GIOVANNI CECCONI E PIERO NASCIMBENI*

RICOSTRUZIONE E NATURALIZZAZIONE DELLE DUNE ARTIFICIALI SUL LITORALE DI CAVALLINO**

PREMESSA

Nell'aprile del 1997, Magistrato alle Acque di Venezia - Consorzio Venezia Nuova hanno completato l'intervento di ripascimento di 11 km di spiaggia lungo il litorale di Cavallino, con l'apporto di circa 2.000.000 di m^3 di sabbia prelevata in mare. Parte della sabbia è stata utilizzata per ricostruire il cordone di dune nelle località di Ca' Savio, Ca' Ballarin e Valle Dolce (Fig. 1 alle pagine seguenti) con il duplice obiettivo di:

- difendere il territorio durante le mareggiate con una protezione flessibile agli attacchi del moto ondoso;
- ricreare l'ambiente della fascia di transizione fra battigia e ambiente retrodunale relitto.

Per raggiungere questi obiettivi, le dune artificiali sono state in parte già stabilizzate con un rilevante trapianto di vegetazione erbacea e arbustiva, impiegando soprattutto piante di ammofila e di tamerici. Al completamento di tutte le attività di trapianto, previsto nel corso del prossimo anno, saranno messe a dimora circa 1.000.000 di piante.

Si tratta della prima esperienza di questo genere, in Italia: per l'assoluta originalità dei lavori di riqualificazione ambientale avviati e per l'ampiezza dell'area costiera su cui si interviene.

In questo articolo sono illustrati le modalità esecutive adottate per il consolidamento e la naturalizzazione delle dune e i risultati del monitoraggio, a un anno dall'inizio dei lavori, sia nei siti naturali, dai quali sono state prelevate le piante di ammofila, sia nelle dune artificiali, formate nella primavera del 1996.

* *Giovanni Cecconi, ingegnere, è responsabile del servizio ingegneria del Consorzio Venezia Nuova; Piero Nascimbeni, dottore in scienze naturali, è consulente del Consorzio Venezia Nuova*

** *Le attività sono state condotte con i contributi scientifici del dott. Lorenzo Bonometto, presidente della Società veneziana di scienze naturali, del prof. Giovanni Caniglia, docente di Botanica sistematica all'Istituto di biologia dell'Università di Padova, del dott. Arduino Graziottin, direttore del Servizio forestale regionale del distretto di Treviso e Venezia*

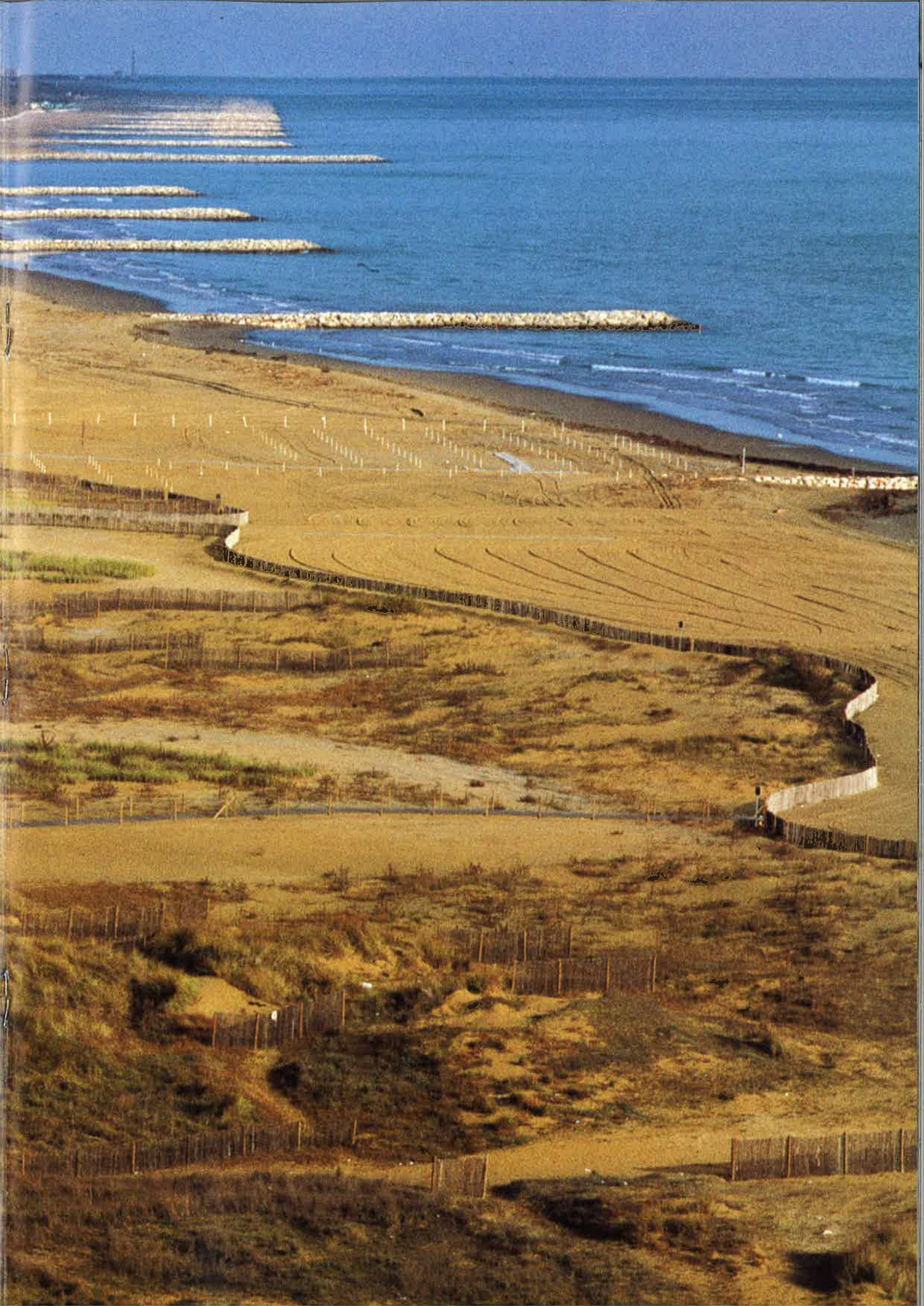
Nelle pagine seguenti
Fig. 1. A sinistra, duna ricostruita di Ca' Savio. A destra, la spiaggia dopo la costruzione dei nuovi pennelli e il ripascimento

LE DUNE ARTIFICIALI

Funzione delle dune

Il ripristino del cordone di dune di tipo naturale rappresenta un fondamentale intervento a integrazione delle opere di rinforzo del litorale di Cavallino. I sistemi dunosi, infatti, svolgono un'importante funzione nel difendere l'entroterra dagli allagamenti causati dalle mareggiate, nel mitigare l'azione del trasporto eolico e agendo come riserva di sabbia per il litorale durante le mareggiate più intense.

Il ripristino del cordone dunoso, inoltre, favorisce un importante processo di riqualificazione ambientale ricreando, nelle zone di pregio naturalistico e



paesaggistico, quella continuità nella sequenza degli habitat della fascia costiera che nel corso di questi ultimi decenni è stata ampiamente degradata, se non del tutto distrutta, per l'intensa pressione antropica.

Con la creazione di un complesso apparato di dune (Fig. 2 alla pagina precedente) vengono di fatto protette anche tutte le aree naturali tipiche del retroduna, umide o boscate, che possono trovare un buon sviluppo solo se adeguatamente riparate dagli effetti marini, come l'idrosol salmastro, e dall'erosione eolica.

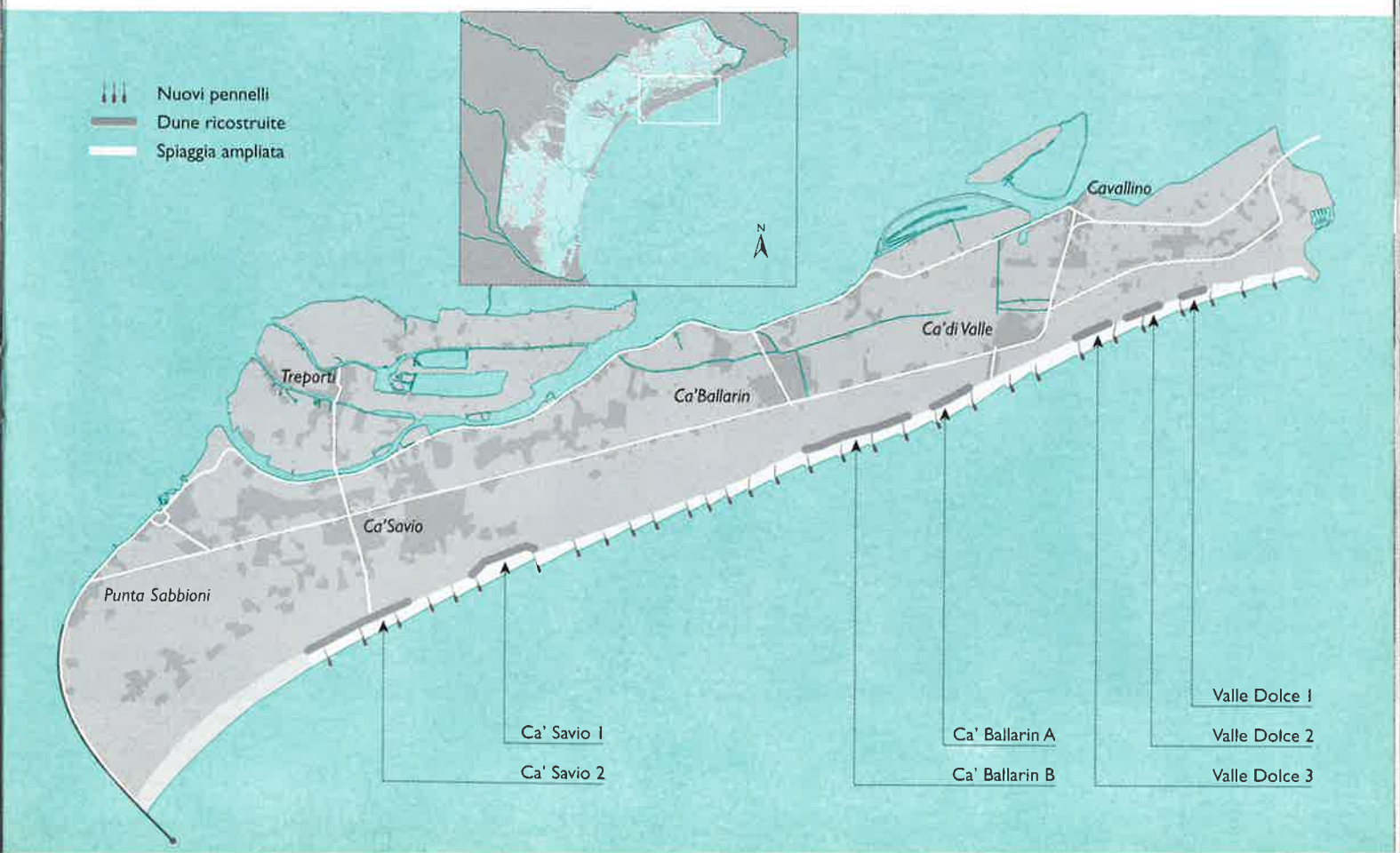
Alla pagina precedente
Fig. 2. Duna di Ca' Savio. Le nuove dune a Cavallino sono lunghe tra 300 e 1300 m, hanno una larghezza media di 60 m e un'altezza massima di 5 m

Caratteristiche costruttive

L'intervento è stato realizzato in sette aree (Fig. 3): due sulla spiaggia di Ca' Savio; due su quella di Ca' Ballarin; tre lungo l'arenile di Valle Dolce. La scelta delle aree dove ricostruire i cordoni dunosi è stata effettuata tenendo conto della presenza di frammenti ambientali di pregio, come i relitti di duna naturale, le depressioni retrodunali umide, oppure le aree boscate naturali. Si è anche tenuto conto della disponibilità spaziale adeguata (lunghezza da nord a sud e profondità verso l'entroterra) tale da permettere alle dune di potersi sviluppare, una volta consolidate, a una certa distanza dal mare mantenendo le proprie caratteristiche ecologiche.

L'edificazione dei sistemi dunosi, anch'essa completata nell'aprile di ques'anno, è stata realizzata mediante lo sversamento complessivo di circa

Fig. 3. Litorale di Cavallino. Localizzazione delle aree di intervento



150.000 m^3 di sabbia prelevata in apposite cave sottomarine situate a circa 15 km dalla costa e a una profondità di circa 20 m. Le sabbie sono poi state rifluite sul litorale e modellate con mezzi meccanici secondo i profili previsti dal progetto.

Una volta sagomate, le dune artificiali e le aree limitrofe soggette alla piantumazione, sono state attrezzate con recinzioni e frangivento di legno di castagno, per limitare il calpestio e accumulare le sabbie trasportate dal vento di bora, e con passaggi pedonali di legno di pino trattato che permettono il transito verso la spiaggia evitando daneggiamenti (Fig. 4).

Le dune artificiali sono state poi consolidate ("fitostabilizzate") con la messa a dimora di piante di ammofila (*Ammophila littoralis*), una graminacea caratteristica degli ambienti di duna il cui sviluppato apparato radicale rende

Fig. 4. Recinzioni, frangivento e passaggi pedonali su una duna ricostruita

possibile il consolidamento delle sabbie e l'edificazione dei cordoni dunosi litoranei, e di tamerici (*Tamarix gallica*), una specie arbustiva spesso adottata come frangivento e per consolidare le sabbie nelle fasce più interne.

Criteri adottati nell'approvvigionamento delle ammofile

Nel corso degli anni le profonde alterazioni degli ambienti dunosi costieri altoadriatici o mediterranei, in genere provocate dall'intensa pressione antropica sui litorali (per uso turistico e agricolo), hanno portato a una progressiva rarefazione della presenza di questi biotopi. Si è perciò determinata la conseguente diminuzione delle biodiversità animali e vegetali, causando, fattore ancora più grave per questi ecosistemi così fragili e mutevoli, la scomparsa delle ultime riserve genetiche.

Per tali motivi nel progetto di ripristino dei cordoni dunosi si è adottato il criterio di mantenere intatte, per quanto possibile nel contesto di un intervento artificiale, le caratteristiche ecologiche di pregio dell'area del Cavallino.

Si è deciso, quindi, di utilizzare per il consolidamento delle sabbie rifluite solamente specie vegetali autoctone, in maniera tale da poter salvaguardare le caratteristiche genetiche delle vegetazioni, e di acquisire il quantitativo di ammofile necessario da "siti di diradamento" naturali locali invece che approvvigionarsi da vivai esteri.

La limitata estensione e il forte stato di degrado in cui si trovano le aree dunali della fascia costiera altoadriatica ha costretto a un'attenta analisi per selezionare i siti da cui effettuare l'approvvigionamento delle ammofile. Inoltre sono state definite tutte le metodiche da seguire nelle operazioni di diradamento di popolamenti naturali che comportassero il minor impatto possibile sull'ambiente. Per esempio, si è agito solo sui cespi più densi con prelievi tra 5% e 10%.

A seguito della richiesta del Consorzio Venezia Nuova, documentata con uno studio di compatibilità ambientale, gli organi competenti (Capitaneria di Porto e Servizio Forestale regionale del distretto di Venezia-Treviso) hanno autorizzato per la stagione 1996 il prelievo delle piante di ammofila nelle aree dunose di Valle Vecchia di Caorle (in località Brussa) e della foce del Tagliamento per un quantitativo pari al 10% dei popolamenti presenti.

Nel 1997 gli stessi organi competenti, acquisito anche il nullaosta dell'Assessorato all'Ecologia del Comune di Venezia, hanno concesso l'autorizzazione al prelievo di ammofila in una limitata fascia dunosa lungo l'arenile di Caroman (sul litorale di Pellestrina) per un quantitativo pari al 5% dei popolamenti presenti (Fig. 5 alla pagina seguente). L'autorizzazione al prelievo nelle aree naturali è stata concessa con precise prescrizioni e richieste tra cui:

- la documentazione dello stato dei luoghi sia prima che dopo l'intervento per controllare eventuali danni subiti dai cordoni dunosi interessati al diradamento;
- la documentazione del prospettato beneficio a seguito del diradamento di

Fig. 5. Prelievo di ammofile a Caroman. Una volta raccolte, le piante di ammofila sono state riunite in fascine e provvisoriamente ricoperte di sabbia per proteggere le radici prima del trasporto e del successivo reimpianto al Cavallino

popolamenti naturali, in termini di stimolo alla rigenerazione dei cespugli;
- la documentazione del buon attecchimento delle piante sulle dune artificiali del Cavallino.

Fasi e schemi di impianto delle ammofile

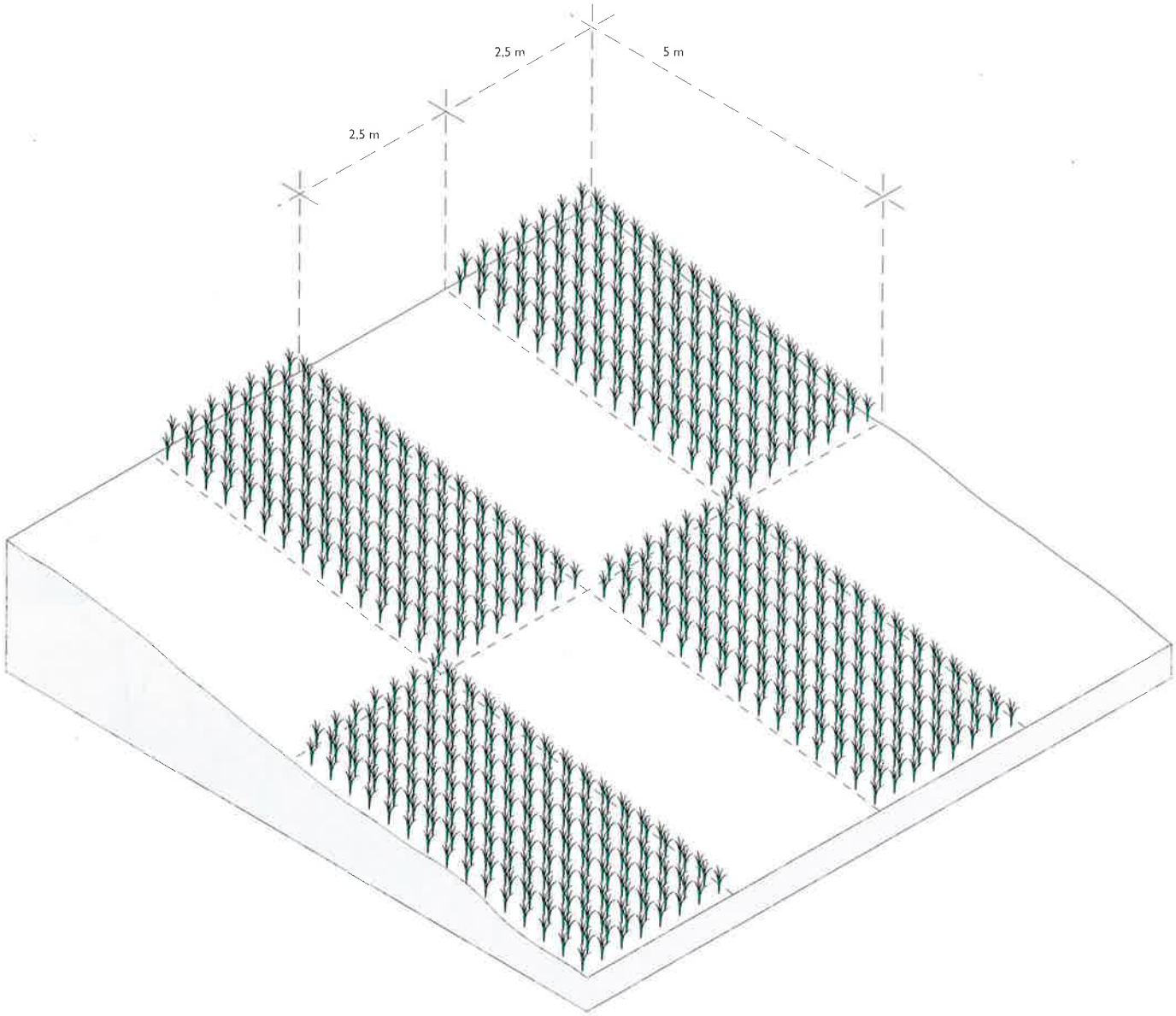
Per gli arenili di Ca' Savio 1 e 2 e di Ca' Ballarin B, il progetto prevede due fasi di messa a dimora delle piante: la prima con schemi di impianto più densi e la seconda con schemi di impianto più radi.

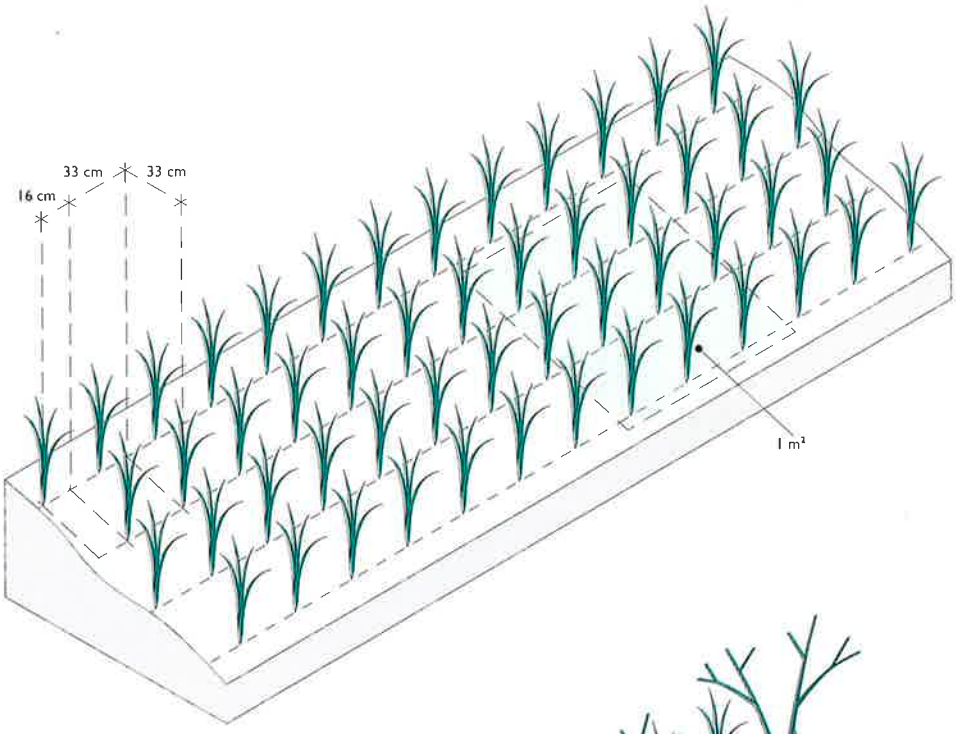
La prima fase comprende i seguenti schemi di impianto:
- sole piante di ammofila con disposizione casuale in moduli di superficie di 12,5 m^2 con una densità di 18 piante per m^2; tali moduli alternati ad altri non interessati al trapianto, costituiscono un modulo di superficie pari a 100 m^2 che presenta una densità complessiva di 9 piante per m^2 (Figg. 6 e 7 alla pagina seguente);
- sole piante di ammofila con disposizione a quinconce, cioè a "zig-zag", e con una densità di 9 piante per m^2 (Figg. 8 e 9 alle pagine 54 e 55);
- piante di ammofila e di tamerici con densità di 9 piante per m^2, per le ammofile e di 1 pianta per m^2 per i tamerici (Figg. 10 e 11 alle pagine 54 e 55);

La seconda fase comprende il seguente schema di impianto:
- sole piante di ammofila con una densità di 4 piante per m^2 (Figg. 12 e 13 alle pagine 54 e 55).

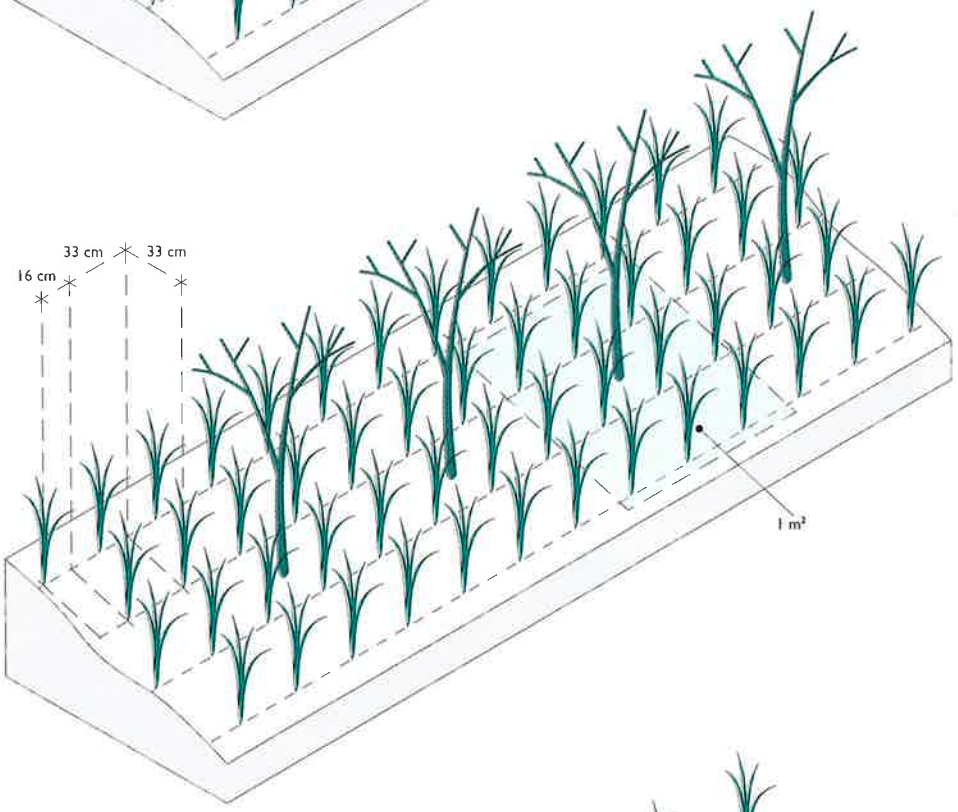
Per gli arenili di Ca' Ballarin A e di Valle Dolce si è prevista una sola fase di impianto con una densità di 9 piante per m^2.

Nella pagina seguente Figg. 6 e 7. Schema ed esempio di messa a dimora di ammofile con disposizione a moduli. Questa tipologia di intervento si propone di riprodurre velocemente la disposizione dell'ammofila in natura

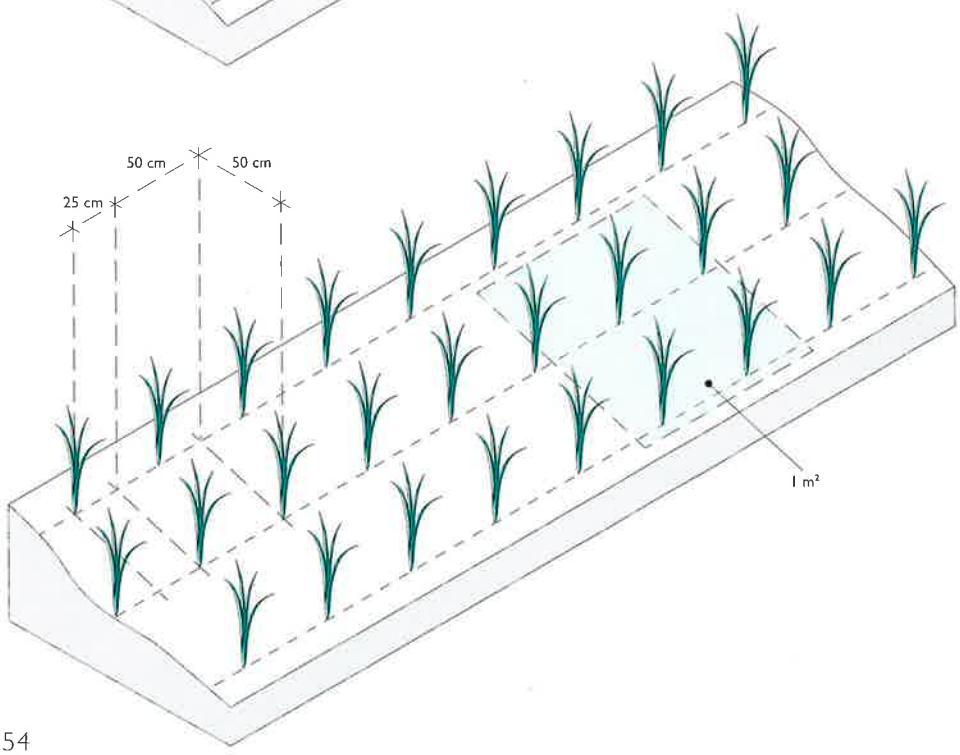

2,5 m
5 m
2,5 m



Figg. 8 e 9. Schema ed esempio di messa a dimora di ammofile con densità di 9 piante per m²



Figg. 10 e 11. Schema ed esempio di messa a dimora di ammofile (9 per m²) con tamerici, 1 pianta per m²



Figg. 12 e 13. Schema ed esempio di messa a dimora di ammofile con densità di 4 piante per m²

Stato dei lavori

Attualmente la stabilizzazione dei nuovi cordoni dunosi mediante la messa a dimora delle piante di ammofila e di tamerici (Figg. 14 e 15) è stata realizzata in 4 delle 7 aree di intervento.

Nella prima area, denominata "Ca' Savio 1" (tra il camping "Mediterraneo" e il camping "dei Fiori" per una lunghezza di 700 m) sono state completate entrambe le fasi di impianto. Nella prima fase, conclusasi nel maggio 1996, sono stati messi a dimora 9800 piante di ammofila e 1100 arbusti di tamerici; nella seconda fase, terminata nel maggio 1997, 74.000 piante di ammofila e 1800 arbusti di tamerici.

Anche nella seconda area d'intervento, denominata "Ca' Savio 2" (tra il camping "Ca' Savio" e il limite delle dune naturali preesistenti per una lunghezza di circa 1300 m) sono state completate le due fasi di impianto previste. Nella prima fase, ultimata nel maggio 1996, sono stati messi a dimora 172.000 piante di ammofila e 1600 arbusti di tamerici; nella seconda fase, conclusasi nel maggio 1997, 128.000 piante di ammofila, 5900 arbusti di tamerici e 100 arbusti di salice (*Salix rosmarinifolia*).

La terza area di intervento è denominata "Ca' Ballarin A" (davanti al camping "Union" per un estensione di circa 500 m). Qui è stata completata nel maggio 1997 l'unica fase di trapianto prevista dal progetto mettendo a dimora un quantitativo di 46.500 piante di ammofila e di 3900 arbusti di tamerici.

Infine, nella quarta area di intervento, denominata "Ca' Ballarin B" (tra il camping "Union" e la colonia "S. Paolo" per una lunghezza di circa 900 m) è stata portata a termine nel mese di maggio 1997 la prima fase di trapianto durante la quale sono stati messi a dimora 80.000 piante di ammofila e 3150 arbusti di tamerici.

Fig. 14 (a destra). Pulizia delle ammofile dal vecchio fogliame prima della loro messa a dimora. Questa operazione viene eseguita manualmente

Fig. 15 (in basso). Trapianto delle ammofile. Le piante vengono poste in buche profonde circa 30 cm scavate con un'apposita vanga

MONITORAGGI E CONTROLLI

Obiettivi delle attività

Le campagne di monitoraggio degli interventi di ripristino dei cordoni dunosi sono state eseguite sia nelle aree naturali della Brussa di Caorle e di Caroman interessate al diradamento della ammofile che nelle aree di impianto del Cavallino. Tali indagini hanno permesso di valutare in modo attento e sistematico la progressiva evoluzione delle opere e il successo degli interventi, sia in termini di compatibilità del diradamento sia in termini di crescita vegetale nelle dune artificiali.

Monitoraggi e controlli nelle aree di prelievo. Modalità

Nei siti naturali interessati dalle operazioni di diradamento sono stati eseguiti rilievi sulla vegetazione, in base alle prescrizioni del Servizio Forestale regionale, valutando, per due stagioni vegetative, gli effetti del calpestio e della diminuzione della biomassa e documentando il prospettato beneficio dello sfoltimento dei popolamenti naturali in termini di stimolo alla completa rigenerazione dei cespugli.

Risultati

In seguito ai vari sopralluoghi effettuati si è accertato che le operazioni di diradamento e l'impatto antropico dovuto al calpestio degli operatori non hanno comportato danneggiamenti nei popolamenti naturali di ammofila o nelle altre vegetazioni presenti.

Il dato più rilevante dei monitoraggi è stato il riscontro dello stimolo alla rigenerazione vegetativa con presenza di numerosi nuovi getti, da un minimo di circa 30 a un massimo di circa 80, all'esterno del cespuglio e nelle aree limitrofe. Questa ricolonizzazione da parte delle ammofile nelle dune naturali è stata rilevata in tutte le zone interessate all'espianto.

Monitoraggi e controlli nelle aree di impianto. Modalità

I monitoraggi nelle aree di duna ricostruita, che continueranno per due anni dopo il completamento dei lavori, comprendono sia la realizzazione di rilievi topografici, per evidenziare l'evoluzione morfologica dei corpi sabbiosi, sia la stesura di analisi vegetazionali, così da poter fornire informazioni sullo sviluppo naturale della vegetazione.

I profili topografici sono stati effettuati, oltre che nelle aree interessate dalla messa a dimora delle piante, anche lungo le aree naturali ove sono state posizionate solamente le barriere frangivento di legno. Tali profili, 8 a Ca' Savio 1, 18 a Ca' Savio 2, 7 a Ca' Ballarin A e 14 a Ca' Ballarin B, sono stati eseguiti mediante la tecnica della celerimensura[1].

Lungo i profili topografici sono stati successivamente effettuati i transetti vegetazionali per valutare qualitativamente lo stato della vegetazione, rappresentando la fisionomia e lo sviluppo spaziale delle associazioni vegetali presenti sia nelle aree di impianto artificiale che nelle eventuali aree dunose naturali comprese nelle zone di intervento. Per lo studio quantitativo della

[1] *Celerimensura: sistema di rilevamento rapido della quota del terreno che utilizza come strumentazione un teodolite di precisione, cioè uno strumento topografico e geodetico che consiste in una serie di goniometri e sistemi ottici in grado di effettuare misure di angoli azimutali o distanze zenitali*

distribuzione della vegetazione si sono adottate le tecniche comunemente utilizzate negli studi di fitosociologia: sia il metodo classico di Braun-Blanquet[2] che il conteggio degli individui.

Il conteggio degli individui è stato effettuato lungo i profili topografici e vegetazionali su aree campione di 4 m^2 ubicate a intervalli di 20-30 m. Questa tecnica rappresenta il sistema più obbiettivo di valutazione quantitativa della vegetazione nelle aree di impianto artificiale.

Per tutte le aree ogni controllo ha documentato: la tipologia di impianto, il numero di piante trapiantate e di quelle rilevate, l'altezza media delle piante, la presenza di infiorescenze (che indicano il completamento dello sviluppo vegetativo della singola pianta e la potenzialità di colonizzare per seme le aree circostanti), la presenza di altre specie colonizzanti le dune.

A completamento dello studio vegetazionale e per una più immediata sintesi del grado di successo dei trapianti sono stati introdotti due indici di qualità ambientale: il grado di vitalità dei trapianti, in base allo stato vegetativo della pianta, al suo rinnovamento fogliare, alla presenza di infiorescenze, alla produzione di nuovi getti; e il grado di naturalità dei trapianti, il quale rappresenta la potenzialità di naturalizzazione delle aree trapiantate in base alla colonizzazione di altre specie vegetali pioniere o consolidanti le sabbie e alla presenza di specie animali caratteristiche degli ambienti litoranei (soprattutto avifauna migratoria).

[2] *Metodo Braun-Blanquet: è il sistema di analisi maggiormente utilizzato per lo studio fitosociologico della vegetazione. Esso indica i valori in percentuale della superficie coperta dalla vegetazione su un'area ben definita; la stima della copertura viene effettuata usando una scala convenzionale di 5 classi (Braun-Blanquet modificata da Pignatti); cfr. Pignatti S., 1952-53,* Introduzione allo studio fitosociologico della pianura veneta orientale con particolare riguardo alla vegetazione litoranea

Risultati

I monitoraggi hanno permesso di verificare che nel complesso le operazioni di messa a dimora delle piante hanno dato eccellenti risultati evidenziando un ottimo attecchimento sia delle ammofile che dei tamerici (Figg. 16, 17 alla pagina seguente e Figg. 18, 19 a pagina 60).

Uno dei potenziali problemi nel trapianto di ammofile, che avrebbe potuto condizionare il successo delle operazioni, era lo stress dovuto alla siccità cui vengono sottoposte le piante per il trasporto e per l'adattamento ai nuovi suoli; l'attecchimento però è stato agevolato oltre che dalle tecniche adottate, che hanno permesso di ridurre al minimo lo stress iniziale, anche dalle favorevoli condizioni climatiche stagionali.

Infatti lo stato vegetativo delle ammofile, che è andato via via migliorando nel corso dei mesi, era già buono, in termini di rinverdimento delle foglie, della loro lunghezza e della loro consistenza, nel luglio del 1996.

Contestualmente anche la copertura del terreno è andata progressivamente aumentando. Nel mese di giugno del 1997 si sono raggiunti valori mediamente doppi (circa 60%) di quelli rilevati nel maggio del 1996 (circa 30%); infatti il numero delle piante di ammofila è aumentato nel corso della prima stagione vegetativa e vi è stato un infoltimento dei 3 steli iniziali per ogni singola pianta con un incremento di circa 9 volte: in media 27 steli con valori massimi di 56 steli per ogni pianta.

La misura delle altezze delle piante e delle lunghezze fogliari ha evidenziato, nel corso del 1996 e dei primi mesi del 1997, incrementi di oltre 20-25 cm rispetto alle misure iniziali del maggio 1996. Anche la misura degli apparati radicali, intesa come valutazione della lunghezza e del numero delle radichette laterali, ha evidenziato aumenti delle dimensioni delle radici di circa 4 volte rispetto a quelli iniziali.

Durante le intense perturbazioni dell'inverno scorso, in cui si sono avuti episodi prolungati di vento di bora anche superiore a 80 km/h con depositi di sabbia sulla prima linea di frangivento dell'ordine di 1 m, la duna artificiale non ha subito alcuna erosione evidenziando accumuli delle sabbie, di circa 10-15 cm, in in corrispondenza delle aree trapiantate.

Fig. 16 (a sinistra). Ammofile subito dopo il trapianto. Mostrano già un buon attecchimento con la crescita di nuovo fogliame e la presenza di infiorescenze

Fig. 17 (a destra). Dopo un anno. Le ammofile sono aumentate notevolmente di dimensione formando fitti cespugli

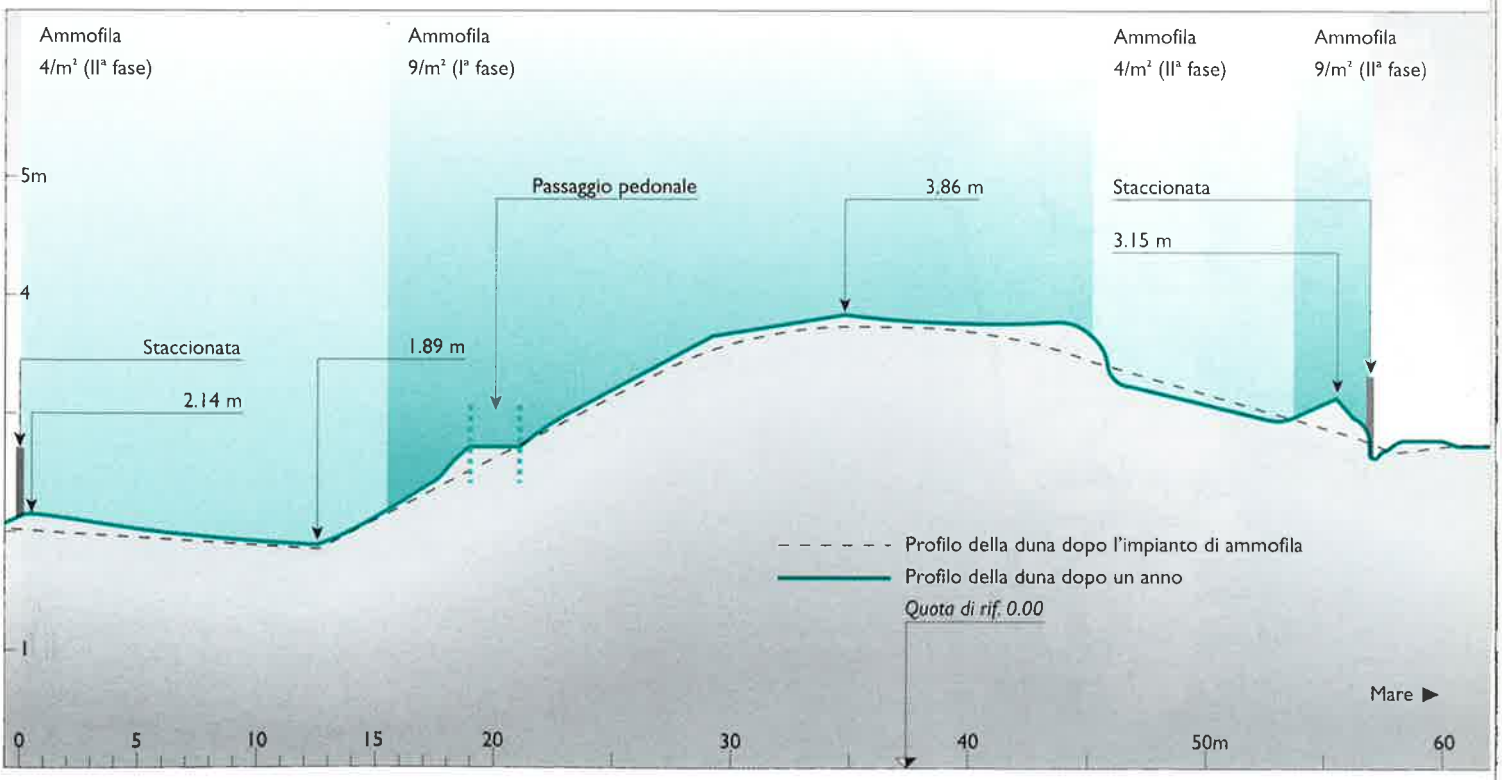
CONCLUSIONI

A un anno dal completamento della prima fase d'impianto le dune artificiali presentano uno sviluppo vegetativo e una integrità dei corpi dunosi in pieno accordo con le previsioni di progetto sia per quanto riguarda la difesa del territorio retrostante, sia per la valorizzazione ambientale (Fig. 20).

Dal punto di vista delle tecniche di diradamento e impianto è stata dimostrata l'efficacia del sistema adottato il quale potrà essere impiegato in tutti gli interventi di difesa idraulica con riporto di sabbia che saranno realizzati lungo le coste in erosione dell'Alto Adriatico.

L'opera è stata realizzata sul territorio del Demanio Marittimo e costituisce pertanto un bene pubblico la cui conservazione è in primo luogo affidata alla sensibilità e al senso civico delle persone che frequentano il litorale. Le dune per loro natura sono molto vulnerabili e a rischio di danneggiamenti gravi per effetto di atti vandalici o di usi impropri dell'ambiente litoraneo proibiti dalle leggi vigenti. Pertanto al significativo finanziamento erogato dallo Stato per la realizzazione delle dune, dell'ordine di 5 miliardi, dovrà far seguito un impegno delle Autorità locali per garantire la tutela di questi ambienti.

Si auspica infine l'istituzione di un servizio di educazione e sensibilizzazione del pubblico simile a quello già adottato con successo dall'Assessorato all'Ecologia del Comune di Venezia nell'oasi naturalistica di Caroman.

Nella pagina precedente Figg. 18 e 19. Efficacia del trapianto di ammofile secondo lo schema a moduli. In alto la situazione subito dopo la messa a dimora delle piante. In basso la situazione dopo un anno: si sono verificati significativi accumuli di sabbia con spessori variabili tra 10 e 40 cm nei versanti sopravento e tra 10 e 20 cm in quelli sottovento

In questa pagina Fig. 20. Esempio dell'evoluzione del profilo di una nuova duna a Cavallino