

Da rifiuto speciale a prodotto: sedimenti fluviali fitorimmediati nelle produzioni vivaistiche in pieno campo, considerazioni preliminari del progetto Europeo Life+ “Cleansed”

Francesca Ugolini^{*}, Costanza Calzolari¹, Giuseppe Mario Lanini¹, Francesca Martelli¹, Luciano Massetti¹, Francesco Sabatini¹, Fabrizio Ungaro¹, Stefania Damiano² e Grazia Masciandaro³

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Biometeorologia – IBIMET-CNR, Firenze

² Università di Firenze - Dipartimento di Biologia, Firenze

³ Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Studio degli Ecosistemi – ISE-CNR, Pisa

From special waste into product: phytoremediated river sediments in open field plant nursery production, preliminary results of the European Life+ project “Cleansed”

Abstract. This study reports the preliminary results of the project Life + Cleansed, which aims to assess the use of decontaminated river sediments in plant nursing, in order to reduce the use of agricultural land due the continuous consumption for plants extraction. Sediments from the Navicelli hydro-way in Tuscany (Italy) have been remediated through the low-cost Agriport technology, based on phytoremediation and land farming. These decontaminated sediments have been mixed with agricultural soil (33% and 50% by volume) and the mixtures were compared to agricultural soil (control). Their physical-hydraulic properties beside the growth of three ornamental evergreen shrub species were monitored during the first year project. The preliminary results show an improvement of water infiltration and retention, comparable performance and aesthetic appearance of the species in the three treatments, though impaired root ball compaction in the mixtures.

Key words: biomass, plant growth, plant nursing, root ball, substrates.

Introduzione

Il vivaismo italiano occupa una superficie superiore al 30% della superficie vivaistica Europea

(MIPAAF, 2010) e la provincia di Pistoia ha il primato a livello italiano con circa 1600 aziende e il 34.3% della superficie nazionale, soprattutto per la produzione di piante arboree e arbustive (Belletti *et al.*, 2007).

Uno degli impatti ambientali legati al vivaismo, specificamente nel settore delle coltivazioni a pieno campo, è l’asportazione di suolo dovuta principalmente al fatto che le piante vengono espantate per la vendita con il pane di terra. Si stima che ogni anno in Europa vengano persi 80-100 m³/ha, con un impoverimento annuale di circa 5.2 milioni di m³ di suolo. Per ripristinare la perdita di suolo nella coltivazione a pieno campo, è quindi necessario riportare terreno con caratteristiche appropriate al tipo di coltivazione. Il terreno della piana Pistoiese è un terreno di natura alluvionale le cui caratteristiche, (Regione Toscana, 2014) insieme alle condizioni climatiche, rendono l’area ideale per le produzioni vivaistiche. Si tratta tuttavia di un terreno con scarsa stabilità strutturale che può risultare in compattazione, ristagno d’acqua e condizioni temporaneamente asfittiche. Questo può compromettere gli apparati radicali provocando deformazioni e marciumi radicali che a lungo andare possono portare allo sbilanciamento della biomassa e della distribuzione radicale con conseguenze su vigoria e stabilità meccanica della pianta intera.

Un’altra problematica ambientale riguarda il dragaggio di canali, porti e idrovie che produce sedimenti che rappresentato spesso un costo senza ritorno economico. Si stima che in Europa si dragano circa 200 milioni di m³ all’anno per mantenere costante la profondità dei canali e che il 65% di questi sedimenti, specialmente quelli provenienti dalle idrovie, siano inquinati quindi considerati rifiuti speciali (SedNet, 2014) e debbano quindi essere stoccati in vasche e trasportati in discariche speciali con alti costi di tra-

* f.ugolini@ibimet.cnr.it

sporto e gestione, oppure bonificati attraverso trattamenti che attualmente sono ancora molto costosi (Netzband, 2002).

La tecnologia Agriport, sviluppata da ISE-CNR (Doni *et al.* 2013; Iannelli *et al.*, 2010), si è dimostrata efficace nel trattamento di sedimenti marini e fluviali del canale Navicelli (Pisa) da metalli pesanti e idrocarburi utilizzando il fitorimediale. L'ulteriore applicazione di ammendanti organici e land farming ha dimostrato che i sedimenti decontaminati possono acquisire caratteristiche per un utilizzo nel settore agronomico (Adams and Guzmán-Osorio, 2008). Uno degli obiettivi principali del progetto CleanSed (LIFE12ENV/IT/00652) è quindi quello di dimostrare che questi materiali possono essere riutilizzati per esempio nel settore vivaistico delle produzioni a pieno campo, misti a terreno agrario per andare a ripristinare la perdita di suolo.

Il piano sperimentale è stato studiato con l'obiettivo di simulare una coltivazione in pieno campo, in cui monitorare sia le caratteristiche idrauliche del substrato, sia la risposta fisiologica e biomassa ipogea ed epigea di tre specie arbustive ornamentali.

Materiali e metodi

Piano sperimentale

Il piano sperimentale è stato allestito nella primavera 2014, presso il Centro Sperimentale per il Vivaismo (Pistoia, Toscana). La zona è caratterizzata da un clima mediterraneo semicontinentale, registrando una temperatura massima di 31,3°C ad Agosto e minima di 2,3°C in Gennaio, e in media 1200 mm di pioggia annualmente (serie climatica 1971-2000 del Servizio Idrologico Regionale).

Cinque metri cubi di sedimenti decontaminati con parametri rientranti nei limiti di legge (Dlgs. 152/2006; D.M. 161/2012; Dlgs. 217/2006), sono stati mescolati al 33% e al 50% in volume (trattamenti T33 e T50) con terreno agrario della piana Pistoiese (controllo, CTL).

Le tre matrici CTL, T33 e T50 sono state sistemate in cassoni (due repliche per matrice) di 3·2 m e profondi 0.5 m, per simulare la coltivazione in pieno campo, isolati dal terreno con tessuto non tessuto. In ogni cassone sono state messe in posa 16 piante di tre specie arbustive ornamentali sempreverdi (*Photinia x fraseri* var. Red Robin, *Viburnum tinus* L. e *Eleagnus macrophylla* L.) di circa un anno di età a 50 cm di distanza le une dalle altre.

L'impianto di irrigazione a spaghetti (uno per pianta) erogava circa mezzo litro d'acqua, una volta al giorno a ogni pianta.

Proprietà idrologiche del substrato

In ogni cassone è stato inserito un sensore automatico di umidità relativa del suolo Decagon 5 TE (5TE) a 20 cm di profondità connessi a un datalogger CR1000 settato a un intervallo di registrazione di 10 minuti. A Ottobre 2014 sono state effettuate misure di densità apparente e di conducibilità idraulica a saturazione utilizzando il permeometro di Guelph a carico costante (Reynolds *et al.*, 2002).

Crescita e indici biometrici delle piante

Alla fine della stagione vegetativa (Novembre 2014), un campione di sei piante è stato estratto e distrutto per la valutazione di

- accrescimento radiale e altezza;
- area fogliare (con planimetro Model Li-3000, Lincoln, Nebraska, USA);
- biomassa secca totale dopo essiccazione a 80 °C per 72 ore;
- indici di ramosità secondo i metodi di O. Carrillo-Mendoza *et al.* (2010) e Hättenschwiler *et al.* (1997).

Valutazione delle zolle e dell'apparato radicale

A sei mesi dall'impianto, per poter osservare l'apparato radicale, è stato effettuato l'espianto, tramite zollatura a mano, utilizzando una vanga, di otto piante per specie per ogni trattamento (in un range di umidità tra il 20 e 25% in T33 e CTL e tra il 25 e il 30% in T50). Seppur precocemente, la zolla è stata valutata secondo criteri qualitativi e quantitativi, tra i più importanti la compattezza.

Le radici fini (≤ 1 mm di diametro) sono state rimosse completamente dagli apparati radicali e, procedendo per campionamento, ne è stata valutata la vitalità: in ogni campione sono state contate le radici morte rispetto al totale e riportate in classi di percentuali (<5%; 5-25%; 25-50%; 50-75%; >75%).

Risultati

Proprietà fisico-idrologiche del suolo

I trattamenti T33 e T50, risultano avere una densità apparente minore (rispettivamente $1,096 \pm 0,07$ Mgm^{-3} e $1,059 \pm 0,05$ Mgm^{-3}) rispetto al CTL che ha una struttura più omogenea e compatta ($1,153 \pm 0,08$ Mgm^{-3}). T50 e T33 hanno presentato sia valori di umidità maggiori a saturazione rispetto a CTL (valori di umidità relativa rispettivamente di $31,8 \pm 3$ % e $31,5 \pm 2,7$ % e $30,2 \pm 1,7$ %, $p=0,008$) e T50 anche una infiltrazione molto più rapida (61 ± 27 mm/h) rispetto T33 ($5,50 \pm 2,6$ mm/h) e CTL ($0,14 \pm 0,11$ mm/h).

I sensori di umidità 5TE fissi nei cassoni fin da

subito hanno messo in evidenza l'eterogeneità dei substrati (spazi vuoti, grossi aggregati di argilla) e la necessità del loro riposizionamento per evitare dati troppo discordanti negli stessi trattamenti. I dati hanno mostrato che in estate, fino alla metà di settembre, l'umidità relativa in T50 rimane superiore alle altre tesi, ritenuta probabilmente dai grossi aggregati di argilla casualmente vicino al sensore o alla maggiore presenza di compost aggiunto durante il trattamento di *remediation*. In autunno e in inverno al contrario, è CTL a mostrare i valori più alti, in linea con la sua natura alluvionale. In T33 invece i valori sono sempre più bassi rispetto gli altri trattamenti.

Crescita e indici biometrici delle piante

Le tre specie non hanno mostrato differenze nella crescita (sia per l'accrescimento diametrico del fusto sia per l'allungamento dei rami principali) e nella biomassa finale prodotta, inclusa l'area fogliare (tab. 1), mostrando alta variabilità all'interno dei campioni.

Per quanto riguarda l'aspetto estetico, valutato dal vivaista, non sono state osservate particolari differenze tra trattamenti (fig. 1). *P. x fraseri* e *V. tinus* non hanno mostrato differenze significative per gli indici di ramificazione (tab. 2), mentre *E. macrophylla* ha mostrato una maggiore ramificazione nelle piante cresciute in T50, soprattutto rispetto le piante in CTL.

Valutazione delle zolle e dell'apparato radicale

Al momento dell'espianto la zolla (in un range di umidità tra il 25 e il 30%) di otto piante per specie per ogni trattamento è stata valutata secondo criteri quan-

titativi e qualitativi. In generale, la presenza dei sedimenti ha reso il substrato più sciolto. Infatti, soprattutto le zolle di *P. x fraseri* e *E. macrophylla* in T50, specie caratterizzate da un apparato radicale non denso quanto quello del *V. tinus*, sono apparse meno compatte con la tendenza a rompersi in aggregati mentre quelle di *V. tinus*, che ha un apparato radicale estremamente denso, hanno mantenuto la forma, risultando piuttosto compatte (tab. 3 e fig. 2).

In tutte le matrici gli apparati radicali (non danneggiati in profondità dalla zollatura) si sono approfonditi fino a circa 15-20 cm senza differenze significative, tuttavia, guardando alla vitalità delle radici fini, maggior presenza di radici fini morte è stata osservata in CTL e T50 (tab. 3).

In tutte le matrici è stata trovata presenza di macrofauna (lombrichi ed artropodi).

Conclusioni

Il progetto Life+ CleanSed ha l'obiettivo di valutare l'uso di sedimenti fluviali decontaminati attraverso il fitorimedio nel settore vivaistico per le coltivazioni in pieno campo. I sedimenti del canale Navicelli (Pisa), fitorimediati secondo la tecnologia Agriport, e mescolati a terreno agrario, hanno dimostrato una potenzialità ammendante. Infatti, migliorano la capacità di infiltrazione in un terreno quale quello della piana pistoiese che ha mostrato segni di ristagno dopo prolungati giorni di pioggia. La migliore qualità idrologica ha effetti particolarmente positivi a livello radicale soprattutto nel mix con il 30%. Tuttavia, le tre

Tab 1 - Parametri di accrescimento e biomassa delle specie coltivate. Sono indicati valori medi e deviazioni standard. Le differenze significative tra tesi nelle diverse specie sono stati identificati dal test di Tukey a $p < 0,05$ per la comparazione dei valori medi (ΔH = differenza di lunghezza del getto principale tra Maggio e Ottobre 2014); $\Delta \emptyset$ = differenza del diametro al colletto tra Maggio e Ottobre 2014).

Tab 1 - Parameters related to the plant growth and biomass. Mean values and standard deviations are given. Tukey test at $p < 0.05$ as post hoc comparison of means was used to identify significant differences between the treatments. (ΔH = height difference between May and October 2014); $\Delta \emptyset$ = difference of diameter between May and October 2014).

| Varietà | Matrici | ΔH ramo principale (cm) | $\Delta \emptyset$ (cm) | Area Fogliare (cm ²) | Biomassa totale (g) |
|---------------------------------------------|---------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------|
| <i>Photinia x fraseri</i> var. Red Robin | CTL | 46,7±7,8 | 0,5±0,2 | 5808±1281 | 284,5±62,9 |
| | T33 | 42,8±12,1 | 0,5±0,2 | 6009±2525 | 303,1±35,2 |
| | T50 | 45±9,4 | 0,5±0,3 | 5779±1040 | 274,4±67,0 |
| Significatività | | n,s, | ns | ns | ns |
| <i>Eleagnus macrophylla</i> L. | CTL | 84,6±32,1 | 0,6±0,2 | 10828±2490 | 388,3±41,0 |
| | T33 | 61,8±11,3 | 0,5±0,5 | 12564±2148 | 340,9±127,4 |
| | T50 | 68,8±10,8 | 0,4±0,2 | 11024±1957 | 340,8±68,4 |
| Significatività | | n,s, | ns | ns | ns |
| <i>Viburnum tinus</i> L. | CTL | 28,6±4,5 | 0,4±0,1 | 6599±2316 | 176,9±50,0 |
| | T33 | 24,3±5,1 | 0,5±0,1 | 7215±1531 | 238,3±62,3 |
| | T50 | 29,4±5,5 | 0,5±0,2 | 7182±2415 | 198,8±59,8 |
| Significatività | | n,s, | ns | ns | ns |



Fig. 1 - Aspetto di una pianta per specie rappresentativa delle tre matrici. Da sinistra verso destra: CTL, T33, T50; dall'alto verso il basso: *Photinia x fraseri* var. Red Robin; *Eleagnus macrophylla* L.; *Viburnum tinus* L.

Fig. 1 - View of one representative plant per species in the three matrices, showing its visual appearance. From left to right: CTL, T33 and T50; from top to bottom: *Photinia x fraseri* var. Red Robin; *Eleagnus macrophylla* L.; *Viburnum tinus* L.

Tab. 2 - Indici di ramificazione. Sono stati utilizzati l'indice di Carrillo-Mendoza *et al.* (2010) che prende in considerazione il numero di ramificazioni per ogni ordine di ramo e quello di Hättenschwiler *et al.* (1997) che calcola l'indice come rapporto tra la lunghezza cumulata dei rami secondari e quella del ramo di primo ordine.

Tab. 2 - Branching indexes. We calculated Carrillo-Mendoza *et al.* index (2010) based on the number of branches in each order with respect to the previous order branch; and Hättenschwiler *et al.* index (1997) as ratio between the cumulated length of the secondary branches and that of the first order branch.

| Varietà | Matrice | Indice di ramificazione (Media \pm S.D.) | |
|--------------------------------|---------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| | | Carrillo-Mendoza <i>et al.</i> (2010) | Hättenschwiler <i>et al.</i> (1997) |
| <i>Photinia x fraseri</i> | CTL | 13,6 \pm 4,9 | 36,3 \pm 28,9 |
| | T33 | 6,8 \pm 2,1 | 42,2 \pm 25,6 |
| | T50 | 16,7 \pm 13,9 | 28,0 \pm 15,3 |
| Significatività | | n.s. | n.s. |
| <i>Eleagnus macrophylla</i> L. | CTL | 11,7 \pm 1,3b | 31,7 \pm 12,1 |
| | T33 | 25,3 \pm 3,1ab | 48,7 \pm 43,4 |
| | T50 | 37,8 \pm 19,1a | 148,9 \pm 112,5 |
| Significatività | | p<0,01 | n.s. |
| <i>Viburnum tinus</i> L. | CTL | 66,5 \pm 69,7 | 18,4 \pm 17,7 |
| | T33 | 28,4 \pm 20,6 | 45,8 \pm 28,1 |
| | T50 | 29,0 \pm 20,7 | 41,8 \pm 38,2 |
| Significatività | | n.s. | n.s. |

Tab. 3 - Massa dell'apparato radicale all'interno della zolla, profondità delle radici nel suolo e percentuale di radici morte; valutazione qualitativa della compattezza della zolla. La valutazione è stata fatta a un contenuto idrico relativo intorno al 20-25% del peso in T33 e CTL e al 25-30% in T50. Sono indicate le valutazioni che per ogni tesi hanno riportato maggiore frequenza. La grandezza degli aggregati è stata distinta in "piccole dimensioni" (1-5 cm) e "grandi dimensioni" (> 5 cm).

Tab. 3 - Root biomass, depth and percentage of dead thin roots; qualitative evaluation of root ball compaction. The assessment was done at a relative water content of 20-25% in T33 and CTL and of 25-30% in T50. More frequent assessments are shown. Aggregates size has been set in "small size" (1-5 cm) and "big size" (> 5 cm).

| Varietà | Matrici | Biomassa radicale* (g) | Profondità (cm) | Radici fini morte/radici fini (%) | Compattezza (la zolla) |
|-----------------------|---------|------------------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <i>P. x fraseri</i> | CTL | 80±25 | 15,00±3,24 | 5-25% | Piuttosto compatta |
| | T33 | 75±15 | 17,00±4,12 | <5% | Si rompe in piccoli aggregati |
| | T50 | 60±20 | 13,20±1,48 | 5-25% | Si rompe in grandi aggregati |
| Significatività | | n.s. | n.s. | | |
| <i>E. macrophylla</i> | CTL | 77±12 | 14,00±2,00 | 5-25% | Si rompe in piccoli aggregati |
| | T33 | 74±35 | 15,80±2,95 | <5% | Abbastanza compatta / Si rompe in piccoli aggregati |
| | T50 | 65±18 | 12,40±3,58 | 25-50% | Si rompe in piccoli aggregati |
| Significatività | | n.s. | n.s. | | |
| <i>V. tinus</i> | CTL | 54±25 | 13,67±1,51 | 5-25% | Molto/Piuttosto compatta |
| | T33 | 81±34 | 16,50±2,35 | <5% | Piuttosto compatta |
| | T50 | 53±17 | 13,67±4,23 | <5% | Piuttosto compatta |
| Significatività | | n.s. | n.s. | | |

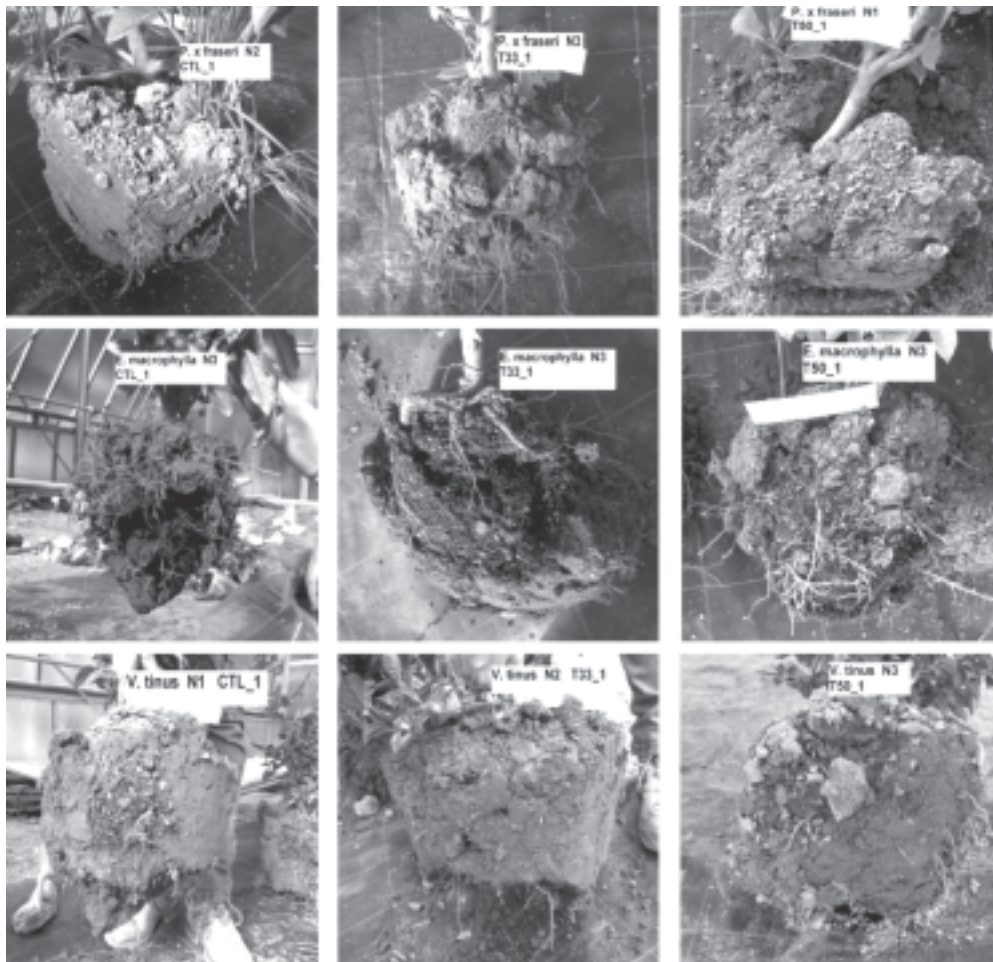


Fig. 2 Esempio di zolle rappresentative delle tre matrici. Da sinistra verso destra: CTL, T33, T50; dall'alto verso il basso: *Photinia x fraseri* var. Red Robin; *Eleagnus macrophylla* L.; *Viburnum tinus* L.

Fig. 2 Examples of representative root balls for the three matrices. From left to right: CTL, T33 and T50; from top to bottom: *Photinia x fraseri* var. Red Robin; *Eleagnus macrophylla* L.; *Viburnum tinus* L.

specie hanno mostrato un buon sviluppo epigeo con densa ramificazione e area fogliare in tutti i trattamenti. Se da un lato i sedimenti sembrano garantire la stessa qualità delle piante migliorando le proprietà idrologiche del terreno agrario, dall'altro lato, - anche se l'operazione è stata effettuata precocemente -, sembra che diminuiscano la compattezza delle zolle. Dal secondo anno di sperimentazione ci aspettiamo di rivedere confermati i dati che riguardano lo sviluppo vegetale e di ottenere risultati più attendibili riguardo la valutazione delle zolle. Ad ogni modo, i sedimenti sembrano lasciare aperte molte prospettive di utilizzo, incluse agricoltura e infrastruttura verde urbana.

Ringraziamenti

Alla Comunità Europea che ha finanziato il progetto nell'ambito del programma Life+, LIFE12 ENV/IT/000652 (2013-2016).

Al dott. Paolo Marzialetti e Nicola Petrucciani del Centro Sperimentale per il Vivaismo, Pistoia.

Riassunto

Il progetto Life+ CleanSed mira a valutare l'impiego di sedimenti fluviali, decontaminati attraverso la tecnologia a basso costo Agriport, nel vivaismo a pieno campo, al fine di ridurre il consumo di terreno agrario. Le caratteristiche fisico-idrauliche di matrici di sedimenti e terreno agrario (al 33% e al 50% in volume) sono state monitorate oltre la crescita di tre specie arbustive sempreverdi ornamentali. Nel primo anno di progetto (2014) i risultati dimostrano che i sedimenti fitorimmediati migliorano infiltrazione e ritenzione idrica oltre che garantire buone performance della crescita delle specie e del loro sviluppo radicale.

Parole chiave: biomassa, crescita vegetale, umidità, vivaismo, zolla.

Bibliografia

- ADAMS R. H., GUZMÁN-OSORIO F. J., 2008. *Evaluation of land farming and chemico-biological stabilization for treatment of heavily contaminated sediments in a tropical environment*. International Journal of Environmental Science & Technology, 5: 169-178.
- BELLETTI G., SCARAMUZZI S., MARESCOTTI A., PACCIANI A., MANCO E., NERI T., CARTOCCI C., 2007. *Le caratteristiche strutturali e organizzative della filiera vivaistica nella provincia di Pistoia. Principali problematiche e azioni attivabili*. Osservatorio Provinciale per la programmazione strategica, Asse di ricerca Vivaismo, Report finale, 9 maggio, pp.1-147.
- CARRILLO-MENDOZA O., SHERMAN W.B., CHAPARRO J.X., 2010. *Development of branching index for evaluation of peach seedlings using interspecific hybrids*. Hortscience, 45: 852-856.
- DONI S., MACCI C., PERUZZI E., IANNELLI R., CECCANTI B., MASCIANDARO G., 2013. *Decontamination and functional reclamation of dredged brackish sediments*. Biodegradation, 24:499-512.
- HÄTTENSCHWILER S., MIGLIETTA F., RASCHI A., 1997. *Morphological adjustment of mature Quercus ilex trees to elevated CO₂*. Acta Oecologia, 18: 361-365.
- IANNELLI R., BIANCHI V., MASCIANDARO G., CECCANTI B., PRETNER A., 2010 *Agricultural reuse of polluted dredged sediments: the AGRIPORT European Project*. In: IWA - XII International Conference of Wetland System for Water Pollution Control (Venezia, 4-7 ottobre 2010). Proceedings, pp. 472 - 479.
- MIPAAF - MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE ALIMENTARI E FORESTALI, 2010. *Piano settore florovivaistico*. Allegato tecnico. 29/04/2010, pp.1-67.
- REGIONE TOSCANA, 2014. *Piano di indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico*. Abachi delle invarianti strutturali, 167 pp.
- REYNOLDS, W.D., D.E. ELRICK, E.G. YOUNGS, A. AMOOZEGAR, H.W.G. BOOLTINK, AND J. BOUMA., 2002. Ch. 3.4, *Saturated and field-saturated water flow parameters*. in Methods of Soil Analysis, Part 4. Physical Methods, J. Dane and C. Topp, ed., p. 797 - 878. SSSA, Madison, WI.
- <http://www.sednet.org/2002-2004.htm>