

Piano di gestione nazionale del Giacinto d'acqua *(Eichhornia crassipes)* *[Pontederia crassipes]*



Giugno 2022

A cura di:

Chiara Montagnani, Rodolfo Gentili, Sandra Citterio (*Università di Milano Bicocca*)

Con il supporto di:

Francesco Bisi, Adriano Martinoli (*Università dell'Insubria*)

Revisione dei testi:

Giuseppe Brundu (*Università di Sassari*), Lucilla Carnevali (*ISPRA*) Eugenio Dupré, Marco Valentini ed Ernesto Filippi (*MITE – Direzione per il Patrimonio naturalistico*) .

Coordinamento:

Lucilla Carnevali e Piero Genovesi (*ISPRA - Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità. Servizio BIO CFS*)

INDICE

Sommario	4
1 Inquadramento del <i>taxon</i>	6
2 Distribuzione in Italia	8
3 Vie d'introduzione e possibilità di espansione.....	9
4 Impatti.....	11
5 Aspetti normativi.....	12
6 Obiettivi del Piano	14
6.1 Obiettivo nazionale	14
6.2 Obiettivi regionali	14
7 Modalità d'intervento	17
7.1 Prevenzione.....	17
7.1.1 Prevenzione di introduzioni accidentali.....	17
7.1.2 Prevenzione d'espansione secondaria	18
7.2 Gestione	20
7.2.1 Eradicazione rapida per nuove introduzioni.....	20
7.2.2 Controllo in caso di presenza diffusa	22
7.2.3 Metodi d'intervento.....	23
7.2.3.1 Rimozione manuale.....	23
7.2.3.2 Rimozione meccanica.....	24
7.2.3.3 Utilizzo di agenti di controllo biologico	24
7.2.3.4 Utilizzo di prodotti chimici.....	25
7.3 Trattamento scarti vegetali	25
8 Personale coinvolto	26
9 Tecniche di monitoraggio.....	27
9.1 Misure di sorveglianza e rilevamento precoce	27
9.2 Monitoraggio di presenza.....	29
9.3 Monitoraggio dell'efficacia degli interventi	30
10 Bibliografia	32

Sommario

Eichornia crassipes è una specie inclusa nelle liste di specie esotiche invasive di rilevanza unionale del Regolamento (UE) 1143/2014, recepito in Italia con D. lgs. 230/2017, in quanto sono stati ritenuti soddisfatti i criteri concordati a livello Unionale per l'inserimento nella lista. Tale normativa impone l'eradicazione rapida o il controllo delle specie esotiche invasive inserite nell'elenco.

Eichornia crassipes (Mart.) Solms (Pontederiaceae) è un'idrofito natante originaria del Sud America. È un'erba acquatica perenne, annua in determinate condizioni climatiche: in genere la pianta perisce quando il freddo è prolungato (non la *soil seed bank*), ma può resistere a brevi periodi di gelo per poi ripartire la primavera successiva dalle gemme del colletto. È una specie generalista poiché tollera un ampio range di temperature, pH, trofia delle acque, inquinamento, livelli idrici e perturbazioni. Dove le concentrazioni di nutrienti sono elevate, la pianta tende a crescere di più e più in fretta, tanto che l'eutrofizzazione delle acque è considerata un fattore chiave del suo successo. Grazie anche alla sua resistenza a marcate variazioni del livello idrico e a periodi di mancanza d'acqua (durante i quali sopravvive nel fango), *E. crassipes* colonizza diversi habitat dagli stagni temporanei a corpi idrici perenni (fiumi, laghi, canali, ecc.). Si può rinvenire anche nella zona litorale dei corpi idrici, in ambiente terrestre. Dal punto di vista riproduttivo, *E. crassipes* si può riprodurre sia per via sessuale sia vegetativa. Nel range d'invasione la riproduzione clonale ha maggiore successo ed è più frequente rispetto a quella sessuale. *E. crassipes* può produrre grandi quantitativi di semi e costituire una nutrita e longeva *soil seed bank* (i semi restano vitali anche fino a 20 anni).

È una specie invasiva in due regioni italiane, Lazio e Sardegna, mentre è casuale in Campania, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lombardia, Sicilia, Toscana, Veneto. Il vettore storico d'introduzione di *E. crassipes* è il commercio di piante d'interesse ornamentale per stagni e acquari; un altro vettore d'introduzione che può avere avuto un ruolo importante per l'introduzione e diffusione della specie, in Europa e in Italia, è il suo utilizzo per la fitodepurazione di acque inquinate da reflui e metalli pesanti. L'introduzione di *E. crassipes* come contaminante di altre piante o come "autostoppista" su imbarcazioni o equipaggiamenti contaminati non rappresenta un vettore ad alto rischio come per altre macrofite, ma è un'eventualità che non deve essere esclusa. Una volta introdotta, la specie può essere dispersa dalla corrente d'acqua, dal vento, dalla fauna acquatica e dall'azione volontaria o involontaria dell'uomo. Per quanto riguarda gli impatti, *E. crassipes* è considerata la specie vegetale acquatica più pericolosa a livello globale per i suoi ben documentati impatti negativi a livello ecologico e socio-economico che si manifestano attraverso grandi squilibri dell'ecosistema acquatico, impoverimento della biodiversità (soprattutto vegetale) e danni alle attività umane (impianti per la produzione di

energia idroelettrica, agricoltura, sport e attività ludiche). Sono possibili anche effetti negativi sulla salute perché la presenza massiva di *E. crassipes* può contribuire a creare un ambiente ideale per il proliferare di insetti nocivi.

Come per le altre specie aliene invasive, la prima misura di gestione è la prevenzione. Quando è necessario mettere in atto delle misure di eradicazione o controllo, è necessario pianificare attentamente le azioni da intraprendere nell'immediato e negli anni successivi in cui saranno necessari probabilmente ulteriori interventi e monitoraggi. La specie può essere controllata attraverso la rimozione fisica (manuale e/o meccanica) o chimica; è possibile contenere la specie anche con la lotta biologica. *E. crassipes* è una specie resistente alle misure di controllo e il successo nel contenimento della specie si ha per lo più quando la specie è poco diffusa, all'inizio dell'infestazione; la lotta integrata in genere è più efficace che l'applicazione delle singole metodologie di controllo. È possibile ambire all'eradicazione di *E. crassipes* nelle regioni italiane dove è presente sebbene è possibile che questo richieda tempi lunghi e un impegno considerevole. È prioritario che queste Regioni agiscano per prevenire l'ulteriore espansione della specie in attesa dell'avvio degli interventi d'eradicazione. Tutte le Regioni, in particolare quelle in cui la specie è segnalata come casuale e quelle ad esse adiacenti, devono adottare misure di sorveglianza e rilevamento precoce.

1 Inquadramento del *taxon*

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (Pontederiaceae) è una idrofita natante originaria del Sud America, il cui centro d'origine è l'Amazzonia. Sebbene nel Regolamento (UE) 1143/2014 la specie sia indicata come *E. crassipes*, attualmente il nome accettato della specie è *Pontederia crassipes* Mart. (Pellegrini et al., 2018). È un'erba acquatica perenne, annua in determinate condizioni climatiche, con fusto rizomatoso abbreviato, 6-10 foglie raccolte in rosette e lo scapo florale eretto, portante pochi, ma appariscenti fiori di colore violetto-purpureo fino ad azzurri con una macchia gialla sul lobo superiore; carattere fortemente distintivo è il picciolo delle foglie più o meno ingrossato (globoso quando la pianta è presente in alte densità, più allungato quando il grado d'infestazione è minore o la pianta si trova al margine delle masse galleggianti che costituisce) che permette il galleggiamento della pianta grazie alla presenza del parenchima aerifero (Coetzee et al., 2017; Pignatti et al., 2017). Il rizoma e le radici piumose sono sommersi e la loro lunghezza e densità cambia in rapporto alle concentrazioni di nutrienti (es. più lunghe e dense quando la disponibilità del fosforo è limitata).

È una specie generalista, che tollera un ampio range di temperature, pH, trofia delle acque, inquinamento, livelli idrici e perturbazioni (Pan et al., 2012). *E. crassipes* è una specie pantropicale, tipica di climi caldi, il cui optimum di crescita si ha tra i 28°C e 30°C. Al di sotto dei 10 °C la pianta cessa di crescere e sfrutta i carboidrati di riserva alla base del fusto per poter sopravvivere; in genere la pianta (ma non la *soil seed bank*) perisce quando il freddo è prolungato, ma può resistere a brevi periodi di gelo per poi ripartire la primavera successiva dalle gemme del colletto (dalle quali la pianta riparte anche nel caso di danni da erbivori o taglio, applicazioni di erbicidi non letali; Madsen et al., 1993). Colonizza per lo più acque calme e a lento scorrimento, dove può creare masse galleggianti più dense ed estese, preferendo pH neutri, sebbene tolleri un range compreso tra 4 e 10. *E. crassipes* vive anche in acque salmastre, ma in genere non sopravvive in acque con concentrazioni saline molto elevate. Si può trovare in acque pulite così come in acque altamente inquinate, anche da metalli pesanti. Dove le concentrazioni di nutrienti sono elevate, la pianta tende a crescere di più e più in fretta, tanto che l'eutrofizzazione delle acque è considerata un fattore chiave nel suo successo; inoltre la crescita della pianta (produzione di ramet) è maggiore in acque dove sono elevate le concentrazioni di calcio (Pan et al., 2012). Grazie anche alla sua resistenza a marcate variazioni del livello idrico e a periodi di mancanza d'acqua (durante i quali sopravvive nel sedimento

fangoso), cui è tipicamente sottoposta anche nel suo range nativo, *E. crassipes* colonizza diversi habitat dagli stagni temporanei a corpi idrici perenni (fiumi, laghi, canali, ecc.). Si può rinvenire anche nella zona litorale dei corpi idrici, in ambiente terrestre; questo adattamento è supportato dall'integrazione clonale (integrazione fisiologica che ha luogo tra i diversi ramet della pianta grazie agli stoloni, che include un trasferimento di risorse e informazioni, e che permette una migliore performance per i ramet che vivono in situazioni non ottimali) (Yu et al., 2019).

Dal punto di vista riproduttivo, *E. crassipes* si può riprodurre sia per via sessuale sia vegetativa. Nel range d'invasione la riproduzione clonale ha maggiore successo ed è più frequente rispetto a quella sessuale: *E. crassipes* è una specie entomofila e anche nell'area d'invasione non mancano gli impollinatori (es. *Apis mellifera* in Europa), quindi la pianta riesce a produrre i semi (sebbene in genere in quantità minori rispetto alle popolazioni del range nativo), ma spesso mancano le condizioni ambientali ideali perché i semi arrivino a germinare e le giovani piante a sopravvivere. Nello specifico, *E. crassipes* può produrre grandi quantitativi di semi e costituire una nutrita e longeva *soil seed bank*: la pianta produce capsule tri-loculari al cui interno si possono trovare 3-452 semi (si stima che una pianta con un'infiorescenza di 20 fiori possa arrivare a produrre più di 3000 semi) che rimangono intrappolati nella massa galleggiante della pianta o si depositano sul fondo dove raggiungono densità considerevoli (400-3400 semi/m²) e restano vitali anche fino a 20 anni, resistendo anche al freddo. Le giovani piante nate da semi inizialmente sono radicate al fondo, dove restano per un breve periodo per poi venire a galla; possono fiorire anche solo dopo 10-15 settimane dalla loro emergenza. Tuttavia per germinare, i semi hanno bisogno di condizioni aerobiche, alte temperature (>30°C) e dell'alternarsi di condizioni di umido e secco, fattori che rompono la dormienza (Zhang et al., 2010); tali condizioni si trovano difficilmente in molti dei siti d'invasione di *E. crassipes* e pertanto la riproduzione clonale è preponderante. A conferma di quanto detto, analisi genetiche hanno evidenziato come a livello globale la variabilità genetica di *E. crassipes* nel range d'invasione sia molto bassa e come in molti casi le popolazioni siano composte da un singolo clone (Zhang et al., 2010). È bene sottolineare che i cloni non sono sterili, ma sono in grado di produrre semi a seguito di eventi d'impollinazione incrociata o di autoimpollinazione (Zhang et al., 2010). Ogni pianta già dai primi stadi di crescita può emettere corti stoloni (dalle gemme all'ascella delle foglie) dai quali si differenziano cloni che restano attaccati alla pianta madre grazie agli stoloni fintanto che non hanno emesso le radici. La propagazione vegetativa ha una grande capacità riproduttiva e le piante possono duplicare il loro numero anche in una sola settimana; una

singola pianta potenzialmente può produrre 140 milioni di cloni (ramet) ogni anno se le condizioni ambientali sono idonee (Pan et al., 2012).

Le informazioni riportate in questo Piano derivano dalla monografia elaborata da Coetzee et al. (2017), quando non diversamente specificato.

2 Distribuzione in Italia

Eichhornia crassipes è una specie naturalizzata ed invasiva in due regioni italiane, Lazio e Sardegna. La specie non riesce invece a costituire popolazioni stabili ed è casuale in regioni quali Lombardia, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna, Toscana, Campania, Sicilia (Galasso et al., 2018). In Italia, la specie è stata segnalata per la prima volta come casuale o allo stato "sub-spontaneo" in Sicilia nel 1982 e nello stesso anno è stata rinvenuta nel Lazio (Scoppola et al., 1986). Nel 1998 venne segnalata in Lombardia e dai primi anni 2000, si susseguirono le segnalazioni in altre regioni come Friuli Venezia Giulia (2001) e Toscana (2006) fino alle più recenti in Veneto, Campania e Sardegna (2012) (Lastrucci & Foggi, 2006; Brundu et al., 2012; Brundu et al., 2013).

In Figura 1 è riportata la mappa di distribuzione (su celle 10x10 kmq) aggiornata a giugno del 2019 per la rendicontazione ai sensi dell'art.24 del Reg. UE 1143/14 e trasmessa ufficialmente alla CE (Carnevali et al., 2021).



Figura 1 – Distribuzione di *Eichhornia crassipes* su celle 10x10kmq (giugno 2019)

Non è del tutto chiaro l'anno d'introduzione in Italia, ma la specie è presente sul territorio nazionale almeno dalla prima metà dell'800, come attesta la sua presenza nel Catalogo delle piante vendibili dei Giardini della Villa Reale di Monza in Lombardia del 1846 (Brundu et al., 2013; Maniero, 2015). In Sardegna, sebbene fosse noto il decennale utilizzo della specie, la sua presenza allo stato spontaneo non è stata manifesta fino al 2010, quando divenne evidente l'estesa infestazione per alcuni chilometri sul fiume Mare 'e Foghe (presso Riola Sardo, OR) (Brundu et al., 2012); nonostante gli interventi di rimozione meccanica ripetuti per anni (e interrotti per mancanza di fondi), la specie è ancora presente nell'Oristanese. Si sono osservate presenze occasionali anche sulla costa nord-orientale (Budoni), mentre non è stata più osservata di recente nel Cagliariitano (Brundu com. pers.). Nel Lazio, il nucleo più consistente della specie si trova nei canali di bonifica dell'Agro Pontino (LT), area dov'era stata segnalata inizialmente; qui *E. crassipes* non ha mostrato subito un comportamento invasivo e fino a metà degli anni '90 le popolazioni erano piccole e in numero limitato. Successivamente la specie ha mostrato una crescita considerevole andando a coprire una superficie di 5000 m² tra il 2004-2005; la specie è rimossa con mezzi meccanici annualmente dal Consorzio di Bonifica di Latina (Brundu et al., 2013). Recentemente è stata segnalata una stazione di *E. crassipes* nel Lago di Vadimone (Orte, VT), ma non è noto lo stato della specie (Lucchese, 2017). In Toscana, sebbene sia casuale, nel 2011 in un fosso dell'area del Lago di Massaciuccoli (Massarosa, LU) è stata rinvenuto un nucleo della specie che ha richiesto un tempestivo intervento di rimozione (Ercolini, 2011).

3 Vie d'introduzione e possibilità di espansione

Il vettore storico d'introduzione di *Eichhornia crassipes* è il commercio di piante d'interesse ornamentale per stagni e acquari: in Europa la pianta era comune in orti botanici e giardini già dall'inizio dell'800 (Brundu et al., 2013) ed essendo una pianta di grande valore estetico e di buona resa nei giusti climi, la sua diffusione e fortuna commerciale è stata costante nel tempo. Un altro vettore d'introduzione che può avere avuto un ruolo importante per l'introduzione e diffusione della specie, in Europa e in Italia, è il suo utilizzo per la fitodepurazione di acque inquinate da reflui e metalli pesanti; per diversi decenni, quando la pericolosità dell'organismo non era nota, in Italia il suo utilizzo è stato incoraggiato dalle amministrazioni locali e in diversi

siti sperimentali la specie è stata coltivata per studiarne l'efficacia nella fitodepurazione di inquinanti organici e inorganici (Brundu et al., 2013). La "fuga" da giardini, stagni ornamentali e potenzialmente da siti sperimentali o il rilascio volontario delle piante hanno determinato l'ingresso della specie nell'ambiente naturale. Ancora oggi l'interesse per *E. crassipes* finalizzato alla depurazione delle acque è attivo e a questo si sono aggiunte altri nuovi impieghi sperimentali della pianta (Brundu, 2015) anche in un'ottica di riutilizzo (economia circolare) della biomassa vegetale di scarto a seguito d'interventi di rimozione (es. produzione di etanolo, biogas, fertilizzante organico e compost, foraggio per animali d'allevamento, composti chimici ad uso industriale, uso farmaceutico; Patel, 2012). Non sempre questi utilizzi portano a un pericolo reale d'introduzione o dispersione di *E. crassipes*, tuttavia alcuni rischi non possono essere esclusi: per esempio, è stato dimostrato che alcuni processi di compostaggio e di digestione anaerobica per la produzione di biogas possono lasciare una percentuale vitale di semi di *E. crassipes*, che quindi possono venire introdotti in nuovi siti in natura a seguito dell'impiego del compost o dello stoccaggio dei sottoprodotti di biodigestione nell'ambiente (Albano Pérez et al., 2015).

L'introduzione di *E. crassipes* come contaminante di altre piante o come "autostoppista" su imbarcazioni o equipaggiamenti contaminati non rappresenta un vettore ad alto rischio come per altre macrofite (in genere la pianta è ben visibile, i propaguli per lo più richiedono un ambiente umido dove sopravvivere), ma è un'eventualità che non deve essere esclusa vista una certa resistenza al disseccamento mostrata dalle unità di dispersione della pianta (ramet e semi) (Coetzee & Hill, 2019; Heidbüchel et al., 2019).

Una volta introdotta, *E. crassipes* può diffondersi naturalmente su grandi distanze grazie alla corrente dell'acqua, che può anche innescare il distacco dei cloni dalla massa galleggiante e il loro successivo trasporto, fenomeno che accade anche a seguito delle variazioni del livello dell'acqua dei corpi idrici (Pan et al., 2012). In caso di eventi alluvionali con piene e tracimazioni dei corpi idrici, la pianta può essere trasportata anche in nuove aree non in palese connessione ecologica (Coetzee et al., 2017). Le rosette emergenti sopra la superficie dell'acqua (nei nuclei più maturi, le piante possono emergere anche per 1 m) possono essere anche spinte dal vento, non solo a valle dei corpi idrici, come accade per l'idrocoria, ma anche a monte e per distanze considerevoli (Coetzee et al., 2017). Come per l'introduzione, anche l'uomo può essere un vettore involontario di dispersione dei propaguli di *E. crassipes*, attraverso la movimentazione di natanti, reti, attrezzature ed equipaggiamenti. Tuttavia, per le ragioni precedentemente espresse, il peso dei vettori antropici nella diffusione della specie si suppone sia ridotto rispetto ai vettori naturali (Steffen et al., 2012; Coetzee & Hill, 2019). I semi di *E. crassipes* possono

essere dispersi dagli animali quali pesci e avifauna acquatica. Negli USA è stato osservato che i semi della pianta sono ingeriti dalla carpa comune (*Cyprinus carpio*), presente anche in Italia (introdotta), che contribuirebbe in questo modo alla loro diffusione (endozoocoria) (VonBank et al., 2015; Green, 2016). Gli uccelli acquatici potrebbero disperdere i semi di *E. crassipes* nel caso aderissero alle piume o alle zampe degli animali (ectozoocoria) (EPPO, 2008).

4 Impatti

Eichhornia crassipes è considerata la specie vegetale acquatica più pericolosa a livello globale per i suoi ben documentati impatti a livello ecologico e socio-economico (Coetzee et al., 2017). Quando *E. crassipes* crea una densa massa galleggiante, le ripercussioni negative per la colonna d'acqua sottostante sono notevoli sia a livello chimico-fisico sia biologico: vi sono variazioni del pH, della temperatura, la quantità di luce che può filtrare nella colonna d'acqua si riduce drasticamente; vengono ridotti gli scambi d'ossigeno tra l'acqua e l'ambiente aereo; può aumentare la torbidità dell'acqua per effetto delle radici della pianta che intrappolano il sedimento; i cicli biogeochimici vengono alterati poiché *E. crassipes* ha un'elevata capacità di assorbire nutrienti e contaminanti; essendo una pianta a crescita rapida, *E. crassipes* ha tassi elevati di evapotraspirazione che superano quelli di traspirazione delle acque libere e questo può ridurre la normale capacità di conservazione dell'acqua soprattutto dei corpi idrici più piccoli (Villamagna & Murphy, 2010; Pan et al., 2012; Brundu et al., 2013). Tutto questo può portare a una drastica diminuzione dei produttori primari (fitoplancton e macrofite sommerse che risentono per esempio della mancanza di luce) e ad un conseguente sconvolgimento della catena trofica di cui sono la base. In genere si assiste a un declino della biodiversità vegetale e a profondi cambiamenti nelle dinamiche vegetazionali, mentre gli effetti sulla comunità zoologica possono essere più complessi da inquadrare. Per esempio è stato osservato come secondo i casi *E. crassipes* possa avere un effetto negativo o positivo sugli invertebrati e la loro abbondanza; questo ha conseguenze rilevanti altrettanto negative o positive sui pesci che si nutrono di questi organismi, così come il declino della biodiversità vegetale ha effetti negativi sui pesci erbivori (Coetzee et al., 2017). Inoltre, *E. crassipes* può essere un elemento positivo nella diversificazione dell'ambiente per l'ittiofauna poiché può rappresentare un rifugio e un sito d'alimentazione per alcuni pesci, ma dall'altro lato è stato osservato come la forte riduzione dei livelli d'ossigeno nell'acqua dovuta all'esotica riduca l'abbondanza della comunità ittica. Ancora, l'avifauna acquatica può beneficiare della presenza di *E. crassipes* quando si creano le condizioni per cui le popolazioni di macroinvertebrati e pesci aumentano, ma quando la

presenza della pianta diventa massiva e copre l'intero specchio acqueo si ha un impatto negativo sulla comunità ornitica che non riesce più ad accedere al corpo idrico con conseguenze sul suo ciclo biologico (es. limitazioni/impossibilità di procacciarsi le prede nell'acqua; Pan et al., 2012; Coetzee et al., 2017).

Gli impatti deleteri a livello sociale ed economico si manifestano soprattutto quando la pianta raggiunge alti livelli d'infestazione in corpi idrici utilizzati per diverse attività: le estese masse galleggianti di *E. crassipes* possono rappresentare un grande ostacolo per l'accesso ai corpi idrici e per il passaggio dei natanti, con conseguenti impatti negativi per lo svolgimento di sport o attività ludiche acquatiche, l'utilizzo dei corsi d'acqua come vie di comunicazione, oltre che per il regolare funzionamento degli impianti di produzione d'energia idroelettrica (blocco o danneggiamento delle turbine); inoltre durante le alluvioni le grandi masse di *E. crassipes* possono ostacolare il defluire dell'acqua e aggravare gli effetti delle piene (Coetzee et al., 2017). In generale quando la presenza di *E. crassipes* è massiva, si riduce la velocità della corrente e aumenta la sedimentazione, con un conseguente maggior rischio d'esondazione dei corpi idrici colonizzati.

E. crassipes può arrecare impatti negativi anche all'agricoltura: in Asia e in Europa (Portogallo), sono stati riscontrati danni alle produzioni risicole (competizione interspecifica, ostacolo alle attività colturali) e problemi nell'approvvigionamento idrico dei frutteti a causa dell'ostruzione causata dalla biomassa delle piante lungo i canali irrigui (Coetzee et al., 2017). Ulteriori ricadute indesiderate possono manifestarsi sul fronte sanitario poiché la pianta può contribuire a creare un ambiente ideale per il proliferare di insetti nocivi quali per esempio le zanzare, possibili vettori di malattie anche gravi (Lazzaro et al., 2018).

5 Aspetti normativi

Eichhornia crassipes è una specie esotica invasiva inserita nell'elenco di specie di rilevanza unionale istituito ai sensi del Regolamento (UE) n. 1143/2014 del Parlamento Europeo e del Consiglio, recante disposizioni volte a prevenire e gestire l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive, a cui ha fatto seguito il Decreto Legislativo n. 230/2017 di adeguamento della normativa nazionale, "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 1143/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014". Per queste specie il Regolamento UE ha introdotto un generale divieto di commercio, possesso, trasporto e introduzione in natura, e impone un obbligo d'immediata

segnalazione, di controllo o eradicazione di queste specie. Deroghe ai divieti sono concesse, previa autorizzazione del MITE, a orti botanici e giardini zoologici, istituti di ricerca e altri soggetti che effettuano attività di ricerca o conservazione *ex situ*. In casi eccezionali, è concessa la possibilità di un'autorizzazione in deroga per motivi di interesse generale imperativo, compresi quelli di natura economica o sociale.

A livello regionale, la specie è inserita nella "lista nera" di Piemonte (DGR 46-5100 del 18 dicembre 2012, aggiornata con la D.G.R. 27 maggio 2019, n. 24-9076), Lombardia (D.G.R. n. XI/2658 del 16 dicembre 2019) e in Friuli Venezia Giulia nella "lista delle specie di rilevanza unionale presenti in FVG" (Delibera 811 del 6 giugno 2022 "Strategia regionale per il contrasto alle specie esotiche invasive (2021-2026)").) Sebbene in queste regioni, la specie sia assente (Piemonte) o casuale (Lombardia) da accertarne l'eventuale presenza in Friuli Venezia Giulia) è prevista la necessità di monitoraggi, allerta precoce per limitare il rischio di un suo ingresso e nel caso provvedere all'eradicazione.

6 Obiettivi del Piano

6.1 Obiettivo nazionale

Tenendo conto delle attuali conoscenze distributive, delle caratteristiche della specie, e sebbene sia nota una certa resilienza alle misure di contenimento, le difficoltà d'intervento e monitoraggio negli ambienti acquatici ed i limiti imposti dalla normativa vigente in relazione all'uso di prodotti fitosanitari negli ambienti acquatici, in Italia l'eradicazione di *Eichhornia crassipes* potrebbe essere un obiettivo ancora raggiungibile se perseguito con adeguate risorse economiche e di personale, con interventi corretti tempestivi e ripetuti più volte in un arco di tempo adeguato anche lungo (10 anni o più). Nelle Regioni dove la specie è assente deve essere impedita la sua comparsa.

6.2 Obiettivi regionali

Eichhornia crassipes è presente in Lazio e Sardegna e negli anni in entrambe le regioni sono stati avviati interventi finalizzati al controllo (Lazio) o all'eradicazione (Sardegna); tuttavia, le azioni intraprese non sono state risolutive anche a causa della discontinuità degli interventi (Brundu et al., 2013). Questo rappresenta un precedente rilevante di cui tenere conto nella gestione dell'esotica. Basandosi anche sull'esperienza pregressa (successi e fallimenti), è fondamentale che Lazio e Sardegna mettano in atto un piano per l'eradicazione di *E. crassipes* assicurando un impegno adeguato in termini di personale, attrezzature per un periodo di tempo consono all'obiettivo. Nell'attesa d'intervenire per l'eradicazione della specie, è necessario che queste Regioni attuino un piano di contenimento che limiti/impedisca la diffusione della specie in altri siti (es. installazione barriere galleggianti. L'elaborazione di piani d'emergenza regionali (*contingency plan*) per le aste fluviali che sono o possono essere interessate dall'esotica può essere utile per assicurare una risposta rapida ed efficace nel caso di una nuova segnalazione della specie o del peggioramento dell'invasione (EPPO, 2014) sia per le regioni dove è invasiva sia dove la specie è casuale; a tal fine è necessario individuare gli enti responsabili, effettuare una mappatura dei potenziali stakeholder da coinvolgere e definire le modalità d'intervento più idonee.

La distribuzione di *E. crassipes* ha un buon livello di definizione in Italia (segnalazioni puntuali recenti), tuttavia è di primaria importanza che tutti i territori coinvolti avviino un'indagine in

campo e/o una ricognizione dei dati disponibili (es. da agenzie regionali per la protezione dell'ambiente, aree protette, consorzi di bonifica, ecc.), da concludersi in tempi brevi, per avere un quadro distributivo puntuale e dati sul grado d'infestazione e sulla biologia dell'esotica (per esempio è fondamentale capire dove e se vi è produzione di semi). In particolare, le Regioni dove la specie è casuale devono verificare con attenzione che effettivamente la specie non abbia costituito popolamenti stabili, soprattutto nelle regioni con climi potenzialmente più idonei o in prossimità di acque termali. Inoltre è necessario tener conto che, a causa dei cambiamenti climatici in atto, aree che finora non erano idonee per la specie potrebbero diventarlo.

In tutte le altre Regioni in cui la specie è ancora assente deve essere predisposto un sistema di sorveglianza che permetta il rapido rilevamento di nuove introduzioni a cui dovrà seguire una tempestiva comunicazione al MITE (ai sensi dell'art.19 del D.Lgs. 230/17) e altrettanta tempestiva attuazione delle misure di eradicazione rapida di cui al presente Piano

Di seguito è riportata la tabella di sintesi con le azioni gestionali previste suddivise per Regioni e Province autonome. Si ricorda che il monitoraggio è obbligatorio in tutte le regioni e province autonome ai sensi dell'art.18 del D.Lgs.230/17; la risposta rapida consiste nell'eradicazione rapida attuata ai sensi dell'art.19 del D.lgs.230/17 a seguito della prima segnalazione sul territorio regionale o provinciale della specie; l'eradicazione è un'attività attuata ai sensi dell'art.22 del D.Lgs.230/17 nel caso di una specie da presente sul territorio regionale o provinciale.

Tabella 6.1. Azioni gestionali previste suddivise per Regione e Province autonome.

Regione	Prevenzione	Eradicazione (art.22)	Controllo/ contenimento (art.22)	Risposta rapida (eradicazione art.19)	Monitoraggio
Abruzzo	X			X	X
Basilicata	X			X	X
Bolzano	X			X	X
Calabria	X			X	X
Campania	X			X	X
Emilia Romagna	X			X	X
Friuli Venezia Giulia	X			X	X
Lazio	X	X			X
Liguria	X			X	X
Lombardia	X			X	X
Marche	X			X	X
Molise	X			X	X
Piemonte	X			X	X
Puglia	X			X	X
Sardegna	X	X			X
Sicilia	X			X	X
Toscana	X			X	X
Trento	X			X	X
Umbria	X			X	X
Valle d'Aosta	X			X	X
Veneto	X			X	X

7 Modalità d'intervento

7.1 Prevenzione

7.1.1 Prevenzione di introduzioni accidentali

L'applicazione del Regolamento UE 1143/2014 intende prevenire l'introduzione di *Eichhornia crassipes* attraverso il commercio di piante, il maggiore vettore d'introduzione volontaria. Tuttavia, non è da escludere che la specie possa essere ancora acquistata o scambiata anche con nomi differenti o a seguito d'identificazioni errate. Come già espresso, *E. crassipes* vanta una lunga storia commerciale ed è una specie ornamentale sempre molto ricercata, pertanto è necessario fare attenzione, soprattutto a scambi e vendite su canali di *e-commerce* o anche su forum amatoriali. Per esempio, nello stato di Victoria in Australia, dove *E. crassipes* è una specie proibita, il Biosecurity Office del Dipartimento dell'Agricoltura ha individuato su eBay, Gumtree e Facebook diverse offerte di vendita della pianta e le indagini a seguire hanno portato alla requisizione di più di 350 piante di *E. crassipes* (Munakamwe & Constantine, 2017). Anche in Italia, sebbene in misura ridotta, ancora oggi è possibile trovare annunci di piante di *E. crassipes* in vendita per pochi euro su piattaforme di scambio e vendita on line. Tuttavia è abbastanza frequente che ormai i vivai proponano come alternativa "legale" *E. azurea* (specie centro-sudamericana, radicata al fondo, con foglie alterne sul fusto allungato, assenza di picciolo ingrossato, lobi del perianzio con margine eroso). Le due specie sono facilmente distinguibili per una persona preparata e informata, ma sono possibili comunque confusioni anche a causa delle variazioni fenotipiche di entrambe (Téllez et al., 2008) e di cartellinature errate. Inoltre è necessario fare attenzione non solo alle piante, ma anche al commercio di semi che invece sono piuttosto simili tra le due specie. Al fine di scongiurare questi rischi è necessario che: siano effettuati periodicamente controlli *on line*; i controlli delle autorità competenti sul territorio e presso le dogane siano eseguiti da personale formato e aggiornato sulle caratteristiche della specie e i suoi tratti identificativi (oltre ad *E. azurea* sono presenti altre specie congeneri, meno note, per le quali Téllez et al., 2008 forniscono una facile chiave identificativa del genere, sebbene oggi *E. crassipes* e congeneri rientrino nel genere *Pontederia*); le Regioni e Province autonome promuovano attività di formazione e sensibilizzazione in merito alle norme vigenti sulle specie aliene invasive, gli impatti negativi sulla biodiversità di queste specie nonché sulle buone pratiche per prevenirne l'introduzione in natura per importatori e venditori ma non solo

(si veda oltre). In genere la specie è ben individuabile, ma qualora le difficoltà identificative permanessero (semi, giovani piante, ecc.) è possibile ricorrere a tecniche di DNA barcoding (Scriver et al., 2015).

Sebbene l'introduzione accidentale di *E. crassipes* come contaminante di materiali vegetale o "autostoppista" su imbarcazioni (spostamento e commercio imbarcazioni, incluse quelle usate, motori, ecc.), attrezzature ed equipaggiamenti sportivi, non sia un vettore molto probabile, è necessario comunque sottoporre i materiali ad adeguate misure prima dell'ingresso nel Paese o sul confine o comunque prima dell'utilizzo nei corpi idrici italiani (Coetzee & Hill, 2019). I materiali devono essere attentamente ispezionati e immersi in acqua calda oppure esposti direttamente al vapore o a disinfettanti acquatici per l'eliminazione di propaguli vitali. Queste misure rientrano comunque tra le buone pratiche da applicare per prevenire l'introduzione di organismi nocivi tramite questi vettori.

In generale, le campagne di informazione e sensibilizzazione promosse da Regioni e Province autonome devono rivolgersi all'intera cittadinanza al fine di evitare l'introduzione o la diffusione illegale o involontaria della specie..

7.1.2 Prevenzione d'espansione secondaria

È necessario porre massima attenzione all'espansione secondaria di *Eichhornia crassipes*, poiché la pianta è in grado di diffondersi rapidamente e con facilità da nuclei già costituiti (vedasi paragrafo 3).

In primis, deve essere impedita la dispersione di propaguli di *E. crassipes* attraverso la corrente o il vento isolando i nuclei con barriere sommerse o galleggianti; questa misura impedisce la dispersione delle piante galleggianti (ramet), ma non dei semi qualora venissero prodotti (Coetzee & Hill, 2019). Le barriere richiedono una periodica manutenzione e devono essere controllate a seguito di eventi di piena o di altro tipo che possono danneggiarle. Circoscrivendo i nuclei si può impedire anche l'accesso a queste aree e quindi limitare anche eventi di dispersione da parte dell'uomo; inoltre, se possibile, dovrebbe essere interdetto l'accesso anche alla fauna selvatica che potrebbe rappresentare un ulteriore vettore di dispersione. L'utilizzo di barriere facilita le operazioni di mappatura e rimozione della pianta all'interno del nucleo circoscritto, ma può avere un impatto negativo sulla biodiversità acquatica e le barriere stesse possono diventare un elemento di disturbo nel percorrere i corpi idrici, se delivte (Coetzee & Hill, 2019).

E. crassipes può essere dispersa accidentalmente quando i suoi propaguli restano "impigliati" su natanti, carrelli per imbarcazioni, reti, attrezzature sportive, ecc., ma l'uomo può disperdere anche volontariamente la specie, attratto dalla sua bellezza e particolarità. Pertanto le campagne di informazione e sensibilizzazione sopracitate sono destinate anche ai fruitori dei corpi idrici (es. pescatori, sportivi, proprietari di natanti, bagnanti) dove la pianta è presente e in quelli dove potrebbe arrivare, affinché sia resa nota la pericolosità della pianta, i divieti legati alla sua detenzione, le sue caratteristiche distintive e quali buone pratiche igieniche seguire per eliminare i propaguli da natanti, attrezzature, ecc.. I propaguli vitali possono essere rimossi manualmente attraverso un attento esame dei materiali (i ramet in genere sono ben visibili), che si possono sottoporre anche a un lavaggio con acqua calda e successiva asciugatura; questa pratica è particolarmente indicata nel caso in cui siano presenti i semi di *E. crassipes* che possono restare nel sedimento fangoso che può aderire negli interstizi di natanti ed equipaggiamenti. Nelle fasi di pulizia è necessario fare attenzione a scaricare le acque di lavaggio correttamente, al fine di non diffondere propaguli vitali della specie. Queste norme di biosicurezza sono sempre consigliate quando si usufruisce di corpi idrici colonizzati da macrofite infestanti e sono diversi i progetti che promuovono queste pratiche come per esempio "Check, Clean and Dry" in Gran Bretagna (<http://www.nonnativespecies.org/checkcleandry/>) e in Nuova Zelanda (<https://www.mpi.govt.nz/travel-and-recreation/outdoor-activities/check-clean-dry/>) o "Clean, Drain, Dry" in Canada (British Columbia; <https://bcinvasives.ca/resources/programs/clean-drain-dry>) e che forniscono indicazioni puntuali alle diverse categorie di fruitori dei corpi idrici. Nell'ambito del progetto Life ASAP sono stati tradotti e sintetizzati in una brochure i codice di condotta dedicati a Pesca sportiva e nautica da diporto e specie aliene invasive (scaricabili da <https://www.lifeasap.eu/index.php/it/progetto/documenti> o dal sito www.specieinvasive.it) con i principi fondamentali per prevenire la diffusione accidentale delle specie aliene tramite queste attività. Queste misure devono essere eseguite dai singoli soggetti, ma è necessario anche che gestori, responsabili delle attività nautiche sportive e ludiche, associazioni di categoria si adoperino per la loro attuazione attraverso opere di sensibilizzazione (es. campagne informative, condivisione codici di comportamento nell'accesso ai corpi idrici) e l'allestimento di siti per la pulizia e decontaminazione idonei a questi scopi. In alcuni Paesi (es. Irlanda) è stato promosso l'utilizzo di un biosecurity kit per pescatori al fine di incentivare la disinfezione delle attrezzature da pesca (<https://www.qub.ac.uk/research-centres/cirb/FileStore/Fileupload,403114,en.pdf>).

7.2 Gestione

7.2.1 Risposta rapida ed eradicazione

In caso di nuove introduzioni si procede all'eradicazione rapida secondo le modalità di cui ai commi 3 e 4 art. 19 del D.Lgs. n. 230/2017, tramite i metodi di intervento sotto descritti. In presenza di nuclei ridotti, quando *Eichhornia crassipes* è ancora a uno stadio preliminare d'infestazione, la pianta può essere eradicata attraverso la rimozione manuale e meccanica o attraverso un approccio integrato delle due tecniche. Quasi mai un solo intervento di rimozione manuale e/o meccanica è sufficiente per eliminare l'esotica, in genere è necessario prevedere un piano di attività successive per ripetere gli interventi di rimozione delle piante sfuggite al primo passaggio o di quelle nuove nate dalla *soil seed bank* (se presente). Durante gli interventi di rimozione manuale e meccanica, è necessario prevedere l'utilizzo di barriere galleggianti onde evitare/limitare la dispersione di propaguli durante le attività; è bene fare attenzione anche durante le fasi intermedie tra la raccolta della biomassa vegetale e il conferimento in discarica, riducendo al minimo i passaggi, utilizzando macchinari idonei da sottoporre poi a un'attenta pulizia.

Prima di iniziare qualsiasi attività, è necessario pianificare attentamente gli interventi ed elaborare un piano di controllo pluriennale, prevedendo anche lo stanziamento di risorse economiche e di personale sufficienti negli anni successivi; per far questo è molto importante avviare un'indagine preliminare al fine di definire gli elementi più importanti dell'infestazione (mappatura dei nuclei dell'esotica, estensione e abbondanza della pianta, eventuale produzione di semi, fenologia, caratteristiche fisiche, chimiche e ambientali del corpo idrico, fattori di disturbo, fonti di nutrienti e inquinanti, ecc.). Le informazioni raccolte saranno utili per indirizzare al meglio le attività di eradicazione, che potranno essere modulate in base agli elementi raccolti: se utile, il corpo idrico potrà essere suddiviso in diverse unità gestionali ben definite dove potranno essere applicati metodi diversi in base alle necessità dettate dalle caratteristiche dell'infestazione e dell'ambito d'azione. È necessario formulare strategie flessibili anche in ragione del fatto che le masse galleggianti di *E. crassipes* possono spostarsi da un giorno all'altro, per le correnti o il vento, con conseguenze per le attività di eradicazione che potrebbero dover essere ri-modulate in base a dove si trovano i nuclei (Gettys et al., 2014). Dove possibile, è importante utilizzare barriere galleggianti che, oltre a evitare la dispersione di propaguli, limitino gli spostamenti della pianta e agevolino le operazioni di rimozione.

In genere il successo dell'eradicazione si ha quando l'infestazione è limitata. Oltre che dall'estensione dell'infestazione, il successo degli interventi è influenzato da diversi fattori fra cui la presenza di una produzione di semi vitali da parte di *E. crassipes* e le caratteristiche del corpo idrico infestato (Coetzee & Hill, 2019). I semi sono unità difficili (o impossibili) da intercettare con le misure di controllo e la presenza di un'abbondante *soil seed bank* può essere una fonte molto longeva di nuove piante con la necessità di ripetere le azioni di rimozione e i monitoraggi fino anche a 20 anni dopo il primo intervento. Per quanto riguarda le caratteristiche del corpo idrico, l'accessibilità, la copertura vegetale, la portata sono importanti nel determinare l'efficacia degli interventi (es. è particolarmente difficile individuare e rimuovere tutte le rosette di *E. crassipes* nel fitto di un canneto di cannuccia di palude). Oltre a questi elementi, anche la trofia delle acque è un elemento da tenere presente (vedasi paragrafo 1): quando è possibile, prima d'intervenire con gli interventi di rimozione è molto importante regolamentare le fonti d'inquinamento (es. eccesso nutrienti) perché in ambiente eu-/iper-trofico *E. crassipes* ha un'elevata *fitness* (eThekweni Municipality's Environmental Planning and Climate Protection Department, 2013). Una volta che la strategia d'azione è stata individuata, è consigliato (quando possibile) testare preventivamente le tecniche di eradicazione della specie in un'area ridotta, così da poter avere un quadro più preciso sulla loro efficacia e le possibili problematiche.

In genere le operazioni di rimozione fisica (manuale e meccanica) si concentrano nel periodo di riposo della pianta, quando la crescita è più lenta (Osmond & Petroschevsky, 2013). In Europa (Portogallo) e in Italia (Sardegna), *E. crassipes* è stata rimossa durante i mesi invernali, da dicembre (nei climi più miti la pianta non scompare durante l'inverno) (Laranjeira & Nadais, 2008; Brundu et al., 2013). Inoltre, considerato che la capacità rigenerativa di *E. crassipes* è legata alla presenza di carboidrati di riserva, le attività di controllo/eradicazione possono essere più efficaci quando tali riserve sono ridotte e la pianta è fisiologicamente più vulnerabile: negli USA si è osservato che in genere questa condizione si ha all'inizio della primavera (a latitudini in cui la pianta scompare durante l'inverno e riparte a primavera) o nelle fasi iniziali della colonizzazione (Madsen et al., 1993). In Portogallo le attività di rimozione meccanica della pianta si sono protratte da dicembre a maggio negli anni d'intervento (Laranjeira & Nadais, 2008). È importante intervenire prima che la pianta produca i semi (nel caso vi sia riproduzione sessuale) ed evitare di agire durante l'eventuale produzione e dispersione di semi della pianta.

7.2.2 Controllo in caso di presenza diffusa

I metodi di eradicazione rapida citati nel precedente paragrafo possono essere adattati al controllo di *Eichhornia crassipes* nei casi in cui la pianta sia ormai troppo diffusa per poter essere eradicata e debba essere portata a livelli "accettabili" di copertura (livelli che assicurino meno danni possibili). In particolare è consigliata una strategia integrata che preveda la rimozione meccanica e manuale. Nel caso di estese infestazioni, la rimozione manuale ha senso se si può fare affidamento su squadre di operatori molto numerose e in grado di lavorare continuativamente per diverse ore e giorni. Diversamente non è efficace come metodo di controllo. La rimozione meccanica è in genere il metodo più utilizzato per il controllo di *E. crassipes* (es. controllo dell'esotica nell'Agro Pontino nel Lazio; Brundu et al., 2013) perché permette di rimuovere grandi quantità di materiale in un tempo relativamente breve. In Portogallo, a fronte di un'estesa infestazione di *E. crassipes* nel sistema lagunare di Ria de Aveiro, la pianta è stata rimossa con mezzi meccanici (15500 m³ di biomassa vegetale trasportati poi in una vecchia cava inattiva per lo smaltimento) e ogni anno gli interventi si sono ripetuti, così da contenere *E. crassipes* a livelli di copertura tali da permettere il normale svolgimento delle attività ittiche nell'area (Coetzee & Hill, 2019).

Anche per il controllo di *E. crassipes* valgono le stesse indicazioni e precauzioni fornite per l'eradicazione rapida. Quindi, considerato che per effettuare un controllo efficace dell'esotica è fondamentale agire con continuità, è necessario pianificare attentamente gli interventi ed elaborare un piano di controllo pluriennale, prevedendo anche lo stanziamento di risorse economiche e di personale sufficienti negli anni successivi; per far questo è molto importante avviare un'indagine preliminare al fine di definire gli elementi più importanti dell'infestazione (mappatura dei nuclei dell'esotica, estensione e abbondanza della pianta, eventuale produzione di semi, fenologia, caratteristiche fisiche, chimiche e ambientali del corpo idrico, fattori di disturbo, fonti di nutrienti e inquinanti, ecc.). Le informazioni raccolte saranno utili per indirizzare al meglio le attività di eradicazione, che potranno essere modulate in base agli elementi raccolti: se utile, il corpo idrico potrà essere suddiviso in diverse unità gestionali ben definite dove potranno essere applicati metodi diversi in base alle necessità dettate dalle caratteristiche dell'infestazione e dell'ambito d'azione. È necessario formulare strategie flessibili anche in ragione del fatto che le masse galleggianti di *E. crassipes* possono spostarsi da un giorno all'altro, per le correnti o il vento, con conseguenze per le attività di eradicazione che potrebbero dover essere ri-modulate in base a dove si trovano i nuclei (Gettys et al., 2014). È importante utilizzare barriere galleggianti che evitino la dispersione di propaguli e, ove possibile, limitino gli spostamenti della pianta e agevolino le operazioni di rimozione.

L'accessibilità, la copertura vegetale, la portata del corpo idrico sono importanti nel determinare l'efficacia degli interventi (es. è particolarmente difficile individuare e rimuovere tutte le rosette di *E. crassipes* nel fitto di un canneto). Oltre a questi elementi, anche la trofia delle acque è un elemento da tenere presente (vedasi paragrafo 1): quando è possibile, contestualmente con gli interventi di controllo, è molto importante regolamentare le fonti d'inquinamento (es. eccesso nutrienti) perché in ambiente eu-/iper-trofico *E. crassipes* ha un'elevata *fitness* (eThekweni Municipality's Environmental Planning and Climate Protection Department, 2013). Una volta che la strategia d'azione è stata individuata, è consigliato (quando possibile) testare preventivamente le tecniche di eradicazione della specie in un'area ridotta, così da poter avere un quadro più preciso sulla loro efficacia e le possibili problematiche.

Come già indicato nel paragrafo precedente, in genere le operazioni di rimozione fisica (manuale e meccanica) si concentrano nel periodo di riposo della pianta, quando la crescita è più lenta (Osmond & Petroeschovsky, 2013). In Europa (Portogallo) e in Italia (Sardegna), *E. crassipes* è stata rimossa durante i mesi invernali, da dicembre (nei climi più miti la pianta non scompare durante l'inverno) (Laranjeira & Nadais, 2008; Brundu et al., 2013). Inoltre, considerato che la capacità rigenerativa di *E. crassipes* è legata alla presenza di carboidrati di riserva, le attività di controllo/eradicazione possono essere più efficaci quando tali riserve sono ridotte e la pianta è fisiologicamente più vulnerabile: negli USA si è osservato che in genere questa condizione si ha all'inizio della primavera (a latitudini in cui la pianta scompare durante l'inverno e riparte a primavera) o nelle fasi iniziali della colonizzazione (Madsen et al., 1993). In Portogallo le attività di rimozione meccanica della pianta si sono protratte da dicembre a maggio negli anni d'intervento (Laranjeira & Nadais, 2008). È importante intervenire prima che la pianta produca i semi (nel caso vi sia riproduzione sessuale) ed evitare di agire durante l'eventuale produzione e dispersione di semi della pianta

7.2.3 Metodi d'intervento

7.2.3.1 Rimozione manuale

La rimozione manuale permette un intervento a basso impatto ambientale (metodo selettivo), potenzialmente rapido sebbene impegnativo. Si può agire con rastrelli, pale, reti dalle sponde o dalle barche per poi raccogliere la biomassa in bidoni o sacchi adeguati allo scopo; è possibile sia richiesto anche l'intervento diretto di un operatore in acqua propriamente attrezzato (mute, scafandro da pescatore, ecc.). È un metodo d'eradicazione adeguato per infestazioni non troppo

estese (non più di 1 ha) (Coetzee & Hill, 2019). In genere, il margine di successo di questo tipo di azione spesso non è molto elevato, soprattutto quando *Eichhornia crassipes* è diffusa, per la difficoltà nel rimuovere tutte le piante; per esempio, è particolarmente difficile riuscire ad agire efficacemente quando la pianta penetra nelle formazioni di elofite (es. *Phragmites australis*, *Arundo donax*, ecc.). La rimozione manuale può essere usata in una strategia integrata con la rimozione meccanica.

7.2.3.2 Rimozione meccanica

La rimozione meccanica prevede l'impiego di macchinari per la raccolta della pianta (benne, gru, bulldozer, barche con reti a maglia fine, ecc.) e il successivo conferimento in siti di stoccaggio; in alcuni casi vengono utilizzati anche macchinari che distruggono la pianta e la lasciano inerte in loco (mietitrici, trinciatrici) (Coetzee & Hill, 2019), ma non è una tecnica consigliata poiché, rispetto alla rimozione della pianta, potrebbe esservi un più facile rilascio di propaguli vitali nell'ambiente oltre che di biomassa vegetale marcescente che potrebbe portare all'eutrofizzazione delle acque (eThekweni Environmental Planning and Climate Protection Department, 2013). La rimozione meccanica è un metodo che assicura la rimozione di grandi quantità di biomassa vegetale. È efficace soprattutto in aree in cui le macchine possono accedere facilmente, per questo è consigliabile integrare questo metodo con la rimozione manuale nelle aree che rimarrebbero escluse dal passaggio del macchinario (es. lungo le sponde, tra la vegetazione ripariale, ecc.). L'approccio integrato (meccanico + manuale) è stato applicato in Sardegna sul fiume Mare 'e Foghe (OR), dove *E. crassipes* è stata rimossa con successo attraverso autogru dotate di pinze, barche dotate di dispositivi di taglio e con l'intervento di operatori in acqua e su barca; la pianta è poi ricomparsa a causa dell'interruzione degli interventi successivi volti a eliminare definitivamente l'esotica (Brundu et al., 2013). Rispetto alla rimozione manuale, la rimozione meccanica è meno selettiva può avere un impatto negativo maggiore sull'ecosistema acquatico.

7.2.3.3 Utilizzo di agenti di controllo biologico

Eichhornia crassipes può essere controllata attraverso agenti biologici alieni quali insetti e agenti patogeni fungini (per l'elenco completo vedasi Coetzee et al., 2017). Tuttavia l'utilizzo di agenti biologici alieni per il controllo di *E. crassipes* in Italia non è mai stato testato e necessita di ulteriori prove e approfondimenti finalizzati a comprenderne la reale efficacia.

Inoltre l'introduzione di specie aliene in natura come agenti di controllo biologico (fino a poco tempo fa vietata) è regolamentata dal D.P.R. del 5 luglio 2019, n. 102 (Regolamento recante ulteriori modifiche dell'articolo 12 del decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche) per cui qualsiasi nuova immissione (ovvero introduzione di organismi non autoctoni) sul territorio italiano può essere autorizzata alla luce di motivate ragioni di rilevante interesse pubblico, connesse a esigenze ambientali, economiche, sociali e culturali, e non deve arrecare danno agli habitat naturali né alla fauna e alla flora selvatiche locali. L'autorizzazione può essere rilasciata con provvedimento del MITE ed è subordinata alla valutazione di uno specifico studio del rischio che l'immissione comporta per la conservazione delle specie e degli habitat naturali.

In base alle considerazioni sopraesposte, si sconsiglia al momento l'applicazione di questo metodo di controllo.

7.2.3.4 Utilizzo di prodotti chimici

Secondo quanto riscontrabile in letteratura (e.g., EPPO 2009, PM 9/8(1)), *Eichhornia crassipes* è sensibile a diversi principi e attivi ed alle loro diverse formulazioni, così come presenti in alcuni erbicidi. Tuttavia vi sono innumerevoli restrizioni in merito all'uso di questi prodotti negli ambienti acquatici o in prossimità degli stessi e, in alcuni casi, dei divieti d'uso assoluti. Queste limitazioni sono ampiamente giustificate dal rischio dei danni che potrebbero essere arrecati alla biodiversità, alla qualità delle acque e alla salute dell'uomo. Pertanto il controllo chimico di *E. crassipes* non è un metodo che si consiglia di prendere in esame.

Si ricorda che l'utilizzo di prodotti fitosanitari è disciplinato dalla normativa nazionale e comunitaria (Regolamento (CE) n. 1107/2009 e successivi aggiornamenti, Direttiva CE n. 128/2009, recepita in Italia da D. Lgs. n.150/2012 e dal Piano d'Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari - PAN), oltre che da norme locali a livello regionale e provinciale.

7.3 Trattamento scarti vegetali

Soprattutto nel caso d'infestazioni estese con alte densità di piante, la biomassa vegetale di *Eichhornia crassipes* destinata allo smaltimento rappresenta una problematica gestionale da non sottovalutare. Un ettaro di *E. crassipes* può contenere fino 2 milioni d'individui per un peso a 300 tonnellate di peso fresco, di cui il 90-95% è costituito da acqua (EPPO, 2009; Pan, 2012;

Coetzee et al., 2017). Le problematiche sono legate non solo allo smaltimento in sicurezza, finalizzato a rendere inerte il materiale, ma anche al deposito temporaneo nel corso degli interventi e allo sviluppo di odori sgradevoli e gas nocivi derivanti dalla grande quantità di biomassa vegetale in decomposizione durante le fasi di essiccamento. Data l'elevato contenuto d'acqua, la biomassa vegetale deve essere lasciata asciugare in un sito protetto (es. cave in disuso), lontano da corpi idrici in condizioni che non permettano la dispersione di propaguli vitali (durante questa fase è bene fare attenzione anche all'acqua che viene rilasciata dalla biomassa in decomposizione perché può essere un vettore di dispersione di propaguli vitali) e successivamente la biomassa può essere bruciata (Osmond & Petroeschovsky, 2013). La biomassa di *E. crassipes* può essere anche destinata al compostaggio o alla biodigestione, ma nel caso dello smaltimento di materiale vegetale contenente semi di *E. crassipes* è necessario fare attenzione poiché, nonostante i trattamenti ad alte temperature, i semi possono mantenere la vitalità e quindi una volta che i prodotti di tali processi vengono utilizzati o stoccati possono dar vita a nuovi individui e nuove infestazioni (Albano Pérez et al., 2015).

Inoltre, non va dimenticato che *E. crassipes* accumula contaminanti dall'acqua dei siti inquinati in cui cresce, quindi è necessario trattare adeguatamente la biomassa vegetale di scarto per evitare rischi per la salute e l'ambiente (Osmond & Petroeschovsky, 2013).

Come già specificato precedentemente, durante le fasi di rimozione e smaltimento di *E. crassipes* è importante limitare i rischi di dispersione dei propaguli, assicurando un rapido e sicuro conferimento della biomassa dal sito di rimozione ai siti di smaltimento (es. nastri trasportatori che convogliano la biomassa rimossa direttamente nei mezzi che la portano nei siti di smaltimento; Laranjeira & Nadais, 2008) e un'attenta pulizia di mezzi, macchinari ed equipaggiamenti utilizzati.

8 Personale coinvolto

È necessario impiegare personale formato adeguatamente per la gestione di *Eichhornia crassipes*, con esperienze nel controllo di piante aliene e macrofite acquatiche (possibilmente galleggianti), al fine di rendere efficaci le operazioni di controllo/eradicazione e limitare al massimo la dispersione accidentale dei frammenti della pianta. È necessario coinvolgere operatori con esperienza nel manovrare barche e attrezzature per la rimozione della pianta, nel caso di rimozione fisica, e operatori abilitati all'uso di fitofarmaci e con esperienza nella loro applicazione con macrofite acquatiche nel caso del controllo chimico. Il personale deve essere

dotato di dispositivi adeguati al lavoro nell'acqua alta (es. scafandro da pesca, mute) e a bordo di natanti; è possibile sia necessario l'impiego di operatori subacquei. Il personale coinvolto nella gestione della pianta deve prevedere professionisti in grado di stabilire i momenti migliori per intervenire, formare adeguatamente il personale e operatori affinché possano agire con perizia in campo al fine di ottenere i migliori risultati.

In merito alla prevista formazione del personale che dovrà operare nello svolgimento delle misure di gestione, al fine di garantire una base omogenea a livello nazionale, appositi materiali didattici verranno resi disponibili da ISPRA sul sito specieinvasive.it. Le Regioni e Province autonome circolano i materiali didattici messi a disposizione, eventualmente integrando ove necessario i percorsi formativi anche in relazione alle specifiche necessità e peculiarità dei contesti.

9 Tecniche di monitoraggio

È necessario che la distribuzione e le caratteristiche dei nuclei di *Eichhornia crassipes*, oltre che gli interventi in corso per la gestione della specie, siano costantemente aggiornati e verificati in campo dagli enti competenti.

9.1 Misure di sorveglianza e rilevamento precoce

Per rilevare precocemente nuovi siti di presenza di *Eichhornia crassipes*, è necessario indagare settori nuovi attraverso campagne periodiche di rilievo in campo in aree vocate (es. corpi idrici a lento scorrimento, acque con alte concentrazioni di nutrienti, aree nelle vicinanze di centri abitati; Osmond & Petroeschovsky, 2013), partendo dai corpi idrici in connessione ecologica con i siti di presenza della specie e/o eventualmente dalle zone più a rischio nel caso d'invasione biologica come per esempio aree protette o siti d'importanza naturalistica (EPP0, 2014). Nel caso di corsi d'acqua, l'asta fluviale deve essere indagata sia a monte sia a valle poiché la specie può essere trasportata in entrambe le direzioni dal vento o essere spinta dal passaggio di natanti. Il rilevamento da foto aerea/satellitare o di prossimità (uso di droni) può essere utile nell'identificare la presenza di *E. crassipes* all'inizio dell'invasione. In particolare, le immagini satellitari multispettrali (es. Sentinel-2 MSI) forniscono un alto grado di accuratezza nel rilevare la specie da remoto, come indicano diversi test effettuati per esempio in Sud Africa e in Libano (Thamaga & Dube, 2018; Ghousein et al., 2019). L'utilizzo di droni permette di ottenere immagini a maggiore risoluzione (sebbene a una scala geografica minore se paragonata a quella delle immagini satellitari), ancor più utili nel rilevamento precoce di *E. crassipes*; l'analisi delle immagini può essere perfezionata dall'utilizzo di algoritmi che consentono di individuare

l'esotica discriminandone la presenza anche in ambiti vegetati, sebbene possano esservi limiti operativi dettati dall'altezza di volo e dall'ampiezza dell'inquadratura in rapporto all'estensione e densità dell'infestazione (Hung et al., 2014; Qian et al., 2020). La mappatura e il monitoraggio di *E. crassipes* attraverso l'utilizzo di droni è stato testato anche in Sardegna, rivelandosi un metodo efficace e ripetibile, utile per rilevare la specie tempestivamente anche in ambiti di difficile accesso (Lozano et al., 2019). Organizzare il volo durante la fioritura di *E. crassipes* può agevolare ancor più gli operatori nell'individuare l'esotica (Hung et al., 2014). Il rilevamento satellitare o con droni permette di monitorare i corpi idrici a scale maggiori di quanto possa fare un operatore in campo, tuttavia, considerati i possibili limiti operativi del rilievo in remoto determinati anche dal tipo di ambiente indagato, le campagne di *early detection* non possono prescindere dall'impiego di operatori in campo. Il rilievo in campo può essere concentrato in ambiti difficili da indagare attraverso il rilievo da remoto e può consentire d'individuare la comparsa dell'esotica ai primissimi stadi di colonizzazione. Inoltre, l'impiego di operatori formati può consentire anche un rapido intervento di rimozione delle piante in nuovi siti, qualora sia possibile e risolutivo. Il periodo indicato per i rilievi è quando la pianta è nel suo periodo di massima crescita (primavera inoltrata, estate) e/o durante la fioritura (Osmond & Petroeshevsky, 2013).

Un'altra tecnica promettente, è l'utilizzo del DNA ambientale che prevede la raccolta di campioni d'acqua nel sito indagato e la successiva analisi finalizzata a individuare il DNA della specie presenti (Scriver et al., 2015; Coghlan et al., 2020).

Parallelamente a queste attività più specialistiche, il rilievo tempestivo della pianta può essere segnalato grazie al coinvolgimento dei cittadini attraverso campagne di *citizen science*. *E. crassipes* è facilmente individuabile e difficilmente confondibile con altre specie native o aliene della flora italiana. Comunque i cittadini devono essere adeguatamente istruiti sul riconoscimento della pianta e su quali parti fotografare (es. istruzioni tramite app), così che le foto possano essere validate da esperti. Le segnalazioni devono pervenire agli enti di competenza per la verifica delle segnalazioni e l'avvio delle procedure di rapido intervento, pertanto è necessario prevedere l'utilizzo di app o portali dedicati alla ricezione tempestiva delle informazioni dal territorio e di un gruppo di lavoro strutturato che possa verificare e agire sul territorio prontamente (es. App Biodiversità dell'Osservatorio per la Biodiversità di Regione Lombardia:

http://www.biodiversita.lombardia.it/sito/index.php?option=com_content&view=article&id=121:app-biodiversita&catid=79:generale&Itemid=464). È fondamentale che nelle operazioni di *early detection* siano coinvolti enti, consorzi e società di bonifica e tutti i soggetti che svolgono

attività economiche e non soprattutto nei territori dove è già stata segnalata *E. crassipes* e possono comparire con maggiore probabilità nuovi nuclei. Si porta ad esempio il caso della Toscana, dove il personale del Consorzio di bonifica Versilia Massaciuccoli è stato formato per poter monitorare adeguatamente il territorio di competenza così da agire tempestivamente e consentire la rapida eradicazione di *E. crassipes* (Ercolini, 2011).

9.2 Monitoraggio di presenza

Il primo dato necessario è la presenza/assenza della specie nei siti noti di *Eichhornia crassipes*, informazione essenziale per poter avviare un piano efficace di controllo/eradicazione/monitoraggio. A livello nazionale e regionale il numero di siti di presenza di *E. crassipes* rappresenta un indicatore del grado d'infestazione e il primo dato da monitorare con cadenza annuale.

Per ogni nucleo di *E. crassipes* individuato, è importante raccogliere dati quantitativi quali area occupata, copertura e, ove possibile e necessario, densità; inoltre vanno raccolte informazioni sulla fenologia e riproduzione della specie (es. produzione di semi vitali, presenza rinnovamento da eventuale *soil seed bank*), flora e fauna presenti (es. se sono presenti altre specie esotiche e se sono invasive) e rapporti di dominanza, caratteristiche del sito, accessibilità, connessione/isolamento con altri corpi idrici, grado e tipo di antropizzazione ecc.) utili anche per organizzare eventuali azioni di controllo e valutare le priorità d'intervento. Poiché le masse di *E. crassipes* possono muoversi liberamente sulla superficie dell'acqua per azione della corrente o del vento, il monitoraggio può essere più complesso. Per ovviare a questo problema, qualora sia possibile, si può dividere il corpo idrico in unità di gestione attraverso l'utilizzo di barriere galleggianti, così da riportare tutte le misurazioni a un'area fissa di riferimento (eThekweni Municipality's Environmental Planning and Climate Protection Department, 2013). Dopo alluvioni e piene, è bene ampliare il monitoraggio a corpi idrici dove *E. crassipes* potrebbe essere stata trasportata.

I dati di presenza e quantitativi devono essere raccolti con metodologie ripetibili e flessibili basate su un appropriato disegno di campionamento, che permetta una stima attendibile e robusta dal punto di vista statistico. I rilievi possono essere eseguiti percorrendo le sponde dei corpi idrici e con rilievi da barca o tramite l'accesso diretto in alveo degli operatori. Come per il rilevamento precoce, il monitoraggio delle aree di presenza di *E. crassipes* può essere effettuato integrando i rilievi in campo o affidandosi a tecniche di *remote sensing* o droni soprattutto nel caso di nuclei monifici più consistenti e già noti (si consiglia comunque sempre

almeno un rilievo in campo a supporto). Il rilievo da immagini satellitari è stato applicato anche su ampia scala come nel caso del Ruanda, dove l'analisi di immagini Landsat ha permesso di rilevare su scala nazionale quali fossero i corpi idrici dove la specie è presente (Mukarugwiro et al., 2019); dall'analisi di immagini satellitari multispettrali (Sentinel-2) è inoltre possibile rilevare le dinamiche stagionali di *E. crassipes*, dato importante per orientare le azioni di controllo (Thamaga & Dube, 2019).

Poiché le situazioni da monitorare possono essere varie e differenti, si consiglia di rifarsi alla letteratura presente sulle tecniche di monitoraggio delle macrofite in ambiente acquatico (es. ISPRA, 2014; Madsen & Wersal, 2017). Dato il rischio di dispersione di frammenti di *E. crassipes*, è consigliabile utilizzare metodologie di campionamento non distruttive (es. evitare rastrellamento per la stima della biomassa/abbondanza soprattutto in siti non isolati da barriere galleggianti e dove non sono previsti interventi di controllo). Gli operatori devono sanificare mezzi, equipaggiamento e attrezzature utilizzati per i rilievi.

È bene effettuare i monitoraggi durante la primavera inoltrata e l'estate, il periodo di massimo rigoglio e crescita della specie.

9.3 Monitoraggio dell'efficacia degli interventi

Il monitoraggio post-intervento è fondamentale per evitare una recrudescenza dell'infestazione e avviare tempestivamente gli interventi di follow-up. Almeno per il primo anno è necessario monitorare con maggiore frequenza il sito d'intervento (ogni 3-4 settimane, eventualmente con frequenze minori nel periodo invernale) così anche da stabilire un calendario di monitoraggio compatibile con la risposta della specie. Dopo gli interventi o a seguito di piene, è necessario allargare il monitoraggio anche ad aree in connessione con il sito d'intervento, dove potrebbero essere arrivati frammenti di *Eichhornia crassipes* che potrebbero originare nuovi nuclei. Gli elementi da monitorare sono: presenza di piante (ed eventuale rinnovamento), grado di copertura/infestazione della pianta. Nel caso d'interventi per controllare infestazioni gravi di *E. crassipes*, al fine di ottimizzare gli interventi di controllo, è possibile stabilire delle soglie limite, basate per esempio sul calcolo del livello accettabile d'infestazione, oltre le quali far scattare le misure di contenimento. Per esempio, è possibile stabilire che le azioni di controllo debbano essere avviate quando la pianta ricresce e arriva a coprire il 20% della superficie del corpo idrico (eThekweni Municipality's Environmental Planning and Climate Protection Department, 2013) o stabilire una soglia più consona a seconda delle condizioni ambientali in cui ci si trova. Il monitoraggio va effettuato nei momenti

di crescita maggiore e migliore visibilità della pianta, quindi tra la primavera inoltrata e l'estate. Durante i monitoraggi gli operatori possono rimuovere manualmente gli esemplari che ricompaiono dopo l'intervento, tenendo conto di tutte le norme di biosicurezza già illustrate. I tempi complessivi del monitoraggio post-intervento possono coprire un arco di tempo variabile a seconda della presenza o meno di semi e della *soil seed bank*, fattore che influenza anche la durata degli interventi di *follow-up*: nel caso in cui non vi sia una produzione di semi (propagazione vegetativa esclusiva), i monitoraggi post intervento devono durare per almeno 5 anni successivi dall'ultimo rinvenimento della specie; nel caso in cui sia stata accertata la produzione di semi, i monitoraggi devono durare almeno 15-20 anni (periodo stimato di vitalità della *soil seed bank*) dall'ultimo rinvenimento della specie o meglio dall'ultima dispersione di semi accertata. In alcuni casi è consigliato un regolare monitoraggio per un arco temporale di almeno 30 anni (Osmond & Petroeschovsky, 2013).

Con cadenza annuale sono valutati e rendicontati al MITE i risultati degli interventi effettuati secondo quanto previsto dall'art.18, comma 5 del D.Lgs 230/2017.

10 Bibliografia

Albano Pérez, E., Ruiz Téllez, T., Ramos Maqueda, S., Casero Linares, P. J., Vázquez Pardo, F. M., Rodríguez Medina, P. L., ... & Sánchez Guzmán, J. M. (2015). Seed germination and risks of using the invasive plant *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub. (water hyacinth) for composting, ovine feeding and biogas production. *Acta Botanica Gallica*, 162(3), 203-214.

Brundu, G., Stinca, A., Angius, L., Bonanomi, G., Celesti-Grapow, L., D'Auria, G., ... & Spigno, P. (2012). *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.: emerging invasive alien hydrophytes in Campania and Sardinia (Italy). *EPP0 Bulletin*, 42(3), 568-579.

Brundu, G., Azzella, M. M., Blasi, C., Camarda, I., Iberite, M., & Celesti-Grapow, L. (2013). The silent invasion of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. in Italy. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 147(4), 1120-1127.

Brundu, G. (2015). Plant invaders in European and Mediterranean inland waters: profiles, distribution, and threats. *Hydrobiologia*, 746(1), 61-79.

Caddeo, A., Iiriti, G., Loi, M.C., Brundu, G., Podda, L., Marignani, M., Stinca, A., Lazzeri, V., Guarino, R., Spampinato, G., Ardenghi, N.M.G., C.M. Musarella, Marinangeli, F., Montagnani, C., Arduini, I., Viegli, L., Villani, M.C., Magrini, S., Domina, G., Cianfaglione, K., Assini, S., Salerno, G., Carranza, M.L., Bolpagni, R., Bonini, I., Cogoni, A. (2019). Dai balconi ai parchi urbani: buone pratiche per un giardinaggio consapevole. Life ASAP, Pubblicazione realizzata nell'ambito dell'azione B5 del progetto LIFE15 GIE/IT/001039 "Alien Species Awareness Program" (ASAP).

Carnevali L., Monaco A., Alonzi A., Grignetti A., Aragno P., Genovesi P., 2021. Report regolamento specie esotiche invasive. In: Ercole S., Angelini P., Carnevali L., Casella L., Giacanelli V., Grignetti A., La Mesa G., Nardelli R., Serra L., Stoch F., Tunesi L., Genovesi P. (ed), 2021. Rapporti Direttive Natura (2013-2018). Sintesi dello stato di conservazione delle specie e degli habitat di interesse comunitario e delle azioni di contrasto alle specie esotiche di rilevanza unionale in Italia. ISPRA, Serie Rapporti 349/2021

Coetzee, J. A., Hill, M. P., Ruiz-Téllez, T., Starfinger, U., & Brunel, S. (2017). Monographs on invasive plants in Europe N° 2: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Botany Letters*, 164(4), 303-326.

Coetzee, J. & Hill, M. (2019). Information on measures and related costs in relation to species included on the Union list - *Pontederia crassipes* [*Eichhornia crassipes*]. Technical note prepared by IUCN for the European Commission.

Coghlan, S. A., Shafer, A. B., & Freeland, J. R. Development of an environmental DNA metabarcoding assay for aquatic vascular plant communities. *Environmental DNA*.

Galasso, G., Conti, F., Peruzzi, L., Ardenghi, N. M. G., Banfi, E., Celesti-Grapow, L., ... & Bandini Mazzanti, M. (2018). An updated checklist of the vascular flora alien to Italy. *Plant Biosystems*, 152(3), 556-592

Green, A. J. (2016). The importance of waterbirds as an overlooked pathway of invasion for alien species. *Diversity and Distributions*, 22(2), 239-247.

eThekwini Environmental Planning and Climate Protection Department. 2013. *Invasive Alien Plant Control Guideline Document*. eThekwini Municipality, Durban. Available from <https://www.invasives.org.za/files/132/Books%20&%20Booklets/805/Water%20hyacinth%20control%20%E2%80%93%20Guideline%20document.pdf>

EPPO. (2008). Data sheets on quarantine pests: *Eichhornia crassipes*. *EPPO Bull*, 38, 441-449.

EPPO. (2009). PM 9/8 (1): *Eichhornia crassipes*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 39, 460-464.

EPPO (2014). National regulatory control systems PM 9/19 (1) Invasive alien aquatic plants. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 44 (3), 457-471

Ercolini, P. (2011). Contributo alla conoscenza di specie esotiche in Toscana: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, nel comprensorio di bonifica della Versilia. *Biologia Ambientale*, 25, 55-59.

Gettys, L., Haller, W., & Petty, D. (Eds.) (2014). *Biology and Control of Aquatic Plants. A Best Management Practices Handbook: Third Edition*. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation, USA, 252pp.

Ghoussein, Y., Nicolas, H., Haury, J., Fadel, A., Pichelin, P., Abou Hamdan, H., & Faour, G. (2019). Multitemporal Remote Sensing Based on an FVC Reference Period Using Sentinel-2 for Monitoring *Eichhornia crassipes* on a Mediterranean River. *Remote Sensing*, 11(16), 1856.

Heidbüchel, P., Sachs, M., Stanik, N., & Hussner, A. (2019). Species-specific fragmentation rate and colonization potential partly explain the successful spread of aquatic plants in lowland streams. *Hydrobiologia*, 843(1), 107-123

Hung, C., Xu, Z., & Sukkarieh, S. (2014). Feature learning based approach for weed classification using high resolution aerial images from a digital camera mounted on a UAV. *Remote Sensing*, 6(12), 12037-12054.

Laranjeira, C. M., & Nadais, G. (2008). *Eichhornia crassipes* control in the largest Portuguese natural freshwater lagoon 1. *EPPO bulletin*, 38(3), 487-495.

Lastrucci, L., Foggi, B. (2006). Prima segnalazione di *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae) per la Toscana [First record of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae) in Tuscany]. *Atti Soc toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie B* 113: 27–30.

Lazzaro, L., Essl, F., Lugliè, A., Padedda, B. M., Pyšek, P., & Brundu, G. (2018). Invasive alien plant impacts on human health and well-being. In: Mazza, G., & Tricarico, E. (Eds.) (2018) "Invasive species and human health" (Vol. 10). CABI.

Lozano, V., Brundu, G., Ghiani, L., Sassu, A., Piccirilli, D., Gambella, F. (2019). Mapping and monitoring Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Sardinia (Italy) based on color-morphology features using Unmanned Aerial Vehicles. In: Pyšek, P., Pergl, J. & Moodley, D. (eds) (2019). 15th Ecology and Management of Alien Plant Invasions (EMAPi) Book of Abstracts:

Integrating research, management and policy. Institute of Botany, Czech Academy of Science, Průhonice.

Madsen, J. D., Luu, K. T. & Getsinger, K. D. (1993). Allocation of biomass and carbohydrates in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): pond-scale verification. Technical Report A-93-3. US Army Corps of Engineers Water-ways Experiment Station Vicksburg, MS. Jan. 1993

Madsen, J. D., & Wersal, R. M. (2017). A review of aquatic plant monitoring and assessment methods. *Journal of Aquatic Plant Management*, 55(1), 1-12.

Maniero, F. (2015). Cronologia della flora esotica italiana. Leo S. Olschki - Giardini e paesaggio, vol. 40.

Mukarugwiro, J. D. A., Newete, S. W., Adam, E., Nsanganwimana, F., Abutaleb, K. A., & Byrne, M. J. (2019). Mapping distribution of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Rwanda using multispectral remote sensing imagery. *African Journal of Aquatic Science*, 44(4), 339-348.

Munakamwe, Z., & Constantine, A. (2017). Illegal online trade of noxious weeds in Australia: monitoring and regulating e-commerce. In *19th NSW Biennial Weeds Conference Papers Experience the Highs—working smarter together*.

Osmond, R., & Petroeschevsky, A. (2013). Water Hyacinth Control Modules: Control Options for Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Australia. *NSW Department of Primary Industries: Orange, NSW*.

Pan, X., Villamagna, A. M., Li, B., Villamagna, A. M., & Li, B. (2011). *Eichhornia crassipes* Mart.[Solms-Laubach](water hyacinth). *A Handbook of Global Freshwater Invasive Species*, 47-56.

Patel, S. (2012). Threats, management and envisaged utilizations of aquatic weed *Eichhornia crassipes*: an overview. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11(3), 249-259.

Pellegrini, M.O.O., Horn, C.N. & Almeida, R.F. (2018) Total evidence phylogeny of Pontederiaceae (Commelinales) sheds light on the necessity of its recircumscription and

synopsis of *Pontederia* L. *PhytoKeys* 108: 25-83.
<https://doi.org/10.3897/phytokeys.108.27652><https://doi.org/10.3897/phytokeys.108.27652>

Pignatti, S., Guarino, R., & La Rosa, M. (2017). *Flora d'Italia* (Vol. 1). Edagricole, Milano.

Qian, W., Huang, Y., Liu, Q., Fan, W., Sun, Z., Dong, H., ... & Qiao, X. (2020). UAV and a deep convolutional neural network for monitoring invasive alien plants in the wild. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174, 105519.

Scoppola, A., Iberite, M., & Palazzi, A. M. (1986). Sulla presenza di *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. ed *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms nelle acque interne dell'Agro Pontino (Lazio). *Annali di Botanica (Roma), Studi sul territorio*, 44(Suppl. 4), 167-176.

Scriver, M., Marinich, A., Wilson, C., & Freeland, J. (2015). Development of species-specific environmental DNA (eDNA) markers for invasive aquatic plants. *Aquatic Botany*, 122, 27-31.

Steffen, K., Schrader, G., Starfinger, U., Brunel, S., & Sissons, A. (2012). Pest risk analysis and invasive alien plants: progress through PRATIQUE. *Eppo Bulletin*, 42(1), 28-34.

Thamaga, K. H., & Dube, T. (2018). Testing two methods for mapping water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the Greater Letaba river system, South Africa: discrimination and mapping potential of the polar-orbiting Sentinel-2 MSI and Landsat 8 OLI sensors. *International Journal of Remote Sensing*, 39(22), 8041-8059.

Thamaga, K. H., & Dube, T. (2019). Understanding seasonal dynamics of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the Greater Letaba river system using Sentinel-2 satellite data. *GIScience & Remote Sensing*, 56(8), 1355-1377.

Téllez, T. R., Pérez, E. A., Granado, G. L., & Guzmán, J. M. S. (2008). Water hyacinth systematics. In *EPPO/CoE Workshop "How to manage Invasive Alien Plants: The case studies of *Eichhornia crassipes* and *E. azurea**.

Tipping, P. W., Gettys, L. A., Minter, C. R., Foley, J. R., & Sardes, S. N. (2017). Herbivory by biological control agents improves herbicidal control of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Invasive Plant Science and Management*, 10(3), 271-276.

Villamagna, A. M., & Murphy, B. R. (2010). Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater biology*, 55(2), 282-298.

VonBank, J.A., Casper, A.F., Hagy, H. & Yetter, A. (2015) An Assessment of Aquatic Invasive Plants in the Illinois River: water hyacinth surveillance, mapping, persistence, and potential seed dispersal. Illinois Natural History Survey.

Zhang, Y. Y., Zhang, D. Y., & Barrett, S. C. (2010). Genetic uniformity characterizes the invasive spread of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), a clonal aquatic plant. *Molecular ecology*, 19(9), 1774-1786.