

Demistificare le forcelle degli alberi: vizi e virtù delle biforcazioni in arboricoltura

Christophe Drénou¹, David Restrepo², Duncan Slater³

¹Centre National de la Propriété Forestière (CNPF), Institut pour le développement forestier (IDF), France; ²Service de l'arbre et des bois de la Ville de Paris, France; ³Greenspace Department, Myerscough College, England

Articolo originale: <https://scholars.direct/Articles/botany/jbr-3-012.php?jid=botany>

Traduzione italiana a cura di Mario Carminati, Dottore agronomo, e Patrizio Daina, naturalista

32

Problemi e sfide

In un albero, una forcella è una struttura morfologica prodotta dalla biforcazione di un asse che produce due o più assi equivalenti, più o meno dello stesso diametro.

Per diverso tempo in molti testi di arboricoltura, le biforcazioni degli alberi sono state trattate come difetti strutturali. Ad esempio, la popolare guida alla valutazione del rischio degli alberi di Matheny e Clark, riporta che “i fusti codominanti sono un difetto strutturale” (MATHENY e CLARK, 1994).

Questa nozione proviene direttamente dal settore forestale. Nella produzione di legname commerciale, l'obiettivo del forestale è quello di sfruttare il tronco per quanta più altezza possibile, per ottenere la maggior quantità possibile di legno a venatura dritta.

Ciò si ottiene al meglio con la regolare potatura e la rimozione dei rami laterali, prima che il loro cono di inserimento diventi troppo spesso, formando un nodo che può compromettere la resistenza e la solidità del legno in produzione.

Dove il tronco dell'albero si biforca, l'aspettativa del forestale viene bruscamente vanificata, perché il tronco non può essere sfruttato nella sua interezza per

ottenere legname di buona qualità. Per questo motivo, i forestali considerano tutte le biforcazioni come difetti strutturali, in termini di produzione di legname. Sfortunatamente, questa nozione è stata adottata nella formazione degli arboricoltori; ma non esiste nessuna ragione logica per questo, poiché il nostro scopo in arboricoltura non è produrre legname commerciale, bensì mantenere alberi in ambiente urbano.

Parallelamente a ciò, tutte le biforcazioni degli alberi sono considerate in molti testi per arboricoltori come strutture deboli, a prescindere dalla loro natura specifica.

La guida citata in precedenza riporta “i fusti codominanti sono intrinsecamente deboli perché hanno un diametro simile” (MATHENY e CLARK, 1994). Considerare una biforcazione come intrinsecamente debole, giustificandolo solo in base al rapporto dimensionale degli assi non è fondato su studi scientifici convincenti o estesi.

Quando guardiamo un albero maturo che si sviluppa attraverso una strategia di reiterazione che ha formato una biforcazione principale forte, solida e stabile, a seguito di una lunga e progressiva metamorfosi architettonica, stiamo verificando che non tutte le biforcazioni sono strutture deboli. Alcune

biforcazioni, in particolare le forcelle principali, sono così forti, solide e stabili che possono essere le strutture più affidabili formatesi nell'albero, in grado di sostenere l'intera chioma con le sue oscillazioni indotte dal vento.

Approccio terminologico alle biforcazioni degli alberi

Il termine botanico per una biforcazione che produce due o più assi equivalenti che formano angoli acuti tra di loro è "forcella". Tuttavia, sin dai primi anni '70, in arboricoltura le forcelle sono state anche definite "fusti codominanti", un termine che si è fortemente consolidato.

Il termine fusti codominanti può essere rintracciato nella letteratura forestale fin dal XIX secolo, avendo origine dalle traduzioni in inglese del sistema di classificazione della chioma di Gustav Kraft, pubblicato in tedesco nel 1884. Il sistema di classificazione di Kraft si basa sullo *status* sociale di un albero in un bosco, considerando la sua altezza, l'estensione della chioma, la simmetria e la vitalità. Secondo Kraft, gli alberi in un popolamento si distinguono in predominanti, dominanti e codominanti.

Uno dei libri principali per introdurre il sistema di classificazione di Kraft è stato *"The Principles of Forest Yield Study"*, scritto da Ernst Assmann e tradotto dal tedesco in inglese nel 1970. In questo libro il termine fusti dominanti era usato per riferirsi ad alberi dominanti in un popolamento forestale. In *"Trees - Structure and Function"*, scritto da Martin H. Zimmermann e Claud L. Brown nel 1971, il termine codominante, riferito ad una biforcazione, appare, anche se solo una volta; questo unico riferimento è associato alla potatura in un'illustrazione, provocando così una grande influenza nella moderna letteratura arboricolturale (KRAFT, 1884; ASSMANN, 1970; BROWN, 1971).

Questo è il riferimento estratto da Zimmermann e Brown, 1971: *"Due rami laterali codominanti che crescono verso l'alto con angoli acuti tendono ad esercitare un reciproco effetto epinastico l'uno sull'altro. Se uno dei due viene rimosso con la potatura, il leader rimanente assumerà la posizione verticale"*. Secondo Brown, "l'effetto epinastico reciproco" è la dominanza esercitata dall'apice sulle branche laterali. In questo contesto, il termine implica la competizione per la dominanza apicale. Il termine "assi codominanti" implica una condizione, descrive una situazione che si verifica sopra la biforcazione, non descrive la biforcazione stessa. Implica che la dominanza apicale sia oggetto di competizione tra gli assi.

Il termine "assi codominanti" in questa fase non riguarda la forcella come struttura ma si riferisce a una condizione tra gli assi.

Il termine più appropriato per definire questa struttura, dove un albero si biforca, dividendo il fusto in due o più elementi approssimativamente uguali, è "forcella", non "assi codominanti". Quest'ultimo termine generalizza, dando per scontato che tutti gli elementi di una biforcazione "esercitino un reciproco effetto epinastico l'uno sull'altro", come descritto da Brown nel 1971. Tuttavia, non tutte le biforcazioni sono costituite da assi assurgenti che si contendono la dominanza apicale. Non tutte le biforcazioni sono uguali. Nello studio sull'architettura degli alberi, le biforcazioni sono classificate in quattro diversi tipi che sono fisiologicamente e morfologicamente distinti. Infatti, un solo tipo di biforcazione può essere considerato come costituito da assi equivalenti codominanti che si contendono la dominanza apicale: le forcelle accidentali (discusse più avanti) (BROWN, 1971).

Approccio anatomico alle biforcazioni degli alberi

Allora come hanno fatto gli arboricoltori a considerare tutte le biforcazioni come strutture deboli, indipendentemente dalla loro natura specifica?

La nozione di "debolezza" di una forcilla di un albero è stata molto probabilmente estrapolata dal concetto di "dominanza apicale debole" (KOZLOWSKI, 1964, 1971; BROWN *et al.*, 1967; ZIMMERMAN e BROWN, 1971) riferendosi alla natura poliarchica "decorrente" delle biforcazioni. Sebbene i termini "dominanza apicale debole" e il suo termine analogo "dominanza apicale forte" non abbiano nulla a che fare con forza strutturale, solidità e stabilità, questi "portamenti di crescita" si riflettono in molti testi di arboricoltura dove vengono associati rispettivamente ad inserzioni deboli e forti, cosa che viene ulteriormente rafforzata dall'affermazione che nelle biforcazioni mancano collari sovrapposti, ipotesi di Alex Shigo che è stata smantellata da recenti ricerche nell'arboricoltura contemporanea (SLATER *et al.*, 2014).

La guida alla certificazione degli arboricoltori ISA definisce le forcille come segue: "*fusti codominanti: assi biforcati quasi uguali in diametro, derivanti da una unione comune e privi di una normale inserzione di ramo*" (LILLY, 2010). La frase "*manca un normale inserzione di ramo*" implica un'anomalia. Ciò si riferisce all'eredità che l'articolo di Shigo del 1985 lasciò all'arboricoltura quando presentò "Come i rami degli alberi sono attaccati ai tronchi" (SHIGO, 1985).

L'articolo di riferimento trascura le forcille come struttura morfologica e le proprietà meccaniche del legno specializzato (legno ascellare) che si trova sotto la "cresta della corteccia", introducendo la nozione di inserzione forte basata sull'ipotesi di collari sovrapposti. L'ipotesi di Shigo afferma

che il ramo forma i suoi anelli annuali durante la primavera e il tronco durante l'estate, formando così collari sovrapposti. Questa attività cambiale asincrona era considerata tipica di alberi con legno a porosità diffusa (PRIESTLEY e SCOTT, 1936; ZIMMERMAN e BROWN, 1971). Tuttavia, sono numerose le incongruenze con l'ipotesi di Shigo. La più evidente è data dal fatto che nelle specie a porosità anulare l'attività cambiale si verifica simultaneamente (PRIESTLEY e SCOTT, 1936; ZIMMERMAN e BROWN, 1971).

L'ipotesi di Shigo è stata raramente testata scientificamente, a parte la ricerca di Dan Neely negli anni '90 e la ricerca di Duncan Slater dal 2010 in poi (NEELY, 1991; SLATER e HARBINSON, 2010; SLATER, 2015). Neely si è impegnato in una serie di esperimenti nei primi anni '90 iniettando in diverse specie di alberi un colorante idrosolubile, violetto di metile, nell'inserzione ramo-fusto. Ha tracciato il modello di traslocazione e ha concluso che "*se Shigo avesse ragione, il colorante iniettato a stagione avanzata rimarrebbe nel fusto*" (NEELY, 1991). Da un quarto di secolo in poi nuove ricerche hanno gettato nuova luce sull'ipotesi di Shigo, costringendo la comunità degli arboricoltori a svegliarsi e rendersi conto della mancanza di ricerca scientifica in materia di giunzioni dei rami. Questa ricerca sta producendo grandi cambiamenti nel modo in cui intendiamo le biforcazioni degli alberi.

Se il vecchio modello di inserzione del ramo fosse corretto, nel punto di inserzione la direzione della venatura del legno cambierebbe orientamento all'interno di ogni anello annuale: il ramo forma un collare, poi il tronco forma un collare, in questo vecchio modello, quindi, l'orientamento della venatura deve cambiare nell'anello annuale affinché tale modello sia applicabile. Noi possiamo confermare di non aver mai visto anno

dopo anno un “capovolgimento” coerente dell’orientamento della venatura del legno in corrispondenza di un’inserzione di ramo e i campioni che sono stati sottoposti a raggi X presso l’Università di Manchester non sono riusciti trovare questi collari sovrapposti (SLATER *et al.*, 2014).

Ci sono anche altre sfide che persistono nell’ipotesi di Shigo. Se i collari sovrapposti nell’inserzione sono causati da una crescita sequenziale, perché si formano tipicamente inclusioni di corteccia, come un foglio continuo, in cima all’inserzione del ramo? Quando un’inserzione di ramo viene spaccata assialmente all’inserzione ramo-tronco, perché la venatura del legno va direttamente dal fusto alla base del ramo? (cioè nessun segno di eventuali “collari del tronco”). La modalità di cedimento più comune di un’inserzione di ramo è che si spezzi al suo apice sotto tensione o a causa di un misto tra tensione e torsione. Con il modello collare su collare, non sembra che l’apice dell’inserzione sia rinforzato meccanicamente più dei lati, il che è illogico. Quali tessuti subiscono il carico più critico all’apice dell’inserzione ramificata? L’ipotetico sviluppo di collari sovrapposti non spiega i tessuti densi che si trovano costantemente sotto la “cresta della corteccia” formata nella maggior parte delle giunzioni dei rami. Quali tessuti sopportano i carichi più critici all’apice dell’inserzione del ramo? L’ipotetico sviluppo di collari sovrapposti non spiega i tessuti densi trovati ripetutamente sotto la “cresta della corteccia” formata nella maggior parte dei giunti delle ramificazioni. Recenti ricerche rivelano un’importante caratteristica biomeccanica delle giunzioni negli alberi introducendo il concetto di “legno ascellare” al loro centro, un incastro di complesse e tortuose venature del legno, che resiste alla rottura dell’inserzione (SLATER *et al.*, 2014; SLATER, 2015). Il legno

ascellare è un tipo di legno di reazione formato sotto la “cresta della corteccia” dell’inserzione, indotta da stimoli meccanici (tigmomorfogenesi). Questa ricerca evidenzia le somiglianze anatomiche di una gamma di diverse giunzioni negli alberi e come varia la loro anatomia con la loro eziologia e il loro rispettivo aspetto (FIGURE 1-5).

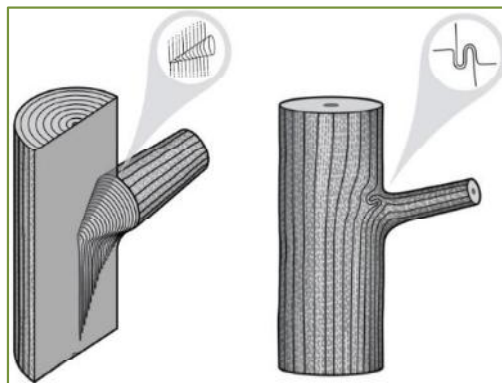


Figura 1 - A sinistra, diagramma schematico dell’inserzione di un ramo al tronco di un albero con il classico cono di inserzione; a destra, diagramma della venatura del legno ad incastro dell’inserzione di un ramo al tronco; entrambi basati sul modello anatomico di SLATER *et al.* (LILLY, 2010). Illustrazione per gentile concessione di Slater (SLATER, 2016b).

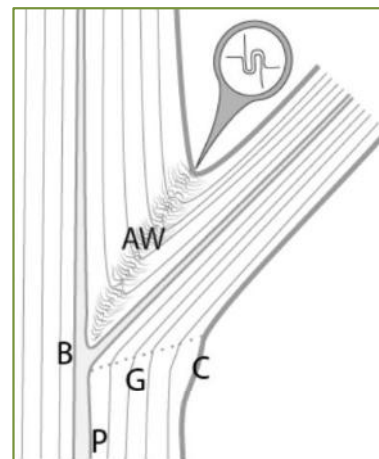


Figura 2 - Caratteristiche anatomiche chiave che forniscono supporto meccanico in una inserzione ramo-tronco. P = midollo; B = biforcazione del midollo; AW = legno ascellare; C = collare del ramo; G = “grain capture zone” o “zona di presa della venatura” in cui la venatura del legno entra nella base del ramo o devia intorno al ramo per collegare il fusto sopra l’inserzione del ramo (KRAMER & BORKOWSKI, 2004; SLATER, 2019).



Figura 3 - Legno ascellare esposto in una inserzione di ramo in faggio (*Fagus sylvatica* L.) (SLATER, 2020).

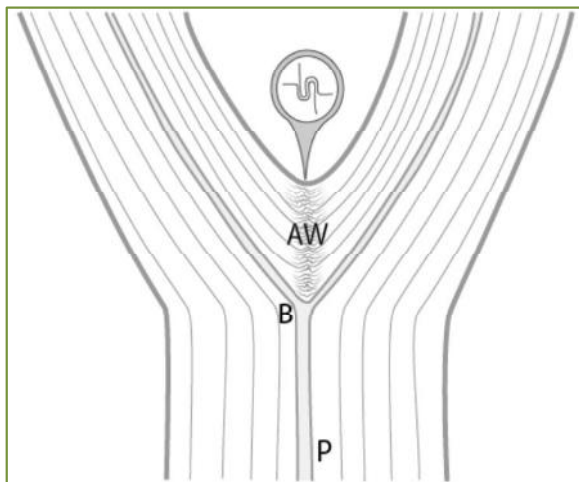


Figura 4 - Diagramma schematico della fitta venatura del legno ad incastro in una forcella principale, basata sul modello anatomico di SLATER *et al.* (ZIMMERMAN e BROWN, 1971), con il riquadro (a sinistra) che mostra uno schema di base dell'incastro di venature del legno che incorpora venature ruotate nel piano x-y, e con il riquadro (a destra) che mostra la mancanza di un classico cono di inserimento (SLATER, 2015).

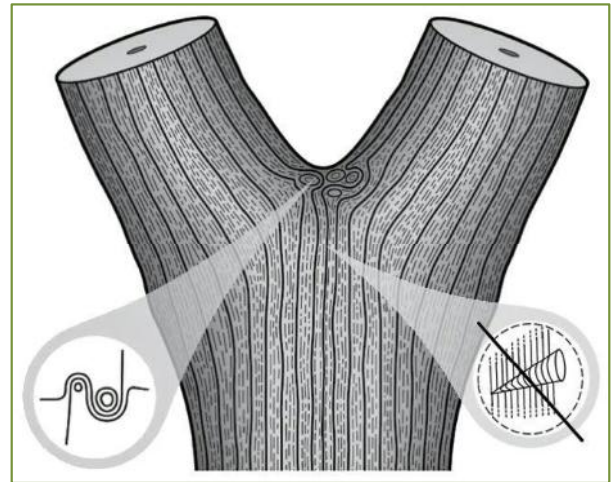


Figura 5 - Caratteristiche anatomiche chiave che forniscono supporto meccanico a una biforcazione principale. P = midollo; B = biforcazione del midollo; AW = legno ascellare (SLATER, 2019).

Un aspetto chiave della maggior parte delle giunzioni negli alberi è un legno denso che mostra motivi di venature ad incastro formati sotto la "cresta della corteccia" dell'inserzione, che in genere è costituita da legno molto più denso ed è tipicamente più sviluppata quando i due assi uniti sono all'incirca dello stesso diametro.

Approccio architettonico alle biforcazioni degli alberi

Qual è la funzione delle biforcazioni in un albero? Se affrontiamo la natura delle biforcazioni considerando la loro funzione, troviamo quattro distinte situazioni architettoniche (NICOLINI e CARAGLIO, 1994; DRÉNOU, 1996; NICOLINI, 1997):

- le forcelle principali sono responsabili della costruzione della chioma degli alberi durante gli stadi di sviluppo, attraverso una strategia di reiterazione;
- in alcune specie, le forcelle ricorrenti forniscono una grande plasticità architettonica ai giovani alberi per favorire l'adattamento alle vicissitudini ambientali;

- quando le condizioni di crescita sono sfavorevoli, soprattutto quando la luce è insufficiente, le forcelle d'attesa consentono di aumentare l'area fotosintetica;
- infine, le biforcazioni accidentali che servono a sostituire assi traumatizzati.

Queste biforcazioni possono essere endogene e geneticamente determinate (biforcazioni principali e ricorrenti) o indotte da fattori esogeni (biforcazioni accidentali e biforcazioni d'attesa). Possono avere un carattere permanente (biforcazioni principali e molte biforcazioni accidentali) o di natura transitoria (biforcazioni ricorrenti e biforcazioni d'attesa rispetto alle variazioni ambientali).

Biforcazioni principali

È necessario fare una chiara distinzione tra una biforcazione su un albero giovane, dove la potatura naturale è appena iniziata, e una prima forcella principale forte, solida e stabile che deve sostenere le branche principali strutturali di un albero adulto. Questa prima biforcazione principale segna la fine della costruzione del tronco.

L'emergere di una biforcazione principale è il risultato di una lenta e progressiva metamorfosi architettonica (GOETHE, 1790; HALLÉ e NG, 1981; EDELIN, 1984). Mentre un giovane l'albero cresce in altezza, i rami più alti che si formano progressivamente diventano man mano più eretti e finiscono per acquisire la morfologia del tronco (fenomeno di reiterazione per dedifferenziazione), quindi si forma una prima forcella (FIGURA 6).

In *Populus* spp., albero con crescita monopodiale, i rami più in alto finiscono per rimpiazzare il tronco dopo la morte del germoglio all'apice. *Prunus avium*, anch'esso a crescita monopodiale, costituisce la forcella principale senza però farla precedere dalla morte

dell'apice; il tronco continua la sua crescita dopo la formazione delle principali branche strutturali. In *Juglans regia*, in assenza di traumi, la forcella principale si forma solitamente dopo la fioritura terminale del fusto (BARTHÉLÉMY *et al.*, 1995).

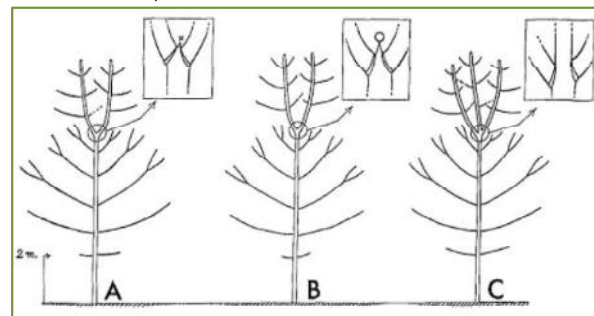


Figura 6 - L'emergere di una biforcazione principale è il risultato di una lenta e progressiva metamorfosi architettonica. Notare le biforcazioni laterali che si formano sui rami laterali sempre più vicine al tronco fino alla formazione di una biforcazione principale. Quando quest'ultima viene formata, si ha la morte dell'apice, come in *Populus nigra* (A), oppure l'apice si trasforma in un fiore, come in *Juglans regia* (B) o perde la sua dominanza apicale, come in *Prunus avium* (C) (DRÉNOU, 1996, 2000).

L'insorgenza della prima biforcazione principale è associata al passaggio di una fase di sviluppo, ovvero il passaggio dallo stadio giovane (unità architettonica) allo stadio adulto (fase reiterativa negli alberi che si sviluppano attraverso una strategia di reiterazione). Di solito è preceduta da numerose biforcazioni in via di sviluppo sui rami laterali. Queste biforcazioni laterali emergono sempre più vicine al tronco, dai rami bassi verso la sommità dell'albero, e finiscono essere un elemento di previsione della formazione di una la biforcazione principale direttamente sul tronco.

Pertanto, in campo, l'osservazione dei rami è un mezzo per localizzare la forcella principale di un albero prima della sua formazione. L'altezza di quest'ultima varia notevolmente, dipendendo principalmente dall'esposizione alla luce

(in condizioni di luce intensa, una biforcazione si forma molto vicino al suolo), dalla concorrenza tra alberi (si ha biforcazione più alta in un fitto ambiente boschivo) e dalla specie (specie pioniere, come *Alnus* spp., *Betula* spp. e *Populus* spp. possono stabilire una biforcazione alta anche in un ambiente aperto). Nelle città, nei parchi o lungo le strade, gli alberi mostrano spesso un lungo tronco anche se crescono in un ambiente aperto. Questo aspetto di albero della foresta è artificiale, a causa della frequente rimozione di rami bassi fin dalla tenera età per lasciare un passaggio abbastanza alto per i veicoli. Questo effetto di bosco denso simulato, attraverso la potatura, spesso costringe gli alberi formare una forcilla principale molto più alta.

La chioma di una latifolia che si sviluppa attraverso una strategia di reiterazione presenta una serie di forcille principali lungo le branche principali strutturali. Queste sono il risultato di successive reiterazioni dell'unità architettonica iniziale (il giovane albero). Ogni biforcazione principale segna il passaggio da una reiterazione alla successiva in ondate sequenziali che rappresentano i marcatori di sviluppo. In assenza di reiterazione, la chioma dell'albero non è ancora formata, l'albero rimane giovane. La crescita annuale in altezza aumenta durante la fase giovanile e raggiunge (in un bosco) un allungamento massimo poco prima della formazione della prima forcilla principale.

Da 1 a 4 ondate successive di reiterazioni, le branche principali strutturali esplorano lo spazio, l'albero è adulto. Durante la fase adulta, la crescita annuale in altezza diminuisce, mentre la crescita annuale dell'area della sezione trasversale aumenta.

Da 5 a 10 ondate successive di reiterazioni, la chioma raggiunge la sua massima estensione, l'albero è maturo. La crescita annuale dell'area della sezione

trasversale è quindi massima così come l'area fogliare. Oltre 10 reiterazioni, l'albero entra nella fase di senescenza.

Sorprendentemente, queste soglie variano poco da una specie all'altra (NICOLINI *et al.*, 2001; DRÉNOU e CARAGLIO, 2019). Le biforcazioni principali si trovano anche nelle conifere, nelle specie che costruiscono il loro chiome per reiterazione (tra cui *Ginkgo biloba*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* e *Taxus baccata*). Altre specie, sviluppandosi per gigantismo (cioè senza reiterazione dell'unità architettonica iniziale) non formano forcille principali (ad es., ma non solo: *Araucaria* spp., *Picea* spp., *Pseudotsuga* spp. e *Sequoia sempervirens*). Alcune conifere che adottano una strategia di gigantismo, compiuta la fase di allungamento, modificano la loro architettura. Alcune specie producono più serie di forcille ravvicinate nella loro parte superiore (ad es. *Abies* spp. ed altre) (EDELIN, 1977); altre (tra cui *Pinus nigra* v. *laricio*, *P. sylvestris* e *P. uncinata*) formano una "tavola" per incurvamento terminale del fusto.

Biforcazioni ricorrenti

Alcune specie sono costituite interamente da assi plagiotropi inclinati (con un orientamento di crescita orizzontale e simmetria bilaterale) di cui solo la parte basale è più o meno eretta.

Ogni modulo inclinato è inserito nella zona di curvatura del precedente asse e con esso forma una biforcazione ricorrente. Solo la base verticale dell'asse è perenne e partecipa alla formazione del tronco, mentre la parte orizzontale assume il ruolo di ramo. Questa modalità di sviluppo è caratteristica del modello architettonico di Troll. Sembra essere la modalità più frequente nelle specie legnose sia tropicali che temperate, pressoché prevalente nella famiglia delle *Fabaceae* (*Leguminosae*; ad es. *Cercis*

siliquastrum, *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudoacacia* e altre specie) (BARTHÉLÉMY *et al.*, 1989). Anche nella famiglia *Ulmaceae* (tra cui *Celtis* spp., *Ulmus* spp., *Zelkova serrata*), la formazione del tronco è caratterizzata dal ripetersi di biforcazioni sovrapposte l'una sull'altra (FIGURA 7).

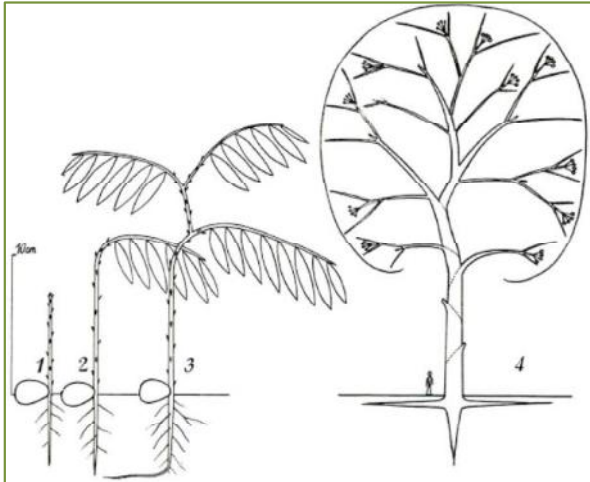


Figura 7 - Biforcazioni ricorrenti come risultato di assi plagiotropici incurvati sovrapposti. 1. Germinazione; 2. Prima differenziazione plagiotropica; 3. Moduli sovrapposti successivi; 4. Albero adulto (*Parinari excelsa* Sabine). Modello architettonico di Troll - Illustrazione tratta da HALLÉ e OLDEMAN (1970, 1975).

In alcune specie non appartenenti al modello architettonico di Troll (ad es. *Quercus robur*, *Quercus petraea*, *Quercus pubescens*), il fusto viene costruito tramite una serie di biforcazioni endogene ricorrenti. Come risultato dell'effetto combinato di crescita simpodiale e debole dominanza apicale: l'aborto della gemma terminale è annuale e ogni volta, diversi assi laterali obliqui si sviluppano formando una biforcazione ricorrente dove gli assi assurgenti esplorano lo spazio. Queste biforcazioni temporanee ricorrenti vengono spesso riassorbite entro due o tre anni dopo la loro comparsa. Uno degli assi assurgenti acquisisce una dominanza sugli altri, si raddrizza e favorisce la costruzione del tronco.

Le biforcazioni ricorrenti danno grande plasticità architettonica ai giovani alberi che, in base alle perturbazioni subite, possono deformarsi alla ricerca della luce, per aggirare un ostacolo, sacrificando parzialmente un asse sottoponendosi a sostituzione da parte di un asse sottostante. Le biforcazioni ricorrenti, riassorbite nel tempo, producono un fusto inizialmente tortuoso che può diventare, in molti casi, perfettamente dritto con l'aumentare della circonferenza.

Forcelle di attesa (standby)

In un ambiente forestale, non è raro incontrare giovani alberi biforcati (di altezza approssimativamente inferiore a 6 metri), che assumono portamento arbustivo o che formano una "tavola". Solitamente tali alberi crescono in condizioni di luce sfavorevoli, soprattutto in boschi fitti e "attendono" che il loro ambiente migliori.

Ad esempio, in *Castanea sativa*, in un ambiente ottimale, l'asse derivante dal seme costruisce sin dall'inizio un tronco con rami chiaramente differenziati. D'altra parte, quando i livelli di luce sono bassi, il giovane albero forma una serie di biforcazioni abbassate, senza dominanza apicale. Rimane in attesa di recuperare abbastanza vitalità e ricorre alle sue gemme latenti o, meno frequentemente, ai suoi germogli annuali e poi riprende il suo sviluppo. A volte, quando le risorse di luce sono insufficienti, i nuovi germogli formati ricadono dopo pochi anni in un sistema secondario di forcelle d'attesa. Alcuni esemplari possono rimanere irrimediabilmente "bloccati" in un tale ciclo.

Quando la luce è troppo debole, anche *Fagus sylvatica* si sviluppa in un modo peculiare. L'albero è sottile, eretto, praticamente senza rami e mostra una piccola chioma piatta, come risultato della parte terminale ricadente del tronco

e dell'ultimo asse laterale formato. Come nel caso di *Castanea sativa*, anche in *Fagus sylvatica* questa forcella di attesa può essere riassorbita se le risorse di luce migliorano, per esempio passando da una fitta foresta a una foresta diradata (NICOLINI e CARAGLIO, 1994). Nessuno degli esempi precedenti è un caso isolato. Molte specie, tra cui *Quercus ilex*, *Quercus petraea*, *Quercus robur* e persino conifere, come *Cedrus* spp. e *Pinus* spp. possono produrre forcelle di attesa (SABATIER e BARTHÉLÉMY, 1995).

Forcelle accidentali

Durante lo sviluppo di un albero, molti fattori possono danneggiare l'apice principale, come roditori, cervi, uccelli, insetti, perturbazioni climatiche (gelo, vento, siccità) e altri fattori. L'albero cerca di ripristinare la parte mancante, ma questa rigenerazione non è sempre immediata e impeccabile.

Possono essere osservati due tipi di reazione: il raddrizzamento di rami laterali vicino alla cima danneggiata del "leader", o la formazione, da gemme latenti, di uno o più nuovi assi con un orientamento di crescita verticale. In entrambi i casi, il fusto mostrerà una deviazione "a baionetta" se viene prodotto un singolo "leader" sostitutivo, o una biforcazione se due assi acquisiscono uno sviluppo equivalente.

Il riassorbimento di una biforcazione accidentale da parte di uno dei germogli, che si raddrizza e diviene dominante, dipende da diversi fattori.

Entità dei fattori di disturbo

Su un albero giovane e vigoroso, ad esempio, quanto maggiore è la proporzione del trauma, tanto più forte è la reazione, quindi maggiore il numero di getti epicormici e più probabile una maggiore longevità della forcella accidentale.

Stadio di sviluppo e stato fisiologico

Quando si verifica un trauma in un albero vetusto, spesso tre o quattro assi assumeranno il ruolo di continuazione del tronco; tuttavia, nessuno di essi può riuscire a dominare gli altri. Questo si verifica frequentemente con *Cedrus* spp., *Pinus nigra* v. *laricio*, *Pinus pinaster* e *Pseudotsuga menziesii*. Allo stesso modo, biforcazioni accidentali formate su alberi con processi di decadimento tenderanno a diventare perenni (LOUP, 1990; DRÉNOU, 1994; BASTIEN *et al.*, 1995).

Architettura dell'albero

Il funzionamento strettamente monopodiale di alcune specie spiega in parte la loro difficoltà nel riassorbire le forcelle accidentali formatesi sul germoglio principale. Nel caso di specie come *Fraxinus excelsior* e *Prunus avium*, alcune biforcazioni accidentali possono essere riassorbite ma spesso altre rimarranno (ARMAND, 1995; DUFLLOT, 1995).

Specie

Negli alberi con gemme opposte (ad esempio *Acer* spp., *Aesculus* spp., *Fraxinus* spp.), i getti sostitutivi del fusto indotti da incidenti emergono tipicamente a coppie, formando forcelle difficili da riassorbire (FIGURA 8).

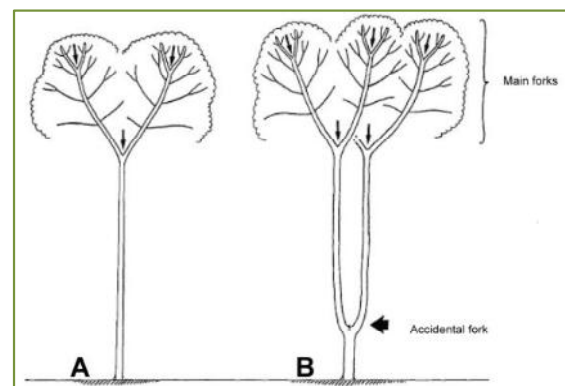


Figura 8 - Contrariamente all'albero a sinistra (A), l'albero a destra (B) ha formato una forcella accidentale perenne prima di subire la metamorfosi architetturale (DRÉNOU, 1996, 2000).

Approccio biomeccanico alle biforcazioni con corteccia inclusa

Tra i suddetti tipi di forcelle, le forcelle accidentali sono quelle con maggiori probabilità di sviluppare corteccia inclusa, rendendole suscettibili di cedimento. Ciò è ben noto tra i professionisti e le inclusioni di corteccia sono considerate meccanicamente deboli e quindi è indesiderabile che si sviluppino nella struttura di un albero ornamentale.

Tuttavia, questa non dovrebbe essere considerata una regola, poiché in molti casi le biforcazioni con corteccia inclusa possono compensare la loro iniziale mancanza di legno ascellare rinforzando l'inserzione con rigonfiamenti.

Alcune specie sono più inclini di altre a produrre biforcazioni con corteccia inclusa: ad es. *Fagus sylvatica*, *Populus* spp., *Robinia pseudoacacia*, *Salix* spp., *Tilia tomentosa*. Eppure, queste specie riescono a formare alberi grandi e robusti nonostante questa tendenza. Dopotutto, alcune biforcazioni con corteccia inclusa potrebbero essere veramente deboli come noi tendiamo a pensare?

Le biforcazioni con corteccia inclusa si formano spesso a causa della mancanza di un carico dinamico e statico adeguato. Slater (SLATER, 2018a) sottolinea il ruolo fondamentale che la meccanopercezione e la tigmomorfogenesi giocano nel rafforzare le giunzioni formate negli alberi. Il termine tigmomorfogenesi è stato coniato da JAFFE (1973), derivandolo dal termine greco "thigmo", che significa tocco, in riferimento alla risposta delle piante a stimoli meccanici.

La ricerca su meccanopercezione e tigmomorfogenesi sia in biomeccanica, sia in meccanobiologia (MOULIA, 2013) può sembrare una novità in arboricoltura, eppure più di 200 anni fa, nel 1801, Knight ha intrapreso una serie di esperimenti tutorando giovani alberi,

aprendo un ampio e affascinante campo di osservazione (KNIGHT, 1803). Le prime osservazioni sulla dannosa mancanza di reazione nel legno degli alberi a causa del tutoraggio sono state segnalate da Knight: "il tutorare o stabilizzare con i fili tirantati il fusto di un albero può impedirne l'ondeggiamento indotto dal vento ed elimina la risposta tigmomorfogenetica nel fusto" (TELEWSKI, 2012; riferimento alla ricerca di Knight).

Le osservazioni di Knight furono seguite nel corso dei secoli successivi da una pleora di esperimenti di ricerca sulla meccanopercezione, sollecitando artificialmente gli assi e inducendo reazioni nelle piante di tipo tigmomorfogenetico. Ulteriori osservazioni sulla tigmomorfogenesi indotta dal vento sono state delineate da Metzger nel 1893, le cui interpretazioni matematiche si sono evolute nell' "assioma dello stress uniforme" o "assioma della tensione costante", attualmente molto dibattuto (METZGER, 1893; MATTHECK e BRELOER, 1994b; MATTHECK, 1997, 1998; NIKLAS e SPATZ, 2000; SLATER, 2016a).

Prima di Knight e Metzger, oltre 300 anni prima della nostra era comune, Teofrasto "il padre della botanica" aveva già identificato la tigmomorfogenesi. Ha osservato che gli alberi soggetti a venti costanti mostravano una crescita stentata, mentre gli alberi crescendo in ambienti senza vento diventavano più alti (Telewski, 2012; SLATER, 2016a). Oggi sappiamo che anche rametti e ramoscelli fini svolgono un ruolo cruciale nello smorzamento delle oscillazioni indotte dal vento, dissipando l'energia del vento e portando stimoli meccanosensoriali significativi, innescando la necessaria risposta tigmomorfogenetica al fine di rafforzare le giunzioni dei rami (FOURNIER *et al.*, 2015).

Secondo recenti ricerche, le cortecce incluse spesso non hanno origini indipendenti, ma sono indotte da una

mancanza di oscillazione e carico meccanico all'inserzione, portando a una mancanza di risposta tigmomorfofenetica (SLATER, 2016b). Questa situazione si verifica quando gli elementi di una inserzione sono vincolati da "rinforzi" naturali di diverse forme (TABELLA 1).



Figura 9 - Tre tipi comuni di "rinforzi" naturali responsabili della formazione di biforcazioni con corteccia inclusa. A. Rami e steli saldati (anastomosi); B. Incrocio di rami; C. Ramo di sfregamento sul tronco (POWER, 2016).

Tabella 1 - Associazione tra "rinforzi" naturali e sviluppo di giunzioni con corteccia inclusa negli alberi. Analisi dei dati da un sondaggio di latifoglie (SLATER, 2016a).

	Biforcazione senza corteccia inclusa	Biforcazione con corteccia inclusa
Con rinforzo naturale	15 (5%)	232 (70%)
Senza rinforzo naturale	274 (95%)	100 (30%)
Totale	289	332

Attualmente esistono dieci diversi tipi di "tiranti" naturali di cui è riconosciuta la formazione negli alberi, responsabili della formazione di biforcazioni con corteccia inclusa e raccordi di rami: 1. Saldature di tronchi e rami (anastomosi); 2. tronchi intrecciati; 3. Rami intrecciati; 4. Rami incrociati; 5. Strofinamento di un ramo sul tronco; 6. Rametti mescolati; 7. Appoggio di tronchi o rami; 8. Specie rampicanti come rinforzi naturali; 9. Rinforzi complessi (con oggetti o alberi adiacenti); 10. Radici aeree (SLATER, 2016b, 2018a).

La FIGURA 9 illustra tre tipi di esempio di rinforzo naturale posto sopra una biforcazione con corteccia inclusa.

In un esperimento in corso al Myerscough College, Regno Unito, siamo stati in grado di produrre inclusioni di corteccia nel giovane *Populus tremula* usando il filo orticolo, rinforzando dozzine di giunzioni di rami, dimostrando che tale rinforzo statico può causare la formazione di corteccia inclusa (FIGURA 10).



Figura 10 - Corteccia inclusa indotta in giovane pioppo utilizzando un rinforzo artificiale (filo per orticoltura) (SLATER, 2018a).

Questa nuova ricerca dimostra che in caso di perdita di un rinforzo naturale, la risposta tigmomorfofenetica porta alla formazione di rigonfiamenti alla base della corteccia inclusa che, se il processo non fallisce, rinforza l'inserzione (FIGURA 11). Inizialmente possono essere vulnerabili, soggetti a cedimenti, ma man mano che questi rigonfiamenti crescono, la forza, la solidità e la stabilità nell'inserzione tipicamente aumentano. Questa scoperta va decisamente contro la vecchia "regola", secondo cui se un'inserzione con corteccia inclusa ha "orecchie grandi" o è sostanzialmente rigonfia, allora deve essere in uno stato pericoloso. Piuttosto, quando vengono esaminati, questi rigonfiamenti sono formati da una fitta venatura di legno intrecciato e possono essere considerati come una crescita compensativa, o una forma di "riparazione" formata attorno a

una biforcazione indebolita da corteccia inclusa.

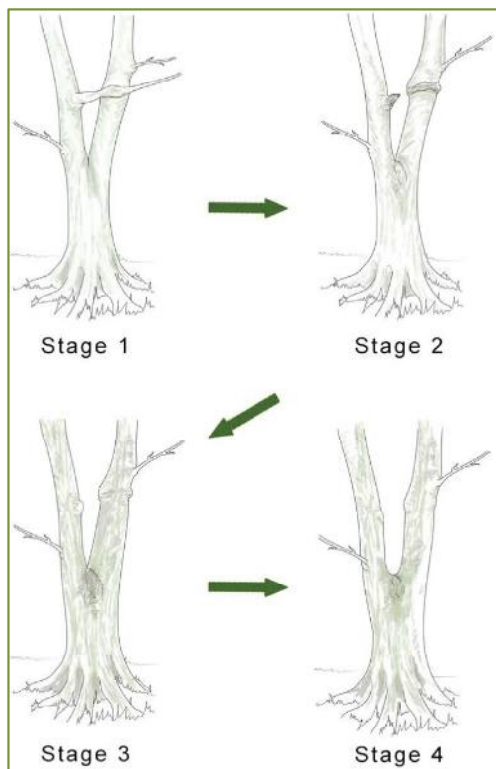


Figura 11 - Resilienza della biforcazione con corteccia inclusa, dopo la perdita di un rinforzo naturale. Fase 1: rinforzo naturale; Fase 2: rinforzo naturale perso; Fase 3: Riparazione di giunzioni; Fase 4: forza, solidità e stabilità. Riparazione completata (POWER, 2016).

Quante decine di migliaia di alberi sono stati abbattuti a causa di questa vecchia "regola" secondo la quale i grandi rigonfiamenti alle forcelle degli alberi sono dannosi, quando non c'erano prove scientifiche che dimostrassero un aumento del rischio? La metodologia *Visual Tree Assessment* (VTA) ideata da Mattheck e Breloer (MATTHECK e BRELOER, 1994a) specifica che i rigonfiamenti acuti e appuntiti, denominati "orecchie grandi", rendono l'inserzione più debole mentre rigonfiamenti arrotondati, denominati "orecchie piccole", sono più sicuri, ma comunque tutti i rigonfiamenti sono considerati un fattore di indebolimento, che implica una fessura trasversale, in modo significativo e più pronunciato nei rigonfiamenti "a grandi orecchie".

Un altro errore comune nell'interpretazione di queste sezioni trasversali è quello di ignorare il fatto che una biforcazione di un albero è una struttura 3D e l'apice della biforcazione si alza nel tempo a causa dell'ispessimento secondario. Il legno che chiude l'inclusione della corteccia proviene dal rigonfiamento che si verifica alla base della corteccia inclusa e si ispessisce sia verso l'alto che verso l'esterno, non solo verso l'esterno. Inoltre, il modello di "forcilla di compressione" (o "biforcazione a compressione") applicato alle biforcazioni con corteccia inclusa, come proposto da MATTHECK (MATTHECK e BRELOER, 1994b; MATTHECK, 1991, 1998; MATTHECK e VORBERG, 1991), secondo cui l'incremento di crescita secondaria sugli assi assurgenti esercita una pressione l'una contro l'altra, non si accorda con le più recenti scoperte sul rinforzo naturale. Non esiste una tale crescita incrementale interna nel punto dove avviene il contatto corteccia su corteccia. Si verifica, invece, un ulteriore ispessimento secondario intorno all'inclusione della corteccia (non causato da fusti che spingono senza fine l'uno contro l'altro), su entrambi i lati della corteccia inclusa (FIGURA 12).



Figura 12 - Sezione trasversale che fornisce un'utile evidenza che dove la corteccia incontra la corteccia, all'interno delle biforcazioni con corteccia inclusa (in questo caso, in *Fraxinus excelsior*), l'attività cambiale cessa in quella zona, i due cambi si fondono (esternamente all'inclusione, n.d.t.) e la crescita secondaria inizia a ricoprire l'inclusione di corteccia (RESTREPO, 2020).

Sintesi

La forcilla è un elemento caratteristico degli alberi. Può essere studiata secondo varie discipline scientifiche: fisiologia (funzioni delle biforcazioni), architettura (dinamica della comparsa), anatomia (analisi del legno), biomeccanica (oscillazioni indotte dal vento, carichi meccanici dinamici e statici) ed ecologia (effetti delle risorse, traumi). Sebbene l'attuale classificazione sia limitata alle biforcazioni che si formano sul tronco, anche rami laterali e principali branche strutturali della chioma di un albero spesso formano biforcazioni. Le seguenti sei rappresentazioni forniscono una sintesi dei tipi più comuni di biforcazioni precedentemente esaminati. Tuttavia, non può essere esclusa l'esistenza di biforcazioni atipiche. Ad esempio, un semplice germoglio sostitutivo vigoroso adattativo o anche una temporanea perdita di dominanza apicale possono indurre una biforcazione e portare alla poliarchia (FIGURE 13-18).

Gestione pratica delle biforcazioni

Queste nuove scoperte sulle biforcazioni ci costringono a rivedere le nostre attuali pratiche di potatura degli alberi, di valutazione del rischio, di cablaggio e consolidamento (TABELLA 2).

Per quanto riguarda la potatura di formazione, non dobbiamo affrettarci a intervenire per sbarazzarci compulsivamente delle biforcazioni. A seconda della specie può trattarsi di una biforcazione ricorrente o di una biforcazione principale. È bene lasciare le forcille ricorrenti. Interferire con questa modalità di sviluppo provoca un'interruzione del funzionamento che l'albero cercherà di ristabilire. Sebbene queste biforcazioni vengano riassorbite naturalmente nel tempo, fattori esogeni possono indurre una biforcazione ricorrente a persistere e diventare perenne. In quest'ultimo caso, o

nel caso di una biforcazione principale, se l'altezza che la biforcazione ha stabilito è sufficiente per il nostro scopo, spesso non è necessario intervenire.

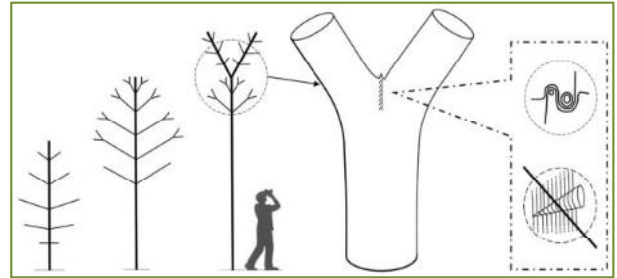


Figura 13 - Una biforcazione principale è il risultato della reiterazione totale dell'unità architettonica (estrema sinistra) durante la fase giovanile. La prima forcilla principale indica la fine della costruzione del tronco ed è preceduta da forcille laterali che si formano sui rami laterali più alti. Le seguenti biforcazioni principali (non mostrate in figura) sono il fulcro della costruzione dell'intera chioma. Gli elementi di una biforcazione principale non presentano un cono di inserimento nel tronco ma sono legati tra loro con legno ascellare forte e solido sotto la cresta della corteccia (inserti a destra) (DRÉNOU, 2020).

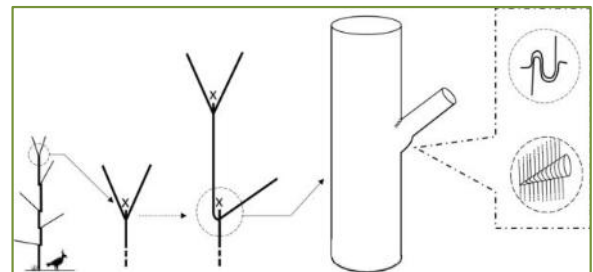


Figura 14 - Le biforcazioni ricorrenti sono il risultato di modalità di sviluppo specifiche di alcune specie (moduli pendenti sovrapposti, Figura 7 oppure, come qui mostrato, aborto ritmico del germoglio terminale con debole dominanza apicale). Le biforcazioni ricorrenti vengono spesso riassorbite entro due a tre anni, un elemento di biforcazione assume il compito della costruzione del tronco (dettagli in figura), mentre l'altro (gli altri) diventa un ramo che mostra un cono di inserzione e legno ascellare (inserti a destra) (DRÉNOU, 2020).

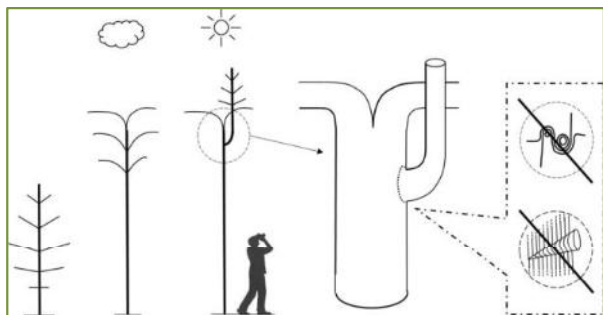


Figura 15 - Quando le condizioni di crescita sono sfavorevoli, specialmente quando la luce è insufficiente, il fusto si incurva e forma una biforcazione con un lato a ramo per aumentare l'area fotosintetica. È un atteggiamento di "attesa" che si traduce in una "biforcazione di attesa". Quando le risorse di luce migliorano, le forcelle di attesa vengono spesso riassorbite, di solito tramite l'emergere di un germoglio epicormico (vedere i dettagli nella figura). Quest'ultimo, a differenza di un ramo, è inizialmente attaccato debolmente al tronco, senza cono di inserzione né legno ascellare (inserti a destra). Con l'eventuale aumento della crescita secondaria e un'adeguata formazione di legno ascellare, l'inserzione di un germoglio epicormico può diventare forte in flessione come quella di un ramo regolare. A seconda delle condizioni di illuminazione, soprattutto in una foresta dove prevalgano le alternanze competizione/diradamento, un giovane albero può formare diverse biforcazioni di attesa durante il suo sviluppo (DRÉNOU, 2020).

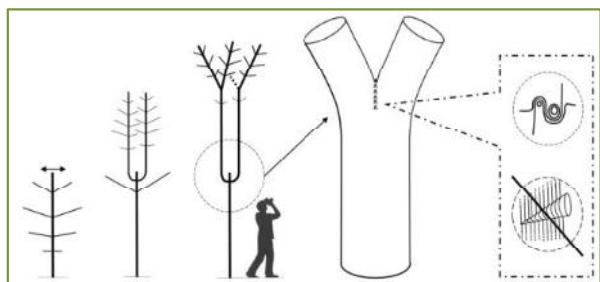


Figura 16 - Una biforcazione accidentale è il risultato di un trauma che si è verificato sulla cima del giovane tronco (freccia a doppia punta all'estrema sinistra). Gli elementi di queste biforcazioni sono generalmente molto vicini tra loro a causa della loro verticalità acuta e del loro inserimento ad angolo acuto (ognuno "cerca" di diventare il leader). Senza rinforzi naturali, una biforcazione accidentale è forte, solida e stabile come una biforcazione principale (senza coni di inserimento ma forte e solido legno ascellare. Vedi inserti all'estrema destra) (DRÉNOU, 2020).

Tabella 2 - Consigli pratici per la gestione delle biforcazioni.

Tipi di biforcazione	Potatura
Biforcazione principale	Potatura di formazione adatta a ottenere un tronco più dritto (se si vuole)
Biforcazione ricorrente	Rimuovere un elemento della biforcazione è inappropriato. Lasciare che l'albero "decida" quale germoglio diventerà il fusto. Intervenire solo se la biforcazione ricorrente sembra persi stare oltre tre anni di esistenza al di sotto dell'altezza del tronco desiderata
Biforcazione d'attesa (standby)	La potatura è dannosa (mancanza di risorse)
Biforcazione accidentale senza rinforzo naturale	Potatura di formazione adatta se si vuole ottenere un tronco più dritto
Biforcazione accidentale con rinforzo naturale	La rimozione di un elemento della biforcazione può essere appropriata nelle prime fasi di sviluppo. Se la biforcazione è vecchia, non rimuovere i rinforzi naturali per partito preso, poiché ciò potrebbe causare un acciamento
Biforcazione accidentale a seguito di perdita di rinforzi naturali	Necessaria valutazione del rischio

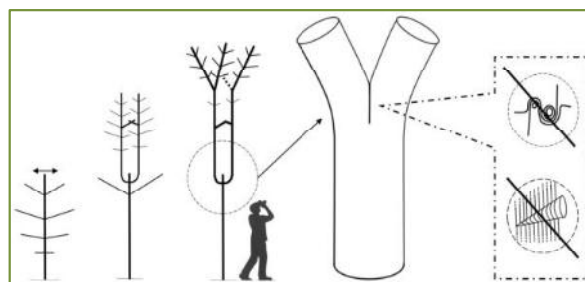


Figura 17 - La probabilità di sviluppare la corteccia inclusa è alta nelle biforcazioni accidentali con rinforzi naturali (vedere i rami incrociati sopra la biforcazione in figura). In questi casi, la debolezza della biforcazione (assenza di legno ascellare, nessun cono di inserzione come mostrato dagli inserti) può talvolta essere compensata dalla resistenza del rinforzo naturale (DRÉNOU, 2020).

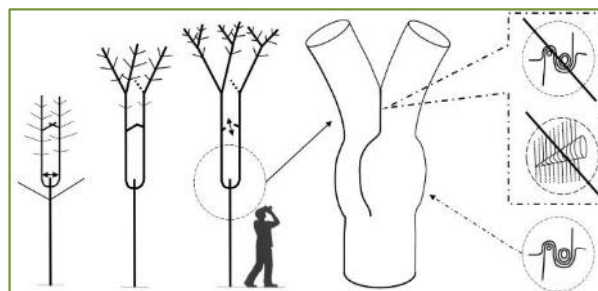


Figura 18 - In caso di perdita di rinforzi naturali (freccia verticale tra due rami sopra la forcella cerchiata in figura), una biforcazione accidentale con corteccia inclusa è inizialmente particolarmente debole. Con il tempo, questo tipo di biforcazione, se non si guasta prima, rafforza il suo incrocio nel tempo attraverso un processo tigmomorfogenetico e forma un rigonfiamento di rinforzo, noto anche come "grandi orecchie", il rigonfiamento costituito da legno ascellare forte (inserto in basso a destra) (DRÉNOU, 2020)

Anche se una biforcazione di attesa è associata a scarsa luminosità, una forte crisi dovuta al trapianto può indurre la formazione di una forcilla d'attesa anche in condizioni di piena luce. Ogni eventuale intervento di potatura in questa situazione di "attesa" è probabilmente dannoso all'albero.

Le biforcazioni accidentali non sono necessariamente inferiori alle altre biforcazioni, sebbene possano avere una maggiore probabilità di generare corteccia inclusa a causa della verticalità degli assi ascendenti e dell'angolo acuto della biforcazione. In questo caso, gli assi derivanti sono notevolmente vicini gli uni agli altri, rendendo questa forma di crescita altamente suscettibile allo sviluppo di rinforzi naturali. Quindi, compromettendo la tigmomorfogenesi che genera il rinforzo del legno ascellare alla forcilla.

Le biforcazioni principali, ricorrenti o di attesa, invece, hanno meno possibilità di generare corteccia inclusa, poiché entrambi gli assi derivanti da una biforcazione esplorano, indipendentemente, lo spazio laterale da verticale a obliquo, generalmente senza conflitto né competizione. In questo caso, gli assi nascenti condividono l'estensione della dominanza apicale invece di contenderla, e la possibilità della formazione di rinforzi naturali è notevolmente inferiore, poiché entrambi gli assi emergenti sono notevolmente più distanti tra loro, a differenza di quelli formati in corrispondenza di biforcazioni accidentali.

Se una biforcazione con corteccia inclusa perde il suo rinforzo naturale, il che può verificarsi per una serie di motivi (ad es. potatura artificiale o naturale, mortalità, rottura accidentale, ecc.), una valutazione del rischio dovrebbe identificare questa struttura indebolita e determinare una linea di condotta adeguata. A tal fine, è necessario considerare una serie di

domande: da quanto tempo è assente il rinforzo naturale? C'è stata una recente formazione di legno ascellare? Dobbiamo compensare il rinforzo naturale mancante installando consolidamenti dinamici?

Possiamo intervenire potando o rimuovendo rami al di sopra di una forcilla predisposta a formare rinforzi naturali, e monitorare l'evoluzione futura con ispezioni periodiche. Questo farà in modo che gli assi che sorgono non saranno trattenuti e potranno continuare a "fare esercizio" stimolando così la crescita del legno ascellare alla biforcazione. Inoltre, se ci sono già biforcazioni con corteccia inclusa nella struttura principale, possiamo certamente intervenire sull'albero ancora giovane e gestirli, anticipando future complicazioni. Tuttavia, durante la potatura di alberi adulti e maturi che hanno già sviluppato una biforcazione significativa con corteccia inclusa, se siamo in presenza di rinforzi naturali sopra la forcilla, può essere disastroso intervenire rimuovendole. Questa azione renderebbe una biforcazione indebolita vulnerabile al cedimento senza avere la forza di sopportare carichi di vento tipici.

Una delle prime "regole" che imparano gli arboricoltori che si arrampicano sugli alberi da potare consiste nell'eliminare i rami incrociati e sfreganti (strutture che spesso fungono da controventi naturali). Una potatura di formazione può ridurre la possibilità che un albero sviluppi giunzioni con corteccia inclusa; tuttavia, negli alberi adulti e maturi, questa abitudine può rendere le giunzioni sempre più inclini al cedimento se c'è corteccia inclusa nell'inserzione sotto il rinforzo naturale che è stato rimosso. Sarebbe pertinente eseguire regolarmente sopralluoghi sugli alberi per individuare precocemente la formazione di rinforzi naturali e anche per intervenire proattivamente su assi troppo ravvicinati

gli uni agli altri, al fine di far crescere alberi meno inclini alla formazione di rinforzi naturali e quindi con una minore probabilità di sviluppare giunzioni con corteccia inclusa.

Per quanto riguarda la pratica del “consolidamento” degli alberi, se si considerare la comprovata influenza dei rinforzi naturali nella formazione di giunzioni con corteccia inclusa, il posizionamento di consolidamenti statici al fine di “consolidare” gli assi ha un effetto simile al rinforzo naturale. Ciò può compromettere notevolmente la capacità dell’albero di smorzare le oscillazioni e dissipare l’energia eolica, che è lo stimolo meccanico tanto necessario per innescare una risposta tigmomorfofenetica adeguata a rinforzare le giunzioni con la formazione del legno ascellare. È considerato preferibile posizionare consolidamenti dinamici in modo lasco sugli alberi che necessitano di tali protezioni.

Analogamente ai rinforzi naturali, quando tronchi adiacenti affrontano venti dominanti, possono formare una barriera frangivento naturale per altri tronchi, impedendo un adeguato “esercizio” delle biforcazioni indotto dal vento. Si dovrebbe prestare particolare attenzione alla rimozione di tali frangivento naturali, che può alterare l’esposizione al vento e causare forze di esercizio insolite su biforcazioni “non allenate”. Un cambiamento improvviso nel livello di esposizione al vento dell’albero farà aumentare anche (almeno temporaneamente) la probabilità che cedano altre forcelle, rami, tronco o radici. Nonostante gli alberi possano soccombere a forze del vento insolite provenienti da direzioni imprevedibili durante una tempesta, i venti dominanti regolari e costanti li rendono forti, solidi e stabili (DRÉNOU, 2019; KRAMER e BORKOWSKI, 2004; HALLÉ e OLDEMAN, 1970, 1974), rinforzando il

loro colletto radicale e le loro giunzioni attraverso la tigmomorfofenesi.

Se ci riferiamo alla ricerca di KNIGHT (1803), che segna un punto di partenza di riferimento per l’attuale approccio anatomico e biomeccanico alle forcelle degli alberi, precedentemente descritto, giovani alberi trapiantati che siano tutorati troppo in alto subiscono effetti simili a quelli degli alberi con rinforzo naturale. Più in basso è tutorato l’albero, meglio può oscillare il fusto.

È meglio non picchettare o tutorare l’albero con un sistema di sostegno rigido allo scopo di ridurre il più possibile il movimento naturale del tronco. Allo stesso modo, se si desidera che si sviluppi una biforcazione forte, l’albero ha bisogno di sperimentare un carico non ridotto e regolare.

BIBLIOGRAFIA CITATA

- ARMAND G. (1995). *Feuillus précieux*. IDF, Paris, France, 112.
- ASSMANN E. (1970). *The principles of forest yield study*. Pergamon Press.
- BARTHÉLÉMY D., SABATIER S., PASCAL O. (1995). *Le développement architectural du noyer commun*. *Forêt Entreprise* 103: 61-68.
- BARTHÉLÉMY D., EDELIN C., HALLÉ F. (1989). *Architectural concepts for tropical trees*. In: LB Holm- Nielsen, IC Nielsen et H Balslev, *Tropical forests. Botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, London.
- BASTIEN C., BASTIEN J.C., BUJON E. (1995). *Recherche de prédicteurs précoces de la fourchaison chez le Douglas*. In: J. BOUCHON, *Architecture des arbres fruitiers et forestiers, les colloques INRA*, No 74, 297-303.
- BROWN C.L., MCALPINE R.G., KORMANIK P.P. (1967). *Apical dominance and form in woody plants: A reappraisal*. *American Journal of Botany* 54: 153-162.

- BROWN C.L. (1971). Growth and Form, Ch. III. In: ZIMMERMAN M.H., BROWN C.L. Trees: Structure and function. Springer-Verlag, New York, USA.
- DRÉNOU C. (1994). Approche architecturale de la sénescence des arbres. Le cas de quelques angiospermes tempérées et boréales. Thèse, Université de Montpellier II, Montpellier.
- DRÉNOU C. (1996). Les fourches: Un problème de taille. *Forêt Entreprise* 108: 43-47.
- DRÉNOU C. (2019). Face aux arbres: Apprendre à les observer pour les comprendre. Les Éditions Ulmer, Paris.
- DRÉNOU C., CARAGLIO Y. (2019). Parlez-vous Archi: les principales définitions de la méthode Archi. *Forêt Entreprise* 246: 28-35.
- DUFLOT H. (1995). Le frêne en liberté. IDF, Paris, France. 192.
- EDELIN C. (1977). Images de l'architecture des conifères. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- EDELIN C. (1984). L'architecture monopodiale. L'exemple de quelques arbres d'Asie tropicale. Thèse, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- FOURNIER M., BONNESOEUR V., DELEUZE C., et al. (2015). Pas de vent, pas de bois. L'apport de la biomécanique des arbres pour comprendre la croissance puis la vulnérabilité aux vents forts des peuplements forestiers. *Revue Forestière Française*.
- GOETHE J.W. VON (1790). The metamorphosis of plants. MIT Press.
- HALLÉ F., NG F.S.P. (1981). Crown construction in mature Dipterocarp trees. *Malaysian Forester* 44: 222-233.
- HALLÉ F., OLDEMAN R.A.A. (1970). Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux. Masson et Cie, Paris.
- HALLÉ F., OLDEMAN R.A.A. (1975). An essay on the architecture and dynamics of growth of tropical trees. Kuala Lumpur: Penerbit Universiti Malaya.
- JAFFE M.J. (1973). Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation. *Planta* 114: 143-157.
- JAFFE M.J., FORBES S. (1993). Thigmomorphogenesis: The effect of mechanical perturbation on plants. *Plant Growth Regulation* 12: 313-324.
- KNIGHT T.A. (1803). XI. Account of some experiments on the descent of the sap in trees. In a letter from Thomas Andrew Knight, Esq. to the Right Hon. Sir Joseph Banks, Bart. KBPR S. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 277-289.
- KOZLOWSKI T.T. (1964). Shoot growth in woody plants. *The Botanical Review* 30: 335-392.
- KOZLOWSKI T.T. (1971). Growth and development of trees; Vol 1. Seed Germination, Ontogeny and Shoot Growth.
- KRAFT G. (1884). Beiträge zur lehre von den durchforstungen, schlagstellungen und lichtungshieben. Klindworth.
- KRAMER E.M., BORKOWSKI M.H. (2004). Wood grain patterns at branch junctions: modeling and implications. *Trees* 18: 493-500.
- LILLY S.J. (2010). Arborists' certification study guide. International Society of Arboriculture, Champaign, IL.
- LOUP C. (1990). Le développement architectural du pin maritime. In: CR Sém. ASMA, Montpellier, février, 35-54.
- MATHENY N.P., CLARK J.R. (1994). A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas. International Society of Arboriculture, USA.
- MATTHECK C. (1991). Trees: The mechanical design. Springer Science & Business Media.

- MATTHECK C. (1997). Wood - the internal optimization of trees. Springer, Berlin Heidelberg, New York.
- MATTHECK C. (1998). Design in nature - learning from trees. Springer, Berlin Heidelberg, New York.
- MATTHECK C., BRELOER H. (1994a). Field guide for visual tree assessment (VTA). *Arboricultural Journal* 18: 1-23.
- MATTHECK C., BRELOER H. (1994b). The body language of trees: A handbook for failure analysis. HMSO Publications Centre.
- MATTHECK C., VORBERG U. (1991). The biomechanics of tree fork design. *Botanica Acta* 104: 399-404.
- METZGER K. (1893). Der Wind als maßgeblicher Faktor für das Wachstum der Bäume. *Mind Forst Heft* 3: 35-86.
- MOULIA B. (2013). Plant biomechanics and mechanobiology are convergent paths to flourishing interdisciplinary research. *Journal of Experimental Botany* 64: 4617-4633.
- NEELY D. (1991). Water transport at stem-branch junctures in woody angiosperms. *J. Arboric.* 17: 285-290.
- NICOLINI E. (1997). Approche morphologique du développement du hêtre (*Fagus sylvatica* L.). Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier.
- NICOLINI E., CARAGLIO Y. (1994). L'influence de divers caractères architecturaux sur l'apparition de la fourche chez le hêtre, en fonction de l'absence ou de la présence d'un couvert. In: J. BOUCHON, Architecture des arbres fruitiers et forestiers, les colloques INRA, No. 74, 273-287.
- NICOLINI E., CHANSON B., BONNE F. (2001). Stem growth and epicormic branch formation in understorey beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Annals of Botany* 87: 737-750.
- NIKLAS K.J., SPATZ H.C. (2000). Wind-induced stresses in cherry trees: Evidence against the hypothesis of constant stress levels. *Trees* 14: 230-237.
- PRIESTLEY J.H., SCOTT L.I. (1936). A note upon summer wood production in the tree. *Proc Leeds Phil Lit Soc* 3: 235-248.
- SABATIER S., BARTHÉLÉMY D. (1995). Architecture du cèdre de l'Atlas. In: J BOUCHON, Architecture des arbres fruitiers et forestiers, les colloques INRA, No 74, 157-173.
- SHIGO A.L. (1985). How tree branches are attached to trunks. *Canadian Journal of Botany* 63: 1391-1401.
- SLATER D. (2015). The anatomy and biomechanical properties of bifurcations in Hazel (*Corylus avellana* L.) (Doctoral thesis, The University of Manchester, United Kingdom).
- SLATER D. (2016a). An argument against the axiom of uniform stress being applicable to trees. *Arboricultural Journal* 38: 143-164.
- SLATER D. (2016b). Assessment of tree forks: Assessment of junctions for risk management. *Arboricultural Association*.
- SLATER D. (2018a). Natural bracing in trees: Management recommendations. *Arboricultural Journal* 40: 106-133.
- SLATER D. (2018b). The association between natural braces and the development of bark-included junctions in trees. *Arboricultural Journal* 40: 16-38.
- SLATER D., HARBINSON C. (2010). Towards a new model of branch attachment. *Arboricultural Journal* 33: 95-105.
- SLATER D., BRADLEY R.S., WITHERS P.J., et al. (2014). The anatomy and grain pattern in forks of hazel (*Corylus avellana* L.) and other tree species. *Trees* 28: 1437-1448.
- TELEWSKI F.W. (2012). Is windswept tree growth negative thigmotropism? *Plant Science* 184: 20-28.
- ZIMMERMAN M.H., BROWN C.L. (1971). Trees: Structure and function. Springer-Verlag, New York, USA.

Riassunto

Pensare che tutte le biforcazioni degli alberi siano difetti strutturali e che siano intrinsecamente deboli, indipendentemente dalla loro natura specifica, rivela una profonda mancanza di comprensione dello sviluppo degli alberi. Quante forcelle vengono considerate un pericolo all'interno della struttura di un albero, quando non lo sono? È solo in tempi recenti che in arboricoltura si è tenuto conto di approcci interdisciplinari, quali l'architettura degli alberi, la biomeccanica e la meccanobiologia, per definire una nuova prospettiva su questo argomento.

In questo articolo cerchiamo di confutare falsi miti, privi di rigore scientifico, sulle biforcazioni degli alberi. Approfondiamo la natura anatomica e architettonica di questa struttura morfologica in base a fattori endogeni o esogeni, come avvenga la sua formazione e quale sia la sua funzione nella maggior parte delle latifoglie e in alcune conifere.

ARBOR

PERIODICO DI CULTURA, INFORMAZIONE E TECNICA DI ARBORICOLTURA ORNAMENTALE

SIA



AGOSTO 2021

TREE BAUM ARBOL ARBRE ARVORE ALBERO



ARBOR

Rivista
della **Società Italiana di Arboricoltura**
membro
dell'**International Society of Arboriculture**

Sede Legale e Organizzativa
Viale Cavriga 3 - 20900 Monza (MB)
Tel. +39 039325928; Fax. +39 0398942517

Presidente
Andrea Pellegatta

Direttore responsabile
Giuseppe Cardiello

Segreteria
Yara Nicolini
e-mail: segreteria@isaitalia.org
sito: www.isaitalia.org

Comitato di redazione
Andrea Pellegatta, Luana Giordano
segreteria@isaitalia.org

Comitato editoriale
Raffaele Airoidi, Giuseppe Cardiello, Luca
Fuser, Vittorio Morchio, Daniele Pecollo,
Andrea Pellegatta, Giovanni Ugo

Comitato scientifico
Francesco Ferrini, Alessio Fini, Luana
Giordano, Paolo Gonthier, Luciano Mauro

La riproduzione totale o parziale di articoli e illustrazioni pubblicate su ARBOR senza il permesso scritto della SIA è vietata ai sensi e per gli effetti dell'art. 65 della legge n. 633 del 22.4.1941.

ISSN: 2384-9770

Copertina realizzata da: Giovanni Ugo, esami di certificazione ETT ed ETW di Monza

Pubblicità

ARBOR garantisce che la pubblicità sulla rivista è in quantità inferiore al 20%. Per le richieste di inserzione è necessario contattare la redazione: segreteria@isaitalia.org.

Il prezzario relativo ad un passaggio pubblicitario è il seguente:

seconda, terza di copertina	€ 400,00
mezza pagina interna	€ 200,00
pagina intera interna	€ 300,00
quarta di copertina	€ 500,00

Nel caso di abbonamento annuo si applica uno sconto pari al 20%.

Norme per gli autori

I contributi redatti come articoli originali, revisioni critiche, lettere, commenti o opinioni devono essere inviati, in formato digitale, all'indirizzo arbor@isaitalia.org.

La rivista ARBOR pubblica contributi inerenti all'arboricoltura ornamentale nelle sue diverse applicazioni e poiché è rivolta alla comunità degli Arboricoltori, è opportuno che tutti i contributi mantengano un profilo eminentemente applicativo e pratico, in particolare nell'introduzione e nelle conclusioni, che devono essere redatte con un linguaggio tecnico di facile comprensione. Si richiedono articoli brevi, corretti linguisticamente, nell'esposizione dei dati e nelle citazioni bibliografiche. Le decisioni riguardanti la pubblicazione dei manoscritti si basano su un processo di *peer review* e l'accettazione degli articoli è basata su criteri di originalità, rilevanza, e contenuto scientifico. I contributi saranno sottoposti in forma anonima a due Referenti esperti dell'argomento affrontato. La pubblicazione è subordinata alle decisioni insindacabili della Redazione che si riserva di richiedere agli Autori modifiche e revisioni qualora i lavori non rispondessero alle caratteristiche descritte. La proprietà letteraria degli articoli è riservata alla Rivista ed è consentita la riproduzione, anche parziale, solo previa autorizzazione della Redazione.

La stampa dei lavori è gratuita; non sono previsti estratti. Gli articoli pubblicati verranno inviati agli autori in formato PDF. Tutti i contributi sono volontari per cui non è previsto un compenso. Per tutti i dettagli relativi alla preparazione del manoscritto si rimanda alla versione completa delle norme per gli Autori reperibile sul sito www.isaitalia.org nella sezione "La rivista".

Sommario

3

Editoriale <i>Pellegatta A.</i>	4
Il futuro del verde urbano <i>Ferretti R.</i>	5
Gestione integrata di <i>Popillia japonica</i> nel nord Italia <i>Santoiemma G., Mori N., Battisti A., Sperandio G., Glazer I., Bianchi A., Ciampitti M., Cavagna B., Gilioli G.</i>	7
NBS e SUSD in città: come connettere il verde con l'infrastruttura blu <i>Salomoni M.T</i>	16
Un approfondimento sul sistema idraulico delle latifoglie mediterranee per guidare le scelte gestionali in ambiente urbano <i>Mogavero V.</i>	23
Demistificare le forcelle degli alberi: vizi e virtù delle biforcazioni in arboricoltura <i>Drénou C., Restrepo D., Slater D.</i>	32
La curiosa relazione tra l'Etna e la regione Marche: ritrovamento di ceneri vulcani nei vetrini aerobiologici dell'ARPA Marche <i>Trobiani N., Allegrucci A.</i>	51
I principali agenti di carie del legno su <i>Platanus</i> sp. in ambiente urbano <i>Pecollo D.</i>	53
ARBOR-Rubriche	
<u>ARBOR-SELECTION</u> Tecnologia e agricoltura: un binomio possibile <i>Gnesini A.</i>	58
<u>ARBOR-SELECTION</u> Le strategie di recupero degli ecosistemi <i>Redazione AboutPlants</i>	60



ARBOR rivista della Società Italiana di Arboricoltura

Sede Legale e Segreteria Organizzativa: Viale Cavriga 3 - 20900 Monza (MB)

Tel. +39 039325928; Fax. +39 0398942517

e-mail: segreteria@isaitalia.org • web: www.isaitalia.org