modino - M. Cervarola
<b>STS</b>	Serie Toscana
<b>MTS</b>	Gruppo Metamorfico della Montagnola Senese
<b>MMP</b>	Formazioni Metamorfiche del M. Pisano



Successione Toscana metamorfica (MMP: Formazioni metamorfiche del M. Pisano, MTS: Gruppo Metamorfico della Montagnola Senese)

Costituisce i rilievi della "Dorsale Mediotoscana" (allineamento strutturale Alpi Apuane, Monte Pisano, Montagnola Senese, Dorsale Monticiano-Roccastrada, Monte Leoni, ecc.) ma nel bacino sono comprese le Formazioni metamorfiche del M. Pisano (MMP) e il Gruppo Metamorfico della Montagnola Senese (MTS). Le Formazioni metamorfiche del M. Pisano affiorano nel

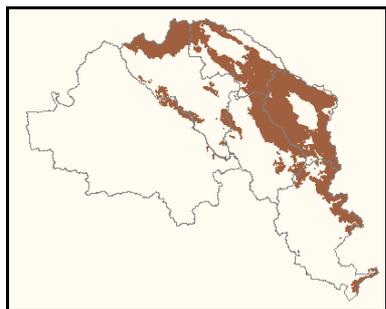
massiccio omonimo: al di sopra di un Paleozoico prevalentemente costituito da rocce metamorfiche scistose a pelite dominante e del Verrucano s.l. (filladi, quarziti e conglomerati quarzosi). Si ha una copertura carbonatica metamorfica della quale i calcari "ceroidi" (calcari massicci non stratificati) rappresentano una delle formazioni più caratteristiche; la successione termina con gli scisti "varicolori" della "Scaglia" metamorfica (rocce metamorfiche scistose a pelite dominante) e le metarenarie dello "Pseudomacigno" (rocce metamorfiche a tessitura clastica). Il Gruppo Metamorfico della Montagnola Senese è rappresentato localmente nell'alta Val d'Elsa e comprende, essenzialmente, calcari "saccaroidi" (calcari massicci stratificati in grossi banchi, molto simili ai marmi delle Apuane) calcescisti e micascisti (rocce metamorfiche scistose a pelite dominante). L'età delle formazioni di queste unità copre un amplissimo arco di tempo che va dal Lias inferiore ('marmi' della Montagnola Senese) all'Oligocene ('pseudomacigno').



*Serie Toscana - Successione Toscana non metamorfica (STS)*

Questa unità occupa vaste aree dell'Appennino Settentrionale comprese tra la zona della Spezia, a ovest, e l'allineamento Monte Orsaro-Pania di Corfino-Val di Lima-Monti del Chianti-Monte Cetona a est. È costituita da una porzione inferiore e media prevalentemente carbonatica (epoca compresa tra il Trias superiore e il Giurassico) da una porzione

stratigraficamente più elevata, comprendente le rocce pelitiche (argilliti) con intercalazioni lapidee della "Scaglia Rossa" e le calcareniti "a Nummuliti" (rocce carbonatiche stratificate) ad essa intercalate (Cretaceo inferiore – Oligocene superiore) e da una porzione sommitale rappresentata soprattutto dalle arenarie oligoceniche del "Macigno" (rocce arenacee con interstrati pelitici). La porzione mesozoica affiora per estensioni limitate soprattutto in alta Val d'Elsa ("Calcere Cavernoso" di Poggio del Comune e Monte Maggio: si tratta di rocce carbonatiche vacuolari, da qui il termine 'cavernoso') limitati affioramenti si hanno nell'alta Valle del Cascina, nella zona di Montecatini Terme, nelle aree a est della Greve e a ovest di Sinalunga. La Scaglia Rossa e le calcareniti affiorano soprattutto nei Monti del Chianti. Il Macigno è la formazione più rappresentata e affiora per vaste aree: Montagna Pistoiese, dorsale del



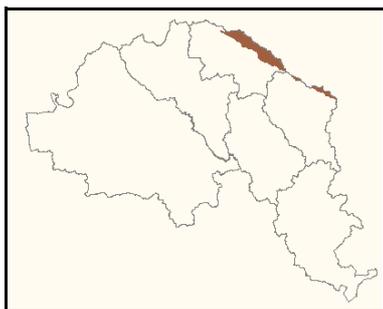
Monte Albano, Monti del Chianti, ecc; queste arenarie quarzoso-feldspatiche hanno in affioramento numerosi tratti in comune con le formazioni dell'Unità di Monte Modino - Monte Cervarola.

*Unità di Monte Modino- Monte Cervarola (MCR)*

È costituita prevalentemente da marne e marne calcaree (Argilliti di Fiumalbo, Marne di Pievepelago,

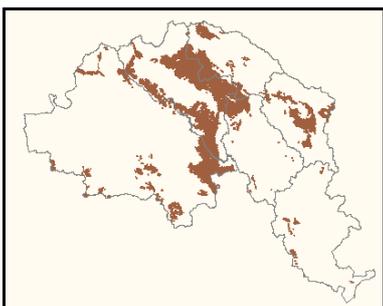
Marne di Vicchio) e soprattutto da rocce arenacee quarzoso-feldspatiche con interstrati pelitici (che costituiscono la grande maggioranza degli affioramenti) attribuite a vicende sedimentarie torbiditiche del Miocene inferiore e medio (Arenarie di Monte Cervarola, Arenarie di Monte Modino).

Questa Unità tettonico-stratigrafica è ampiamente rappresentata in tutti i rilievi nord-orientali del bacino, costituendo l'intera struttura del Pratomagno e dei rilievi che formano lo spartiacque settentrionale e orientale del Bacino, significativi affioramenti si hanno anche nelle colline a sud di Firenze (Poggio alla Sughera) dove costituiscono il tratto meno rilevato della dorsale Monte Albano – Monti del Chianti.



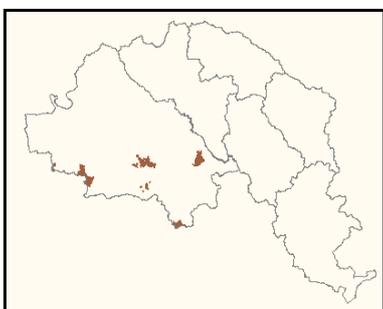
#### *Serie umbro-romagnola (UMR)*

È rappresentata soltanto dalla Formazione marnoso-arenacea costituita da rocce arenacee quarzoso-feldspatiche di origine torbiditica alternate, generalmente in grossi banchi, a rocce pelitiche. Nel bacino essa affiora esclusivamente in corrispondenza del margine nord-orientale a formare lo spartiacque tra la Val di Sieve e i bacini idrografici adriatici: l'epoca di riferimento è il Miocene medio.



#### *Gruppo dell'Alberese / Pietraforte - Unità di Monte Morello (APM)*

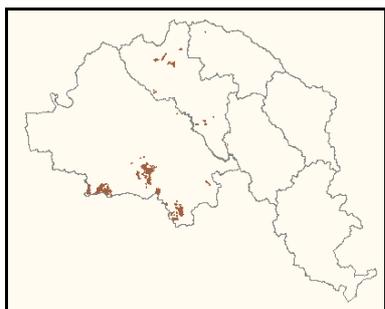
L'unità, conosciuta anche come 'Supergruppo della Calvana', è costituita da una porzione inferiore prevalentemente di rocce pelitiche con intercalazioni subordinate di livelli lapidei (Formazione di Sillano – Vallina, Cretaceo superiore – Eocene inferiore) contenente breccie ed ofioliti sormontata da rocce arenacee calcaree con interstrati pelitici ("Pietraforte") del Cretaceo superiore e da rocce calcaree e calcareo-marnose in forti spessori ("Alberese") del Paleocene – Eocene medio. L'area tipica di affioramento corrisponde ai monti intorno a Firenze e a Prato (1/3 del Valdarno medio è interessato da questa unità) alle colline del Chianti e alle colline di Poppi – Bibbiena (Casentino); la formazione più rappresentata è quella comunemente nota come "Alberese". Estese masse ofiolitiche (complessi a struttura caotica in cui prevale la componente pelitica) affiorano a nord di Prato e a ovest di Certaldo.



#### *Unità del Flysch ad Elmintoidi (FLE)*

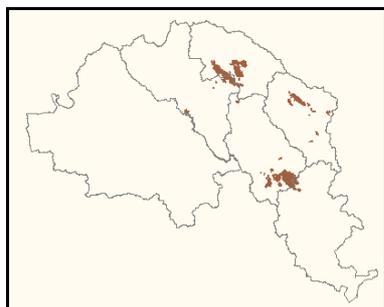
È dominata da una formazione torbiditica in cui sono rappresentati calcari marnosi, marne o marne calcaree sino alle argilliti (Flysch ad Elmintoidi) risalente al Cretaceo superiore e sovrapposta ad un ipotetico "complesso di base" prevalentemente argillitico, contenente elementi calcarei e ofiolitici, breccie, livelli arenacei e siltosi.

L'unità, poco rappresentata nel bacino, affiora nel Valdarno inferiore; nell'alta valle dei torrenti Tora e Cascina; alla testa del torrente Virginio e nei rilievi a ridosso di Gambassi Terme.



### *Unità del Bracco (UBR)*

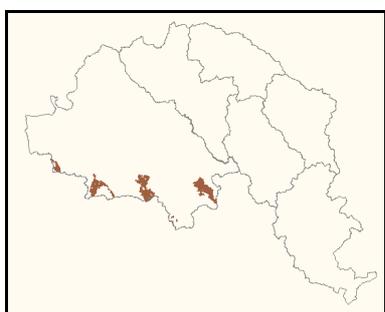
È costituita da un basamento ofiolitico costituito da rocce ignee basiche e ultrabasiche con i loro derivati metamorfici (serpentiniti, gabbri, basalti) di epoca giurassica e da una copertura sedimentaria (Diaspri, Calcari a Calpionelle, Argille a palombini) del Cretaceo inferiore. Nel bacino l'unità è rappresentata soprattutto dalla formazione delle Argille a palombini, argilliti e marne caratterizzate da una debole scistosità ('fogliettate'). Affiora principalmente nella zona delle alte valli dell'Era e dell'Elsa, in particolare sui rilievi tra Iano e Gambassi Terme, e rappresenta insieme all'Unità del Flysch ad Elmintoidi la testimonianza all'interno del bacino del così detto "Dominio Ligure".



### *Complessi Tosco-Emiliani (SMS: Serie di M. Senario; SVR: Serie della Verna,)*

Comprendono la Serie di M. Senario (SMS) e la Serie della Verna (SVR). Di questo complesso solo la Serie di Monte Senario affiora con una certa estensione: costituisce, infatti, l'ossatura della dorsale intorno all'omonima località e dei rilievi tra Bucine e Monte San Savino; affiora, infine, anche a nord di Poppi. La formazione più tipica della Serie è l'arenaria omonima di composizione quarzoso-feldspatica, subordinatamente affiorano calcari e brecciole.

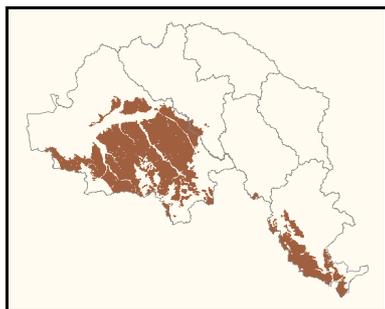
Al di sopra del substrato, composto dalle unità sopra descritte, affiorano potenti successioni marine e continentali riferibili ai bacini che si originarono con la tettonica disgiuntiva successiva alla fase parossistica dell'orogenesi appenninica. I sedimenti marini sono più ampiamente rappresentati nel Valdarno inferiore (nella sua parte meridionale: bacini dell'Elsa, dell'Era e Pesa) e in Val di Chiana. I sedimenti lacustri e fluvio-lacustri si sviluppano nella parte settentrionale del Valdarno inferiore (Piana di Lucca-Piana della Nievole) ma soprattutto costituiscono il riempimento principale dei bacini del Mugello, del Casentino, del Valdarno Superiore, della pianura di Firenze e Pistoia.



### *Successione lacustre basale del Miocene superiore (BMS); Successione marina e salmastra del Miocene superiore (MMS); Serie lacustre dell'Elsa del Miocene superiore (EMS)*

Tutte queste unità affiorano per limitate estensioni in corrispondenza del margine sud-occidentale del bacino nel Valdarno inferiore e in alta Val d'Elsa.

La *successione lacustre basale del Miocene superiore* è rappresentata prevalentemente da depositi argilloso-limosi ('argille azzurre') talvolta con intercalazioni lignitifere; in subordine da ghiaie, conglomerati e arenarie. Per la *successione marina e salmastra del Miocene superiore* sono rappresentative le facies argillose, contenenti lenti di gesso e di salgemma, e localmente sabbie o conglomerati e calcari detritici. La *serie lacustre dell'Elsa del Miocene superiore* è costituita prevalentemente da argille azzurre lignitifere e, in minor misura, da arenarie e brecciole e da facies conglomeratiche alternate ad argille e sabbie; gli affioramenti più tipici sono situati a sud di Poggibonsi.



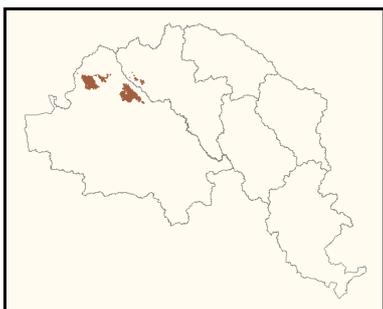
**Successione marina del Pliocene inferiore-medio (MPI) e Successione marina del Pliocene Superiore (MPS)**

La *Successione marina del Pliocene inferiore-medio* occupa vaste aree del Valdarno inferiore (Val d'Era, Val d'Elsa, Val di Pesa) e della Val di Chiana (zona di Montepulciano). La successione è formata da numerosi termini fra i quali si ricordano, per importanza e vastità di affioramenti, i sedimenti prevalentemente argilloso-limosi, consistenti, dalla tonalità grigio-azzurra che determinano il tipico paesaggio collinare ampiamente coltivato del Valdarno inferiore; i sedimenti prevalentemente sabbiosi di tonalità gialla, addensati e frequentemente cementati, che sovrastano le argille, formano superfici strutturali orizzontali o debolmente inclinate, che in affioramento si presentano talvolta con tipiche forme erosive come le "balze" di Volterra; i conglomerati, le ghiaie prevalentemente argillose e le sabbie alla sommità della successione, caratterizzate da un buon livello di cementazione, che affiorano estesamente in Val di Pesa. I sedimenti del Pliocene Superiore sono limitatamente rappresentati in Val di Chiana.



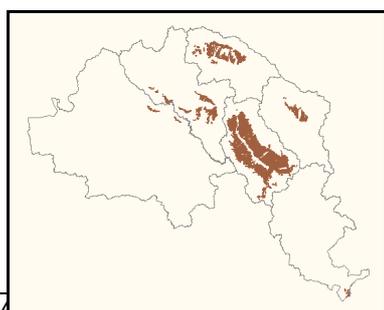
**Successione marina del Pleistocene (MPL)**

Comprende sabbie litorali e argille sabbiose con calcari detritico-organogeni: affiora esclusivamente a sud dello Scolmatore dell'Arno, tra i fiumi Tora e Cascina nel Valdarno inferiore.



**Depositi lacustri e fluviolacustri di Lucca - Montecatolo - Lamporecchio (DGL)**

La successione, databile tra la fine del Pliocene e il Pleistocene inferiore, occupa vaste aree tra Lucca e la dorsale di Monte Albano e presenta alla base un conglomerato a ciottoli di arenaria Macigno che affiora presso la dorsale; al di sopra giacciono depositi lacustri argilloso-limosi e franco-limosi-argillosi (cioè con una buona frazione sabbiosa) poco addensati, che sono i più rappresentati della successione e affiorano nelle colline di Vinci e in quelle di Montecatolo; su di essi giacciono conglomerati a prevalenti elementi di Verrucano e di Macigno (zona di Montecatolo).

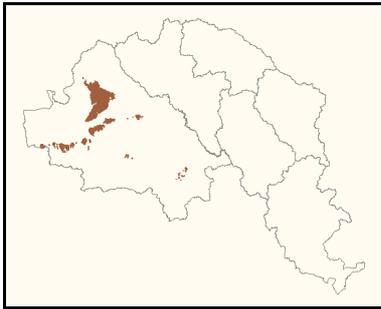


**Depositi lacustri e fluviolacustri di Firenze - Prato - Pistoia, Valdarno superiore, Mugello, Casentino (DLV); Depositi lacustri di Castelnuovo dei Sabbioni (DCS)**

Importanti ed estesi sedimenti di origine lacustre e fluviolacustre, databili al Pleistocene inferiore e medio,

caratterizzano in particolare il Valdarno superiore. La successione comprendente nella sua espressione tipica depositi argillosi alla base sovrastati da sabbie, e sabbie argillose con lenti di argille, affiora in particolare nei dintorni di Figline Valdarno - Montevarchi; affioramenti estesi, ma meno completi nella successione, si hanno in Val di Sieve nella zona di Scarperia e tra Stia e Bibbiena. Affioramenti sporadici si localizzano alla base dei rilievi che bordano il bacino di Firenze - Prato - Pistoia: nelle colline intorno a Firenze sono rappresentate estesamente sabbie, e sabbie argillose, sovrastate localmente da depositi ciottolosi.

I *Depositi lacustri di Castelnuovo dei Sabbioni*, databili al passaggio tra Pliocene e Pleistocene, sono riconosciuti come unità distinta dalla precedente; essi si presentano come depositi prevalentemente argillosi, sovrastati da sabbie e affiorano sui versanti orientali dei Monti del Chianti nella zona di S. Giovanni Valdarno.



#### *Depositi fluviali di Altopascio – Cerbaie (DAC)*

Depositi continentali di origine fluviale, databili al Pleistocene medio, costituiti prevalentemente da sabbie di colore rosso e da depositi ciottolosi a prevalenti elementi di Verrucano; nel deposito, localmente, sono incluse intercalazioni di tufo vulcanico cineritico e perlitico. Questi sedimenti occupano una vasta area tra la zona di Pontedera e il padule di Fucecchio (rilievo collinare delle “Cerbaie”); affioramenti meno estesi si

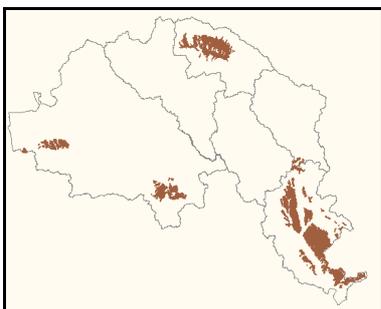
hanno lungo il margine collinare a sud dello Scolmatore dell’Arno e presso Empoli.

#### *Depositi del 2° ciclo fluvio-lacustre di Lucca*

Sono rappresentati da argille, sabbie e ciottoli: nel bacino affiorano, per limitatissime estensioni, soltanto alla base dei rilievi che bordano a nord-est la Piana di Lucca.

#### *Corpi magmatici post-orogeni*

Di limitatissima diffusione areale, ma geologicamente interessanti, nella zona di Orciatico in Val d’Era affiorano trachiti femiche, note come Selagiti e prodotte dalla differenziazione pneumatolitica del magma granitico toscano. Esse si sono intruse, durante il Pliocene inferiore, in sedimenti marini miocenici e pliocenici dando origine a una fascia termometamorfica (Termantiti).

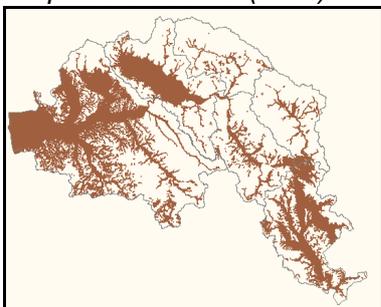


#### *Depositi del Pleistocene superiore (DPS)*

I depositi di natura continentale formati immediatamente prima dell’epoca attuale sono discretamente rappresentati, in particolare nel Mugello, con estese alluvioni terrazzate; in Val di Chiana con depositi fluvio-lacustri; in alta Val d’Elsa con depositi di origine idrotermale (travertini) di notevole potenza e, nella zona di Vicarello, con depositi sabbiosi di origine fluviale

e eolica. Questi depositi mostrano spesso segni, diretti o ereditati, di intensi fenomeni di alterazione pedogenetica.

#### *Depositi olocenici (DOL)*



I sedimenti più recenti, databili dalla fine dell’ultima glaciazione ad oggi, sono frutto in massima parte della dinamica fluviale e fluvio-lacustre legata all’evoluzione recente del reticolo idrografico del bacino e alla sua

interazione con il mare (dinamica costiera). In ordine di importanza areale, nel bacino, si possono individuare:

*- Depositi alluvionali*

I depositi di estensione più vasta e di spessore maggiore occupano la pianura di Firenze - Prato - Pistoia, la pianura di Montecatini Terme e quella di Capannori; inoltre ingombrano estesi tratti del fondovalle dell'Arno (zona di S. Giovanni Valdarno e Valdarno inferiore) della Val di Chiana, della Val d'Era, della Val d'Elsa e di altri affluenti.

Si tratta di depositi incoerenti o scarsamente cementati a granulometria e classazione molto variabile: ghiaie, sabbie, limi e argille di composizione spesso poligenica si presentano generalmente intercalati tra loro in strati di diversi spessori. Depositi terrazzati testimoniano le modificazioni più recenti del reticolo idrografico e sono situati, in genere, in prossimità dei fondovalle attuali; ampi terrazzi alluvionali recenti si riconoscono soprattutto nei dintorni di Arezzo e in Val di Chiana.

*- Depositi sabbiosi costieri*

Occupano tutta la zona del bacino prospiciente il mare in una vasta fascia che, dalla spiaggia attuale, si estende alcuni chilometri verso l'interno formando cordoni paralleli alla costa che sono stati stabilizzati dalla vegetazione. La parte prossima al mare, in particolare nell'area di foce dell'Arno, è caratterizzata da una spiccata evoluzione geomorfologica.

*- Depositi palustri e torbosi*

Depositi prevalentemente limoso-argillosi, talvolta con abbondanza di materiale organico, affiorano nelle aree occupate dal Padule di Fucecchio; dal Padule di Bientina e dal Padule di Coltano. Si tratta di zone soggette a periodiche sommersioni o, comunque, soggette a opere di bonifica relativamente recenti.

*- Conoidi*

Nella loro conformazione più tipica sono costituiti da materiali alluvionali prevalentemente ciottolosi e ghiaioso-sabbiosi; si localizzano in genere allo sbocco di valli affluenti nelle zone montane o pedomontane e frequentemente risultano terrazzati. Con questo termine si possono individuare anche i grandi sistemi di deposizione fluviale a granulometria prevalentemente sabbiosa che caratterizzano lo sbocco dei principali affluenti dell'Arno nelle zone di pianura (Area di Prato interessata dai depositi del Bisenzio, i depositi dell'Ombrone nella zona di Pistoia)

*- Detriti*

Si trovano di solito alla base dei versanti acclivi e, lungo i pendii o gli impluvi, laddove la pendenza si riduce. Si tratta di accumuli di frammenti litici eterometrici, di composizione variabile in dipendenza dalle litologie affioranti, spesso monogenici con matrice di solito scarsa o assente ma, in alcuni casi, presente in quantità rilevante. Gli accumuli derivanti dalla disgregazione di formazioni calcaree sono, invece, frequentemente cementati.

*- Travertini Olocenici*

Meno diffusi dei travertini pleistocenici.. Come quelli consistono in depositi chimici generati dalla precipitazione di carbonato di calcio, in genere da acque termali, e coprono limitate zone presso Poggibonsi, Casciana Terme e Iano.

Considerando nel complesso la distribuzione delle unità tettonico-stratigrafiche per i 'sottobacini' dell'Arno si possono individuare alcune indicazioni caratterizzanti almeno per alcuni di essi: il Casentino, ad esempio, è dominato dalla presenza dell'unità di M. Modino - M. Cervarola (MCR) tanto che il substrato del 72% del territorio è riferibile ad

essa. Anche la Val di Sieve è ampiamente caratterizzata dall'unità MCR che, insieme al Gruppo dell' Alberese/Pietraforte-Unità di M.Morello (APM), occupa il 60% del territorio. Sono presenti estesamente, tuttavia, altre unità tra le quali quelle fluvio-lacustri pleistoceniche - DLV e DPS - hanno notevole rilevanza. La Val di Chiana presenta per estesi tratti (57% del territorio) depositi fluvio-lacustri più o meno recenti (depositi olocenici - DOL - e depositi del Pleistocene superiore - DPS) e una consistente diffusione (20% dell'area) di depositi pliocenici marini (MPI e MPS). Nel Valdarno superiore affiorano diffusamente più unità ma alcune lo caratterizzano almeno per i suoi tratti salienti: depositi lacustri pleistocenici (DLV e DCS) formano le superfici rilevate lungo il corso dell'Arno (28% della superficie del bacino), l'Unità MCR forma il rilievo del Pratomagno (1/4 della superficie), mentre formazioni riferibili alla serie toscana non metamorfica (STS) costituiscono i rilievi occidentali del Chianti (22%). Il Gruppo dell'Alberese/Pietraforte-Unità di M.Morello (APM) copre il 36% della superficie del Valdarno Medio caratterizzando i rilievi della Calvana-Monte Morello e ampi tratti delle colline del Chianti; i depositi olocenici formando l'estesa pianura di Firenze-Prato-Pistoia occupano quasi il 29% del territorio. Il Valdarno Inferiore presenta, tipicamente, estesi depositi marini pliocenici (MPI) e depositi olocenici (DOL) che insieme affiorano per quasi il 70% del suo areale.

Tabella 3 - Distribuzione % delle Unità tettonico-stratigrafiche per sottobacini

codice uts	% bacino Arno	% Valdarno Inf.	% Chiana	% Valdarno Medio	% Valdarno Sup.	% Casentino	% Sieve
<b>DOL</b>	26,0	33,8	37,3	28,7	12,3	7,7	4,4
<b>MCR</b>	19,4	0,8	15,7	20,7	25,4	71,9	43,4
<b>MPI</b>	15,6	32,5	15,5	1,3	0,4	0,0	0,0
<b>APM</b>	11,7	6,9	0,8	35,7	7,1	12,7	17,0
<b>STS</b>	9,4	9,7	10,2	8,8	22,5	1,2	0,1
<b>DPS</b>	4,6	2,0	18,3	0,0	0,1	0,2	10,8
<b>DLV</b>	4,2	0,1	0,2	3,1	25,7	2,4	6,4
<b>DAC</b>	1,5	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>UMR</b>	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	13,4
<b>SMS</b>	1,3	0,0	0,6	1,1	4,1	1,6	4,5
<b>MMP</b>	0,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>FLE</b>	0,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>DGL</b>	0,6	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
<b>UBR</b>	0,6	1,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
<b>MPL</b>	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>EMS</b>	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>BMS</b>	0,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>MMS</b>	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>DCS</b>	0,3	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0
<b>MPS</b>	0,2	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>MTS</b>	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>totali</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

## Litologia

Per effettuare una classificazione su base litotecnica delle formazioni geologiche ricadenti nel bacino del fiume Arno è stata utilizzata la carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 realizzata dal Servizio Geologico Nazionale, in modo da accorpate le formazioni che, in prima approssimazione, presentano lo stesso comportamento litotecnico. Inizialmente si è scelto di utilizzare una suddivisione basata sulla presenza di 30 classi, come mostrato nella tabella seguente dove viene indicata anche la percentuale di affioramento di ogni classe rispetto alla superficie totale del bacino.

Tabella 4 - Descrizione delle classi litotecniche utilizzate per la carta litotecnica del bacino dell'Arno suddivisa in 30 classi

Classi	Descrizione	Area %
1a	depositi limoso-argillosi poco consistenti e terreni coesivi organici	1,08
1b	depositi limoso-argillosi moderatamente consistenti	1,79
1c	depositi limoso-argillosi consistenti	4,66
1d	depositi superficiali a granulometria variabile a prevalente comportamento coesi	2,73
2a	depositi sabbiosi sciolti	0,99
2b	depositi sabbiosi moderatamente addensati	3,91
2c	depositi sabbiosi addensati poco cementati	8,91
2d	depositi sabbiosi moderatamente addensati	4,27
2e	depositi superficiali incoerenti a granulometria variabile a prevalente comporta	21,73
3a	rocce carbonatiche massicce o stratificate in grossi banchi	0,39
3b	rocce carbonatiche stratificate	0,67
3c	rocce carbonatiche vacuolari	0,95
3d	rocce silicee	0,05
3e	rocce metamorfiche a tessitura clastica	0,01
3f	rocce ignee basiche ed ultrabasiche e derivati metamorfici	0,44
3g	rocce intrusive acide o intermedie	0,00
4a	conglomerati e breccie poco cementati	2,95
4b	marne e marne calcaree	0,29
4c	rocce carbonatiche vacuolari o poco cementate	0,12
4d	Tufi	0,00
4e	arenarie deboli	0,01
4f	argille consistenti associate a gessi	0,32
5a	rocce arenacee con interstrati pelitici	27,14
5b	rocce carbonatiche con interstrati pelitici	0,07
5c	rocce arenacee alternate a rocce polittiche	1,48
5d	rocce carbonatiche alternate a rocce polittiche	6,05
5e	rocce metamorfiche costituite da alternanze di livelli lapidei e pelitici	0,73
6a	rocce pelittiche con intercalazioni lapidee	2,84
6b	complessi a struttura caotica a prevalente componente pelittica	5,29
6c	rocce metamorfiche scistose a pelite dominante	0,13

Nell'istogramma della figura successiva è riportata la distribuzione percentuale delle trenta classi considerate. Come possiamo vedere le classi più rappresentate comprendono le rocce arenacee con interstrati pelitici (classe 5a) e i depositi superficiali incoerenti a granulometria variabile a prevalente comportamento granulare (classe 2e), occupanti rispettivamente circa il 27% e circa il 22% dell'intera superficie del bacino. Tali classi litotecniche comprendono gran parte delle formazioni in facies di flysh appartenenti ai domini toscano e ligure (classe 5) e una buona parte delle formazioni marine del pliocene inferiore medio (classe 2e) che, complessivamente,

risultano le formazioni geologiche maggiormente diffuse alla scala dell'intero bacino idrografico. Seguono poi i depositi sabbiosi addensati poco cementati (classe 2c), per circa il 9% di territorio, e le rocce carbonatiche alternate a rocce polittiche (classe 5d) occupanti circa il 6% della superficie del bacino. Le restanti classi litotecniche occupano, nel loro insieme, circa il 36% del territorio.

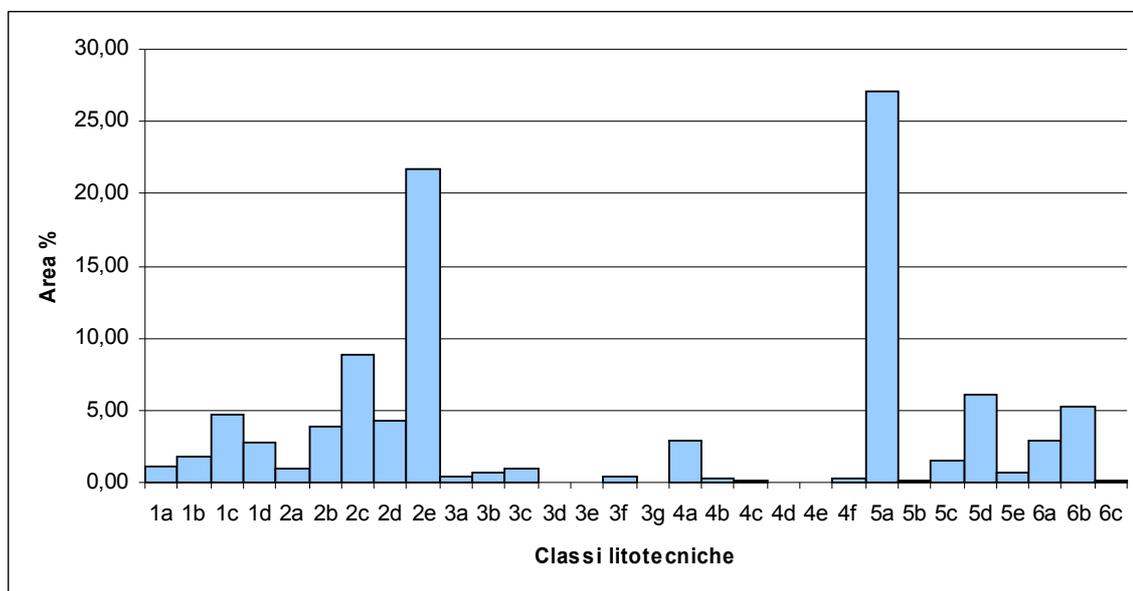


Figura 27 - Istogramma di frequenza percentuale dell'area di affioramento delle 30 classi litotecniche considerate

## Idrografia

### L'Asta principale

L'Arno nasce dalla sorgente di Capo d'Arno (1358 m) alle falde del Monte Falterona (1654 m) e sfocia nel Mar Tirreno a Bocca d'Arno dopo ca 241 km. La pendenza media del suo corso è del 5,6‰, tale valore è, ovviamente, meno che indicativo in quanto la pendenza varia dal 140‰ dei primi 5 km dalla sorgente, sino allo 0,43‰ degli ultimi 82 km di percorso dalla stretta della Gonfolina alla foce (cioè ca 40 cm di dislivello ogni mille metri). Esaminando il profilo di massima del corso dell'Arno si può notare l'andamento regolare e concavo della curva, molto ripido per il primo tratto, con un netto punto di flesso al 25° chilometro dalla sorgente (più o meno all'altezza di Poppi) successivamente al quale si può distinguere, con larga approssimazione, due tratti a diversi valori di pendenza media: il primo sino a Firenze di pendenza pari al 2,5‰ e il successivo sino alla foce con pendenza media dello 0,4‰.

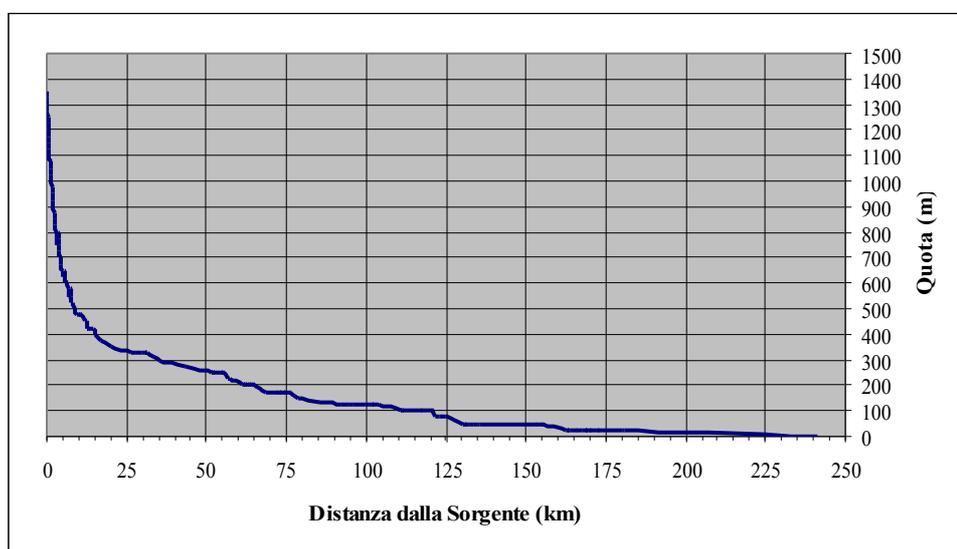


Figura 28 - Profilo altimetrico approssimativo del corso del fiume Arno dalla Sorgente alla Foce

### Gli affluenti

Considerando il reticolo idrografico principale degli affluenti dell'Arno e dei loro tributari, ad esclusione quindi del così detto 'reticolo minore', si conta una lunghezza complessiva di 3280 km ca di aste fluviali pari ad una densità del reticolo idrografico 'principale' dell'intero bacino di 360 metri per kmq di territorio (0,36 km/kmq). Se si fa riferimento ai bacini dei principali affluenti, si notano solo alcune differenze significative.

Bacini	Area [km <sup>2</sup> ]	Lunghezza reticolo principale [km]	Densità [km <sup>-1</sup> ]
Bisenzio	308,0	109,9	0,36
Casentino	877,4	296,4	0,34
Chiana	1370,6	601,3	0,44
Egola	114,3	45,4	0,40
Elsa	865,1	273,6	0,32
Era	595,5	203,7	0,34
Greve	290,4	94,7	0,33
Minori	590,3	140,3	0,24
Mugnone	71,7	22,8	0,32
Ombrone pistoiese	484,3	194,3	0,40
Orme	56,4	23,4	0,42
Padule bientina	308,6	52,7	0,17
Padule fucecchio	489,7	185,3	0,38
Pesa	336,2	103,4	0,31
Sieve	837,9	319,4	0,38
Valdarno superiore	1018,5	390,2	0,38

Tabella 5 - Densità del reticolo idrografico principale per i maggiori bacini idrografici dell'Arno

Un dato chiaramente individuabile è legato ai bacini in destra del Valdarno Inferiore, in particolare padule di Bientina e bacino del Minori, che forniscono valori in sintonia con le caratteristiche idrauliche del territorio: è anzi probabile che i loro valori di densità sarebbero stati ancora più modesti in assenza di consistenti opere di canalizzazione delle acque 'basse'.

Lo sviluppo totale del reticolo così determinato è pari a circa 23.460 km per una densità media di 2,97 km/kmq. La densità relativa ai principali sottobacini dell'Arno varia in misura molto limitata (il coefficiente di variazione è inferiore al 5%) e, come evidenziato nella tabella successiva, non risultano differenze degne di nota.

Tabella 6 - Lunghezza e densità del reticolo idrografico delle aree collinari e montane dei principali sottobacini dell'Arno

<b>Bacini</b>	<b>Area (kmq)</b>	<b>Lunghezza reticolo (km)</b>	<b>densità (km\kmq)</b>
BISENZIO	263	791	3,00
CASENTINO	873	2.728	3,13
CHIANA	1.145	3.314	2,89
EGOLA	112	325	2,90
ELSA	862	2.497	2,90
ERA	572	1.679	2,94
FIUME MORTO	24	66	2,75
GREVE	281	796	2,84
MINORI	276	807	2,93
MUGNONE	61	192	3,13
OMBRONE PISTOIESE	333	1.043	3,14
ORME	50	134	2,71
PADULE BIENTINA	212	639	3,01
PADULE FUCECCHIO	362	1.094	3,02
PESA	336	938	2,79
SIEVE	838	2.529	3,02
VALDARNO SUPERIORE	971	2.922	3,01
Totale Arno	7.903	23.462	2,97

## **Evoluzione del paesaggio nel tempo e Uso del Suolo**

### **Considerazioni generali**

I lineamenti generali del paesaggio del bacino dell'Arno sono frutto dell'azione antropica prolungata e intensa (nelle aree di insediamento etrusco da almeno 2500 anni) che si è dovuta adattare a condizioni ambientali molto varie. Si noti che l'azione antropica si è manifestata sia direttamente (messa a coltura dei terreni, sistemazioni agricole, pascolo, urbanizzazione, etc.) sia indirettamente, per esempio con l'introduzione di specie vegetali non autoctone (tra gli alberi 'simbolo' della regione Cipresso e Pino Domestico, nonché il Castagno, sono di origine esotica) e pressioni ambientali indotte (erosione dei suoli, incendi, etc.).

Documentazioni storiche indicano, per alcune aree, condizioni di crisi ambientale con fenomeni erosivi estesi ed importanti non del tutto dissimili da quelle che si stanno verificando attualmente in aree del pianeta sottoposte per la prima volta a dissodamento. Nel bacino non si riconoscono più aree in cui il paesaggio non sia stato in qualche misura modellato dall'uomo: le stesse formazioni boschive più estese e di pregio paesistico più alto sono, spesso, frutto dell'azione umana (ad esempio le abetine di Vallombrosa e Camaldoli).

D'altra parte non esistono formazioni boschive in cui vi sia un equilibrio naturale effettivo: nelle quali, cioè, ci si possa aspettare un'evoluzione in cui i fattori di pressione antropica siano trascurabili. In Toscana, dal punto di vista strettamente areale, la pressione umana diretta sull'ambiente ha raggiunto il suo massimo storico all'inizio del secolo quando il numero di abitanti nei piccoli nuclei e nelle case sparse ha raggiunto il culmine decrescendo poi lentamente sino ai primi anni del dopoguerra come si può notare analizzando foto d'epoca dei dintorni di Firenze nonché le note foto aeree del volo GAI del 1954 (crf. Quaderno n. 7 dell'Autorità di bacino del fiume Arno, 1997). Va detto tuttavia che in alcune zone l'abbandono delle pratiche agricole, dalle aree marginali, risale già alla metà dell'800 (Anghiari, comune marginalmente interessato dal bacino, già nel decennio 1861 – 1871 mostra un decremento del 2% nella popolazione residente).

Con la trasformazione economica avviata negli anni '50 e la crisi definitiva delle pratiche agricole tradizionali, dovuta essenzialmente all'antieconomicità delle stesse nel nuovo contesto socio-economico, il paesaggio descritto dal Sestini (primi anni '60) ha iniziato a trasformarsi più o meno rapidamente tanto che attualmente alcune di queste descrizioni, seppur radicate nell'immaginario collettivo, non esistono quasi più (crf. Gregori et al., 1996). Di fatto, con la fine degli anni '50, la pressione umana sull'insieme del territorio del bacino dell'Arno ha iniziato a diminuire 'concentrandosi' su determinate zone e ad assumere, in queste, evidenze sino ad allora sconosciute.

Le aree che più hanno risentito delle trasformazioni sono certamente quelle delle pianure alluvionali e di alcune conche intermontane nelle quali l'espansione dei centri abitati, iniziata per i centri maggiori dalla seconda metà dell'800, ha avuto un'enorme accelerazione dall'inizio degli anni '60. Per vaste zone di alcune aree (ad esempio la piana di Firenze-Pistoia) oltre ad essere completamente scomparso il paesaggio in cui l'insediamento urbano e quello rurale erano in qualche modo integrati è di fatto stato compromesso un paesaggio agricolo organico del quale rimangono solo aree frammentate e marginali.

La superficie del bacino del fiume Arno occupa quasi la metà della superficie regionale toscana, interessando marginalmente (1,6%) la Regione Umbria.

A seguito del V Censimento Generale dell'Agricoltura (ISTAT, 2000) nel territorio toscano sono state rilevate 139.872 Aziende agricole, zootecniche e forestali, la cui

Superficie totale (ST) ammonta a 1.627.461 ha con una Superficie effettivamente utilizzata dalle colture (SAU) pari a 857.699 ha.

Le coltivazioni maggiormente praticate, 63% della SAU, rientrano nell'ampia categoria dei seminativi (cereali, leguminose da granella, ortive, girasole, tabacco, foraggiere, ecc.) seguono abbastanza distanziate (21%) le colture legnose (soprattutto olivo, vite, fruttiferi) e i prati permanenti-pascoli (16%). I boschi (643.000 ha) conservano ancora un rilevante ruolo nella definizione del paesaggio regionale che, oggi, vede anche altri 11.000 ha occupati nella arboricoltura da legno.

Nei sistemi di paesaggio collinari ha avuto un forte peso il cambiamento delle pratiche agricole e della struttura fondiaria ed insediativa con la diffusione delle coltivazioni arboree specializzate (vite e secondariamente olivo) avvenuta a danno delle coltivazioni estensive a seminativo con rotazione breve e, unitamente a quest'ultime, delle colture promiscue e delle aree agricole eterogenee. Tale trasformazione è coincisa essenzialmente con il completo abbandono della forma di conduzione mezzadrile alla quale, peraltro, è in massima parte legata la forma insediativa delle case sparse e dei piccoli nuclei. Questi hanno subito, di conseguenza, un marcato fenomeno di abbandono: fenomeno evidentemente in controtendenza con il ritorno all'insediamento abitativo in campagna degli ultimi 15 anni. Il completo abbandono ha interessato i terreni marginali (per pendenza, collocazione o fertilità) ma non ha raggiunto livelli particolarmente rimarchevoli almeno negli ultimi 20 anni. Le aree boschive collinari sono state caratterizzate da un lungo periodo di scarso o nullo sfruttamento, strettamente legato al declino dell'uso della legna da ardere: questa tendenza ha avuto una sensibile inversione, a partire dai primi anni '90, con il ritorno al taglio ceduo di vaste superfici a bosco in coincidenza con il fenomeno di riflusso abitativo nelle aree di campagna. Lo sviluppo dei centri urbani collinari di media dimensione è stato lento e costante, salvo prendere impulso negli ultimi anni, con tassi di crescita talvolta anche sensibili (ne è un esempio Montespertoli) ma in nessun caso si sono verificati i marcati fenomeni di abbandono che hanno invece interessato i piccoli nuclei e le case sparse.

I paesaggi montani dell'Appennino sono invece quelli che hanno subito più pesantemente il fenomeno dell'abbandono del territorio con un marcato fenomeno di flusso migratorio, interno, verso i fondovalle o altre aree della Toscana; solo in parte mitigato, negli ultimi anni, da flussi contrari che mostrano tuttavia un limitato peso sulle trasformazioni ambientali in atto. Il fenomeno più marcato, legato ai paesaggi montani, è sicuramente il sensibile aumento della superficie boscata e la sensibile diminuzione dello sfruttamento dei boschi stessi: questo fatto, tra le altre cose, ha reso ancor più evidente la trasformazione del paesaggio legato al Castagno.

E' verosimile supporre che, contrariamente alla radicata convinzione sul ruolo delle pratiche agricole tradizionali, l'abbandono delle aree montane da parte dell'agricoltura e del pascolo abbia di fatto ridotto anche sensibilmente i fattori di instabilità idrogeologica del territorio: sono infatti diminuite drasticamente o addirittura scomparse alcune pratiche, di per sè gravose per l'assetto idrogeologico in generale e l'erosione del suolo in particolare, come la denudazione dei suoli (coltivazioni in aree a forte pendenza, taglio e eradicazione del sottobosco, raccolta della lettiera e coltivazione sottocopertura boschiva, pratiche di abbruciamento per il pascolo) il pascolamento concentrato e il pascolo in bosco, le pratiche di terrazzamento e ciglionamento, con il conseguente aumento delle pendenze critiche e delle masse instabili in posto.

Parallelamente si registra un aumento di fattori stabilizzanti quali la ricrescita di una copertura vegetale arborea, ed arbustiva, su seminativi e pascoli abbandonati o la crescita di formazioni boschive. D'altro canto, la mancata manutenzione di tutte le infrastrutture legate all'agricoltura ha determinato una diffusa situazione di dissesto.

### **Caratterizzazione di massima dei principali sottobacini**

Il **Casentino** è dominato dalla presenza di superfici boscate caratterizzate da una netta prevalenza delle formazioni decidue. Queste in alcuni casi hanno un altissimo valore economico e paesaggistico (ad esempio, le faggete e le formazioni del crinale che ricadono nel territorio del Parco nazionale) in altri hanno invece un alto valore protettivo ma un trascurabile valore economico. Una buona distribuzione hanno i boschi di castagno, in maggioranza cedui, di importanza locale sono i castagneti da frutto. I boschi di conifere comprendono sia pregevoli formazioni di Abete bianco (come quelle di Camaldoli) sia rimboschimenti di Pino nero, più diffusi i boschi misti (conifere e latifoglie). Alle superfici propriamente boschive si affianca una consistente percentuale di zone con copertura arbustiva e/o erbacea concentrata nelle zone di crinale e in quelle più degradate. Rimarchevole è la presenza di aree, in evoluzione, legate ai fenomeni di abbandono. Buona la persistenza delle colture promiscue e di elementi quali siepi e boschetti. Anche la buona diffusione dei prati stabili e la consistenza marginale dei seminativi 'puri' sembra confermare questa indicazione. Del tutto trascurabile, infine, la superficie urbanizzata. Questa analisi sommaria dell'uso del suolo conferma una visione del Casentino come bacino relativamente preservato dall'azione antropica recente e in cui ritroviamo ancora i requisiti per il mantenimento di condizioni di una pur relativa 'naturalità'.

La **Val di Sieve** ha una copertura del suolo che mostra una distribuzione tipologica simile a quella del Casentino: la superficie boschiva è dominante e all'interno di questa i boschi decidui sono nettamente prevalenti seguiti da formazioni miste e a conifere. A differenza del Casentino, però, risultano marginali le zone con copertura arbustiva e/o erbacea. Il quadro del territorio agricolo si discosta dalla situazione casentinese per la sensibile presenza di seminativi; paragonabile è invece sia la diffusione delle zone agricole eterogenee sia le superfici a prato permanente. La superficie urbanizzata è in sensibile sviluppo negli ultimi anni. La superficie occupata dall'invaso artificiale di Bilancino è pari a ca 5 kmq (0,4% del bacino).

Il territorio della **Val di Chiana** ha un uso prettamente agricolo dominato dai seminativi. Il dominio di questi, è quasi assoluto considerando le aree di fondovalle mentre nelle restanti zone diventa dominante la presenza delle zone agricole eterogenee e delle colture permanenti: quest'ultime in alcuni casi hanno un altissimo pregio economico ed ambientale (ad esempio gli oliveti di Trequanda). Il bosco, assente per larghi tratti del bacino, si concentra sui rilievi nord-occidentali e sul crinale orientale che divide il bacino dalla Val Tiberina. Nel bacino ricade anche la piana di Arezzo dove l'urbanizzazione ha avuto un consistente sviluppo ed è proprio qui che si concentra la massima parte di aree urbanizzate. Infine hanno un peso relativo, ma un notevole significato ambientale, sia gli specchi d'acqua che le zone umide interne.

Il **Valdarno Superiore** si presenta con un'estrema variabilità nell'uso del suolo in cui prevalgono, comunque, le superfici forestali concentrate in buona parte sui rilievi del Chianti e del Pratomagno. Le formazioni di latifoglie dominano sui boschi misti e sulle formazioni a conifere; sul Pratomagno, inoltre, hanno una certa diffusione anche le zone a vegetazione arbustiva ed erbacea. Nell'ambito dei territori agricoli si registra una prevalenza delle zone eterogenee sulle colture permanenti e sui seminativi con una certa compenetrazione delle une con le altre, indice di una sostanziale 'macroeterogeneità'. Tra le colture permanenti hanno un certo rilievo economico gli oliveti dei bassi versanti del Pratomagno (in particolare nella zona di Reggello) e i vigneti della parte più settentrionale del bacino. I fenomeni di urbanizzazione riguardano soprattutto il fondovalle.

Come il Valdarno Superiore quello **Medio** presenta una notevole variabilità in cui, però, le tipologie di uso del suolo hanno una distribuzione più caratterizzata. Una peculiarità del bacino è data dal notevole sviluppo della superficie urbanizzata concentrata in massima parte nell'area della piana di Firenze – Pistoia. Il territorio agricolo collinare è

dominato dalle colture permanenti e dalle zone eterogenee: la vite prevale nella zona del Chianti, con i diffusi impianti specializzati e le ben note condizioni di eccellenza qualitativa. Generalmente l'olivo, che risulta maggioritario sulla vite, ha il suo areale ai piedi del Monte Albano o nelle colline intorno a Firenze. Si presenta generalmente in impianti di tipo tradizionale e, solo occasionalmente, in moderni impianti specializzati. A conferma della buona tenuta della superficie agricola rispetto ai fenomeni di abbandono recente si noti che la quasi totalità delle zone caratterizzate da vegetazione arbustiva ed erbacea è concentrata sul crinale del rilievo della Calvana ed è di fatto assente nelle zone agricole collinari. La superficie forestale è la tipologia maggioritaria del bacino anche con esempi di continuità spaziale notevoli (bacino dell'alto Bisenzio). Presenta inoltre una certa articolazione nelle formazioni presenti, anche se predominano i boschi di latifolia ed è rimarchevole la percentuale delle formazioni miste che si sommano ai boschi puri di conifere. Le prime, però, ad una attenta analisi risultano anch'esse a predominanza di conifere (le formazioni di cipressete del Monte Morello e le pinete di Pino Marittimo del monte Albano ne sono un esempio).

L'estensione e la variabilità delle condizioni ambientali è tale che il **Valdarno Inferiore** mostra, necessariamente, una forte eterogeneità nell'uso del suolo. L'uso dominante è quello agricolo e le tipologie ad esso associato hanno una diffusione relativa piuttosto equilibrata: anche se prevalgono i seminativi concentrati soprattutto nell'ultimo tratto della piana alluvionale e in Val d'Era. Hanno una notevole diffusione le zone agricole eterogenee e le colture permanenti; tra quest'ultime la maggiore diffusione dei vigneti si registra nelle aree del Chianti Geografico, del Chianti Classico (Val di Pesa e Val d'Elsa) del Chianti Monte Albano e infine della zona di origine della Vernaccia di San Gimignano. Le olivete invece si concentrano, talvolta in situazioni ambientali di grande pregio, alle falde del Monte Albano e del Monte Serra e sulle colline della Val di Nievole. Le aree boscate hanno una diffusione non secondaria e presentano una notevole variabilità, non di rado hanno un discreto pregio economico e paesaggistico (ricordiamo solo i boschi e le pinete litoranee, le leccete di Poggio al Comune e di Monte Maggio, i cedui di castagno della val di Nievole, etc.); in alcune aree è purtroppo assai rilevante la frequenza e l'estensione degli incendi boschivi, elemento di pressione notevole sull'evoluzione della copertura forestale. La concentrazione storica degli insediamenti umani lungo il corso inferiore dell'Arno ha determinato anche l'evoluzione recente del tessuto urbano.

### **Aggiornamento della carta di copertura del territorio (Corine Land Cover)**

La carta di copertura (land cover) costituisce un elaborato per la descrizione fisica del territorio. Vi confluiscono molteplici fattori ambientali di carattere geomorfologico, pedologico e vegetazionale, sia naturali che antropici, comprendendo cioè anche le modificazioni dovute all'urbanizzazione, all'agricoltura e all'attività zootecnica.

Per il bacino idrografico del fiume Arno è stata realizzata una banca dati geografica di copertura del territorio in scala 1:50'000 con approfondimenti alla scala 1:30'000, utilizzando le informazioni rilevabili mediante interpretazione di immagini telerilevate da satellite, seguendo in prima approssimazione la metodologia messa a punto nel progetto CORINE Land Cover, completato a metà degli anni '90, e quella utilizzata nei suoi recenti aggiornamenti locali (Technical and Methodological Guide for Updating CORINE Land Cover Data Base, Perdigão & Annoni, 1997).

Il dato vettoriale di partenza è stata dunque la carta di copertura del territorio del Corine Land Cover Project della Toscana e Umbria e georeferenziata nella proiezione UTM fuso Ovest, zona 32, European Datum 1950, in seguito denominata CLC96 (CORINE Land Cover 1996); questa è stata aggiornata in quelle parti che presentavano sostanziali modifiche, evidenziando i cambiamenti avvenuti nei diversi ambiti territoriali negli ultimi anni. Sono emersi aspetti quali l'espansione di aree urbane, l'evoluzione di zone agricole, le variazioni nelle zone di cava o di cantiere e i

mutamenti nelle aree boscate. La carta prodotta è denominata in seguito CLC 2002 (CORINE Land Cover 2002)

Le informazioni sul territorio sono state aggiornate tramite l'analisi dei dati provenienti dal satellite Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper plus), ripresi negli anni 2000-2001, con risoluzione spaziale da 30 a 15 metri e quelli del satellite Terra con sensore ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer), con risoluzione di 15 metri, ripresi nel 2001; tali dati sono stati affiancati ed integrati da quelli provenienti dai fotopiani AIMA del 1996 e da quelli del Volo Ialia 2000 e dalla Cartografia Tecnica Regionale.

Per la classificazione della copertura del territorio è stata adottata come base di riferimento la legenda del Progetto CORINE-Land Cover sviluppato dal 1985 al 1990 dalla Comunità Europea per la creazione di un sistema informativo con lo scopo di coordinare le attività di rilevamento, elaborazione e gestione dei dati territoriali. In tale ambito è stata realizzata una cartografia di copertura del territorio tramite fotointerpretazione da satellite di gran parte dell'Europa a scala 1:100'000; la legenda è di tipo gerarchico e numerico e si articola in tre livelli fondamentali:

- il primo, con 5 classi, indica le maggiori suddivisioni del territorio nel pianeta;
- il secondo, con 15 classi, rappresenta l'uso del suolo a piccola scala (1:500'000);
- il terzo, con 44 classi, è usato per il dettaglio a scala 1:100'000.

Recentemente tale legenda è stata integrata con un quarto livello proposto dall'ETC-L.C. (European Topic Centre on (CORINE) Land Cover), con voci aggiuntive, al fine di corrispondere adeguatamente alle caratteristiche legate alla scala maggiore (1:10'000/1:25'000) e alle esigenze delle amministrazioni regionali.

Durante la fase di aggiornamento sono state utilizzate solo le classi della legenda CORINE originaria; vista la scala di lavoro adottata e i dati a disposizione, non è quindi mai stato utilizzato l'ulteriore quarto livello di indagine.

L'unità spaziale deve corrispondere ad una zona in cui la copertura può essere considerata omogenea (erba, acqua, foresta) o ad una zona che pur essendo una combinazione di zone elementari (omogenee) rappresenta strutture caratteristiche di copertura; essa deve anche rappresentare una superficie significativa, tenuto conto della scala di lavoro, distinguendosi nettamente dalle unità che la attorniano e la sua struttura in termini di copertura del territorio deve essere sufficientemente stabile nel tempo.

L'unità spaziale da cartografare costituisce dunque uno strumento concettuale di analisi del territorio in termini di copertura ed uno strumento di lettura ed interpretazione dei dati telerilevati che sono una rappresentazione particolare dell'eterogeneità e della diversità degli oggetti che ricoprono la superficie terrestre.

Nella definizione di questa unità non bisogna mai dimenticare che nella realtà (cioè sul terreno) la copertura del territorio si presenta sempre come una combinazione di superfici elementari più o meno omogenee qualunque sia la scala di osservazione utilizzata. L'unità spaziale e statica deve perciò soddisfare due ulteriori condizioni: il suo contenuto deve soddisfare le esigenze tematiche degli utilizzatori dell'inventario e deve fornire una rappresentazione accettabile della realtà. In tale contesto tutta l'operazione è stata supportata da adeguati e sufficienti controlli a terra.

Per la digitalizzazione delle unità di copertura del territorio sono stati dunque stabiliti i seguenti criteri:

- misura dell'unità minima cartografabile: 6.25 ha pari a 10mm x 10mm in scala 1:25'000. Tale misura corrisponde all'esigenza di leggibilità della stampa, di

rappresentazione degli aspetti fondamentali del territorio e di ottimizzazione del tempo e costo impiegato per la redazione della cartografia.

- misure lineari: lunghezza minima di 25 mm (625 m in scala 1:25'000) e larghezza minima di 4 mm (100 m in scala 1:25'000).

In alcuni casi, per la necessità di evidenziare un cambiamento di copertura del territorio particolarmente significativo, è stato deciso di procedere al di sopra dei criteri stabiliti riducendo l'area cartografabile minima.

Le chiavi interpretative della legenda sono state definite in base a criteri di riflettanza spettrale, alle elaborazioni sulle immagini da satellite, allo studio della letteratura e dei dati ancillari, all'esperienza emersa nel corso della fotointerpretazione ed al controllo di campagna.

Per lo svolgimento del lavoro è stato raccolto, in particolare, il seguente materiale:

- fotopiani AIMA del 1996 in scala 1:10'000 in formato digitale compresso .ecw, con copertura di tutta la Toscana e con sistema di riferimento UTM ED50;
- Carta Tecnica Regionale CTR dell'intero territorio della Regione Toscana, in scala 1:10'000 in formato raster con sistema di riferimento originale in Gauss Boaga e convertito, nell'ambito del progetto, in UTM ED50;
- limiti amministrativi dei Comuni e del Bacino dell'Arno, base CTR 1:10'000, in formato vettoriale con sistema di riferimento UTM ED50;
- tavolette IGM in scala 1:25'000 e relativo mosaico, in formato raster con copertura dell'intero Bacino dell'Arno e sistema di riferimento UTM ED50;
- fotopiani Volo Italia 2000 a colori in scala 1:10'000 in formato digitale .tiff con sistema di riferimento UTM WGS 1984;
- carta di copertura del territorio (Corine Land Cover) ultimata nel 1996, in formato vettoriale e in scala 1:100'000, con copertura di tutto il Bacino dell'Arno (Toscana e Umbria) e sistema di riferimento UTM ED50.

Sono state poi acquistate, dalla Soc. Eurimage di Roma, due immagini dal satellite Landsat 7 ETM+) caratterizzate dalla presenza di 6 bande riflesse con risoluzione di 30 m, di una banda termica con risoluzione a 60 m e di una banda pancromatica con una risoluzione di 15 m. Le immagini sono state scelte secondo i seguenti criteri: recente copertura temporale, scarsa presenza nuvolosa (inferiore al 10%), differenti periodi stagionali di ripresa per dare una visione più completa e approfondita del territorio in esame.

Le due immagini acquistate appartengono a riprese del 20 Giugno 2000 e del 15 Febbraio 2001 con path/row 192/29 floating. Entrambe sono di ottima qualità non presentando anomalie legate a foschie o ad altri fenomeni, né anomalie legate alla tecnologia utilizzata e al momento della ripresa; esse soddisfano inoltre ottimi requisiti di caratteristiche spettrali (almeno tre bande nell'infrarosso vicino e medio) e di risoluzione al suolo (pixel di 15 e 30 m).

Successivamente è stata ottenuta gratuitamente da Internet un'immagine multispettrale del sensore ASTER del satellite Terra, lanciato nel 1999. La ripresa, che copre parte della Toscana centro-orientale, è di Ottobre 2001 ed ha potuto offrire una migliore interpretazione dei cambiamenti in atto nel territorio sia perché più recente sia perché il periodo di ripresa permette di coprire una differente stagione rispetto all'ETM. L'ASTER dispone di 14 canali ottici (VNIR, SWIR e TIR) con risoluzione da 15 m fino a 90 m. Le bande utilizzate sono state quelle che avevano una risoluzione adatta ai fini del nostro lavoro (15 m) ossia quelle del visibile e dell'infrarosso vicino.

Il sistema di riferimento adottato è il sistema cartografico UTM European Datum 1950, zona 32, fuso Ovest.

Le immagini da satellite sono state elaborate utilizzando il software ENVI 3.5: queste sono state georeferenziate nella proiezione adottata utilizzando 53 punti di riferimento, un errore quadratico medio (RMS) di 1,064 pixel e una funzione polinomiale di secondo grado con ricampionamento del pixel di tipo nearest neighbor.

Alle immagini Landsat sono state poi applicate tecniche di fusione dati (data fusion – pan sharpening) utilizzando la banda pancromatica a 15 metri, in modo da ottenere una scala di rappresentazione tra 1:50'000 e 1:30'000. La fusione di immagini comprende tutte le tecniche finalizzate all'ottenimento di una singola immagine a partire da diverse immagini per estrarre informazioni di più alta qualità dal punto di vista spettrale o spaziale (Pohl & Tournon, 1999).

Le tecniche di fusione utilizzate ai fini di questo lavoro si sono basate in parte su procedure già predisposte nel programma come la trasformazione HSV (Hue Saturation Value) e la normalizzazione del colore CN (Color Normalized) o trasformazione di Brovey (Pohl, 1996), ed in parte sull'applicazione di altre metodologie proposte in letteratura come la sostituzione della componente principale PCS (Principal Component Substitution) (Carter, 1998; Li et al., 1999).

In particolare, nel metodo HSV vengono utilizzate tre bande a bassa risoluzione che dallo spazio colore RGB vengono trasformate in uno spazio colore tono – saturazione – valore. La trasformazione HSV viene usata nella fusione di immagini perché permette di separare l'informazione spettrale (H, S) da quella spaziale (V), che può quindi essere sostituita da una banda a più alta risoluzione spaziale; mentre le altre due bande vengono ricampionate al valore del pixel ad alta risoluzione. Infine l'immagine viene riconvertita automaticamente nello spazio colore RGB.

Il secondo metodo, ossia la trasformazione di Brovey o CN è un particolare caso di combinazione aritmetica tra bande in cui lo spazio spettrale viene scomposto nelle sue componenti di tono e luminosità (Vrabel, 1996). La trasformazione prevede la moltiplicazione di ogni singola banda a bassa risoluzione per la banda ad alta risoluzione, e il risultato viene normalizzato dividendolo per la somma delle tre bande a bassa risoluzione.

Il terzo metodo sfrutta la trasformazione delle componenti principali PCT (Principal Component Transformation) e la procedura seguita è schematizzata in figura. La fusione tramite la trasformazione delle componenti principali è una tecnica di decorrelazione dove le informazioni spettrali (spesso correlate) vengono trasformate nelle componenti principali ortogonali, di cui ognuna descrive in maniera decrescente la varianza dell'immagine. Generalmente viene sostituita la prima componente (PCI prima componente principale) con l'immagine pancromatica di più alta risoluzione, poiché essa contiene le informazioni spettrali più simili. L'immagine fusa si ottiene applicando la trasformazione inversa delle componenti principali.

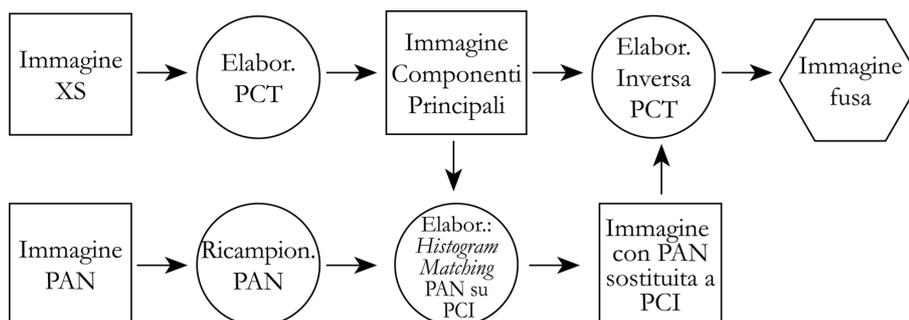


Figura 29 - Schema delle fasi di elaborazione nella tecnica della sostituzione delle componenti principali: partendo dal dato pancromatico (PAN) e da quello multispettrale (XS) si ottiene un'immagine sintetica con le caratteristiche geometriche dell'immagine ad alta risoluzione

L'esecuzione di queste operazioni di fusione tra le bande riflesse a 30 m e la banda nel pancromatico a 15 m ha permesso di ottenere un'immagine multispettrale RGB a 15 m e quindi un prodotto finale caratterizzato da una maggiore risoluzione rispetto all'originale. Tra le varie modalità con cui sono state eseguite queste operazioni, è stato di volta in volta valutato il risultato migliore raggiunto tramite le tre tecniche di ricampionamento del pixel : nearest neighbor, bilinear e cubic convolution.

Alcuni esempi di tali trasformazione dati sono illustrati nelle figure.

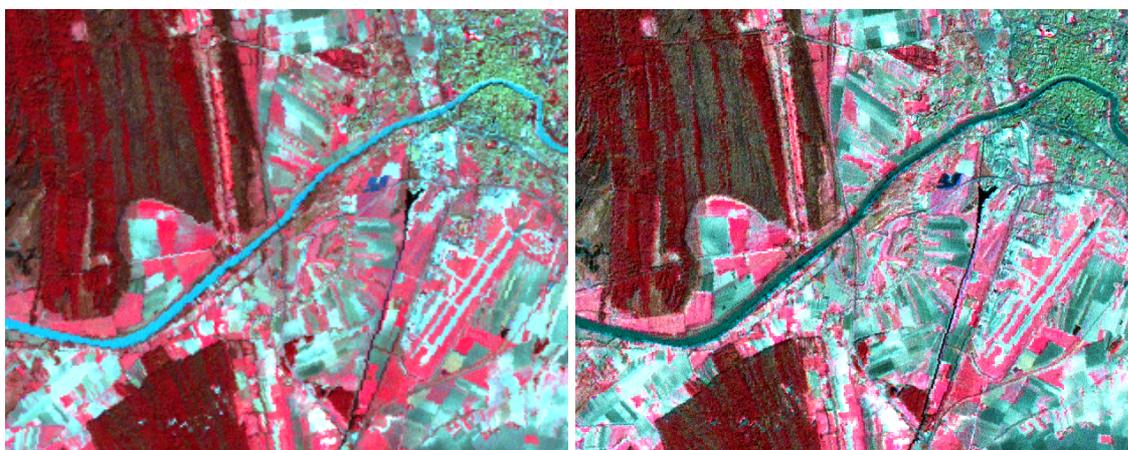


Figura 30 - Esempio di tecnica HSV di fusione dati per l'implementazione della risoluzione spaziale dell'immagine. A sinistra l'immagine originale stampata nella composizione a falsi colori rosso (Red) verde (Green) e blu (Blu) (FCC False color composite) delle bande 432 del Febbraio 2001; mentre a destra l'immagine FCC 432 del Febbraio 2001 trattata con tecnica HSV

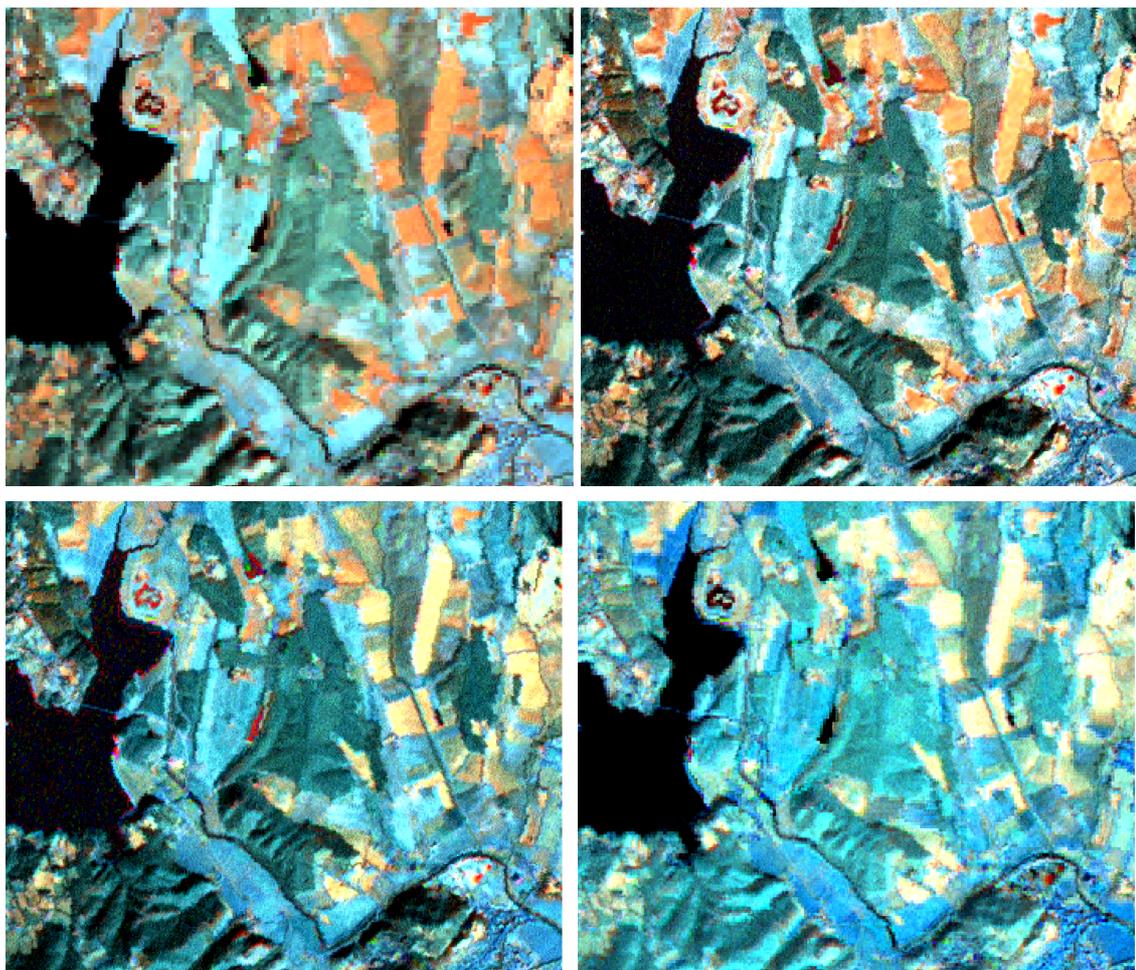


Figura 31 - Confronto tra le diverse tecniche applicate con l'originale (in alto a sinistra); tecnica HSV (in alto a destra); tecnica CN (in basso a sinistra); tecnica PCS (in basso a destra). Zona del Lago di Bilancino, immagine di Febbraio 2001, composite 457 RGB

Il miglioramento radiometrico delle immagini è stato applicato in una fase successiva alla pre-elaborazione dei dati. Nel corso dello svolgimento del lavoro sono state scelte le elaborazioni più appropriate a seconda delle esigenze di fotointerpretazione e di individuazione delle diverse classi di legenda.

I dati sono stati opportunamente trattati con operazioni statistiche sulle bande riflesse disponibili per valutare singolarmente il miglior tipo di contrasto radiometrico dell'istogramma per la successiva interpretazione. Per la scelta delle composizioni a falsi colori più significative è stato utilizzato un criterio visuale: si sono rivelate particolarmente utili le bande dell'infrarosso 457 visualizzate in rosso (Red), verde (Green) e blu (Blu) rispettivamente secondo la composizione a false colori (FCC false color composite); tali bande appaiono in generale più significative per l'interpretazione degli aspetti geomorfologici, della copertura vegetale e dell'uso e umidità dei suoli. In alcuni casi è stato utilizzato anche il confronto con le bande del visibile nella composizione a colori 321 soprattutto per la definizione delle aree antropizzate.

Sono state applicate specifiche elaborazioni delle quali elenchiamo di seguito una serie di esempi:

- per la delimitazione del tessuto urbano discontinuo (classe 1.1.2) è stata prodotta ed analizzata la seconda componente principale;
- per l'individuazione di bacini d'acqua (classe 5.1.2) è stata visualizzata la composizione falsi colori RGB 432, in cui i corpi d'acqua in questione appaiono di un colore blu più o meno scuro in funzione della profondità;

- per l'individuazione delle zone boscate e delle zone paludose è stato applicato l'indice di vegetazione: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e NDVI-PC1 (sottrazione della prima componente principale all'indice di vegetazione) affiancate da immagini a falsi colori RGB 432.

In generale sono state scelte le migliori triplette (FCC) di composizioni spettrali per la fotointerpretazione visuale: 432 – 457 – 321.

La metodologia generale per l'aggiornamento del CLC96 si è basata su linee guida definite in campo internazionale e descritte nella Technical and Methodological Guide for Updating CORINE Land Cover Data Base (Perdigão & Annoni, 1997).

La fase di fotointerpretazione dei cambiamenti di copertura del territorio è stata svolta integrando tutte le informazioni acquisite per la produzione di una nuova cartografia aggiornata (di seguito CLC2002): le variazioni individuate sono state delineate attraverso la digitalizzazione di linee di modifica o di dubbi (come elementi puntuali) verificati poi con un controllo incrociato fra i diversi operatori coinvolti.

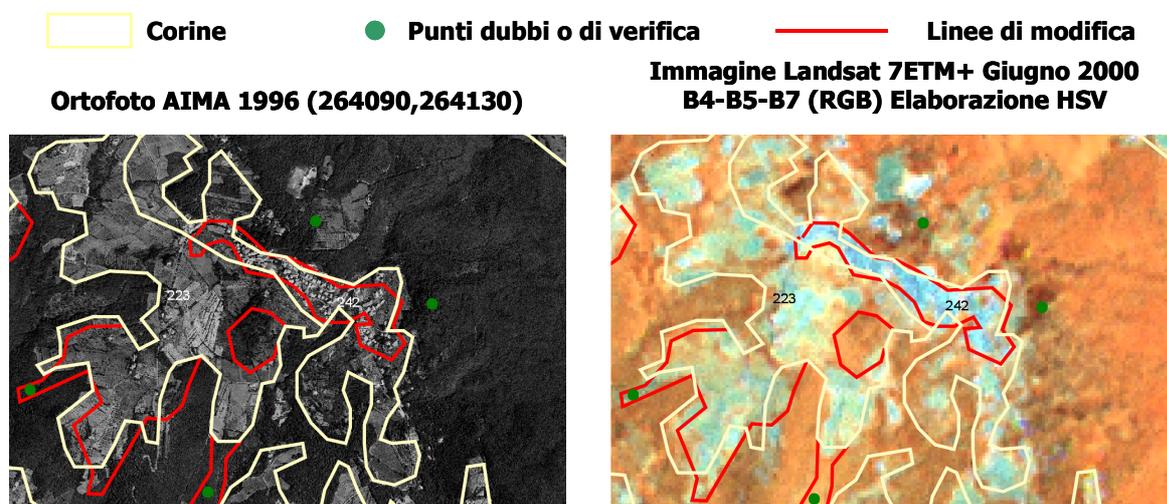


Figura 32 - Esempio di fotointerpretazione

Dopo tale confronto, una volta approvate congiuntamente le osservazioni, sono stati modificati i poligoni del file originale al quale è stato aggiunto un campo Code\_96 per non perdere l'informazione iniziale; nel file di consegna "corine\_fin" (formato .e00 e shape file) vengono ancora mantenute le suddivisioni fra i poligoni originali che sono state invece eliminate con un'operazione di accorpamento poligoni (dissolve) nel file di consegna "corine\_f\_diss" (formato .e00 e shape file) perdendo così l'informazione progressiva a vantaggio dell'omogeneizzazione dei poligoni.

Tenendo sempre conto dei limiti insiti in questa tecnica e sopra sommariamente ricordati di seguito, in tabella viene riportata la superficie espressa in ettari occupata da ogni classe di uso del suolo rilevata nel bacino del fiume Arno.

Classi Utilizzate	2002 (ha)
111 tessuto urbano continuo	2787.00
112 tessuto urbano discontinuo	31'029.38
121 aree industriali o commerciali	10'440.94
122 reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	1200.25
124 Aeroporti	697,44
131 aree estrattive	2210.69
132 Discariche	54.44
133 Cantieri	116.31
141 aree verdi urbane	527.75
142 aree sportive e ricreative	450.19
211 seminativi in aree non irrigue	211'053.13
221 Vigneti	29'013.69
222 frutteti e frutteti minori	911.56
223 Oliveti	60'728.25
231 prati stabili	22'389.31
241 colture annuali associate a colture permanenti	6273.50
242 sistemi colturali e particellari complessi	107'605.38
243 aree prevalentemente occupate da colture agrarie	36'000.81
244 aree agro-forestali	572.69
311 boschi di latifoglie	219'588.44
312 boschi di conifere	26'001.06
313 boschi misti	101'742.88
321 aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	2345.94
322 brughiere e cespuglieti	10'396.13
323 aree a vegetazione sclerofila	1116.50
324 aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	20'522,44
331 spiagge, dune, sabbie e alvei ghiaiosi	192.94
332 rocce nude, falesie, affioramenti	76.00
333 aree con vegetazione rada	216.19
334 aree percorse da incendi	338.88
411 paludi interne	2861.94
421 paludi salmastre	369.56
511 corsi d'acqua, canali, idrovie	1560.13
512 bacini d'acqua	1715.38

Tabella 7 - Bacino del fiume Arno - Superficie occupata da ogni classe di uso del suolo