

3. LA ZONAZIONE DELLE ALOFITE: UN INDICATORE MORFOLOGICO

La vegetazione alofila, che caratterizza il paesaggio barenale, ha sviluppato numerosi adattamenti fisiologici, morfologici e fenologici che le permettono di contrastare con successo i fattori di stress caratteristici di questo ambiente quali la sommersione, l'elevata salinità del suolo, l'erosione e deposizione da parte della marea, il deficit di ossigeno, la scarsità di nutrienti essenziali in rapporto alla concentrazione ionica totale, la presenza di fitotossine, ecc.

Sebbene ci siano consistenti differenze fra le varie barene, la vegetazione che ospitano presenta due caratteristiche che si possono definire costanti (Adam, 1990):

- ridotta diversità specifica;
- variazione nella composizione in specie in relazione alla morfologia ed alla topografia del suolo.

Una barena non è mai completamente uniforme ma in essa sono evidenti zone distinguibili per la diversità della vegetazione (*Fig.3.1*). I diversi fattori che influenzano il ciclo vitale delle piante, associato alla topografia irregolare della superficie di barena, determinano, infatti, un complesso mosaico di microhabitat. Così la vegetazione, in una zona, non è un insieme casuale di piante, ma riflette la selezione prodotta dalle condizioni locali. Il fenomeno, noto con il termine di *zonazione*, può quindi essere utilizzato per misurare lo stato e le variazioni delle diverse barene.

3.1 La zonazione

Sebbene la natura zonale della vegetazione di barena sia largamente riconosciuta, ci sono ancora pochi dati sull'argomento. In generale, si ritiene che la distribuzione spaziale delle alofite

sia controllata da vari fattori sia abiotici che biotici. Negli ultimi anni l'individuazione di questi fattori ha largamente interessato la comunità scientifica.



Fig.3.1 –Esempio di variazione spaziale della vegetazione in una barena della laguna di Venezia.

Alla scala di singola barena, tra i fattori abiotici si considerano l'azione meccanica della marea, le condizioni microclimatiche (temperatura superficiale del suolo e illuminazione) e le caratteristiche del suolo quali la granulometria, la salinità, il pH, il contenuto in sostanza organica, la disponibilità di nutrienti e la presenza di sostanze tossiche. Tra i fattori biotici, grande importanza viene attribuita alla competizione, anche se risulta estremamente problematico capire fino a che punto essa abbia un ruolo significativo nella zonazione a causa della difficoltà nel distinguere gli effetti dovuti alla competizione da quelli dovuti all'ambiente fisico. Alcuni autori (Sanchez et al., 1996; Snow et Vince, 1984; Ungar, 1991; Ungar, 1998) ritengono che alle quote inferiori della barena, dove si presentano le maggiori condizioni di stress, la competizione sia molto bassa e che la sopravvivenza e distribuzione di una specie sia dovuta essenzialmente alla sua capacità di tollerare fisiologicamente le condizioni fisiche presenti a tali livelli. La competizione invece, sembra svolgere un ruolo rilevante nelle zone più

alte della barena alle quali la maggior parte delle specie alofile può crescere fino alla maturità riproduttiva.

In linea generale, ogni specie vegetale ha la capacità di vivere entro valori minimi e massimi per ciascun fattore, presentando un optimum ecologico, che può allontanarsi in parte da quello fisiologico, proprio della specie, in rapporto alla presenza di altre specie concorrenti o per l'interazione degli stessi fattori ambientali. Diverse specie con adattamenti ecologici molto simili possono quindi occupare una stessa zona dando appunto luogo alla zonazione. Da ciò si può dedurre che se si conoscono le specie vegetali presenti in una data area e la misura con cui esse partecipano al consorzio, si possono individuare situazioni molto simili o differenti semplicemente su base floristica: a composizioni floristiche simili, possono corrispondere situazioni ecologiche affini e viceversa.

Alcuni autori hanno suggerito che la zonazione dipende dalla *successione* della vegetazione nel tempo (Chapman, 1964; Abrami et Grassi, 1973). Tale ipotesi è basata sull'assunzione che lo sviluppo della barena avvenga principalmente ad opera della vegetazione mediante la cattura e la stabilizzazione dei sedimenti, determinando così un incremento della quota nel tempo (Adam, 1990; De Leeuw et al., 1993). In altre parole, le piante pioniere che colonizzano le aree emerse, stabilizzano il substrato e promuovono la sedimentazione innalzando la superficie. Questo permetterebbe ad altre specie di invadere la barena. Il processo continuerebbe fino a quando l'azione di sedimentazione e di consolidamento si equivale a quella di erosione raggiungendo così una condizione finale di stabilità detta *climax* (Odum, 1971).

Tuttavia, monitoraggi eseguiti in alcune barene olandesi (De Leeuw et al., 1993) hanno rivelato che la dinamica della vegetazione di barena quasi mai procede in accordo con gli schemi di successione dettati dalla zonazione. Inoltre la scarsa documentazione sui cambiamenti a lungo termine nella vegetazione di barena, fa sì che la maggior parte dei modelli di successione debbano essere considerati ipotetici (Adam, 1990).

Secondo alcuni autori (Beefink, 1977), la vegetazione tende a rimanere stabile ed inalterata per decine d'anni e, quando cambia, non segue dei particolari schemi di successione. Per altri (Mitsch et Gosselink, 1993), i meccanismi evolutivi delle barene sono principalmente legati a fattori fisici e non biologici.

Sebbene siano necessari ulteriori studi per dimostrare il rapporto che esiste tra evoluzione del suolo della barena ed evoluzione della vegetazione, è noto (Pirola, 1975) che al variare dei fattori ambientali caratteristici di un habitat, segue una corrispondente variazione nel tempo della composizione floristica e della distribuzione spaziale delle diverse popolazioni.

Se si prescindere dalla modalità con cui i vari fattori agiscono e interagiscono nel determinare la zonazione, risulta evidente la relazione che intercorre tra distribuzione spaziale delle alofite e differenze in quota della barena. Molti dei fattori sopra accennati sono, infatti, correlati con la quota anche se, nella maggioranza dei casi, in modo non chiaro. Tuttavia, se il fattore associato all'elevazione, impone una forte pressione selettiva alle popolazioni di piante, allora è possibile che la distribuzione spaziale delle alofite sia correlata con la quota secondo modelli riproducibili in diversi siti.

Se dunque le piante alofile rappresentano un importante indicatore della morfologia di barena, il monitoraggio della vegetazione, in termini di distribuzione spaziale delle varie specie di piante, può permettere di risalire indirettamente alla rappresentazione topografica della superficie di barena.

Allo scopo di individuare e quantificare la relazione tra topografia e vegetazione sono state eseguite delle campagne di rilevamento per alcune barene della laguna di Venezia i cui risultati sono descritti nei paragrafi successivi.

3.2 Aree di studio

Oltre alla barena S.Lorenzo (*Figg.2.1 e 3.2A*), per effettuare i rilievi vegetazionali, sono state scelte tre barene situate sempre in laguna nord (*Fig.3.2*) che sono state chiamate nell'ordine barena Salina (*Fig.3.3B*), barena Salina Nord (*Fig.3.3C*) e barena Palude Maggiore (*Fig.3.3D*). La prima barena si trova poco oltre l'isola Salina, la seconda è situata circa 1 Km più a nord mentre la terza si trova nella zona in cui il canale S.Felice si immette in Palude Maggiore. La scelta delle barene su cui fare le misure è stata dettata essenzialmente dai seguenti criteri:

1. che le barene non fossero di natura artificiale;
2. che i capisaldi per la calibrazione dello strumento utilizzato (teodolite laser) fossero sufficienti a garantire misure con elevata risoluzione;
3. che le barene fossero di facile accesso;
4. che fossero noti studi precedenti riguardanti in particolare gli aspetti vegetazionali, come nel caso della barena S.Lorenzo. (Caniglia et al., 1997; Consorzio Venezia Nuova, 1991).

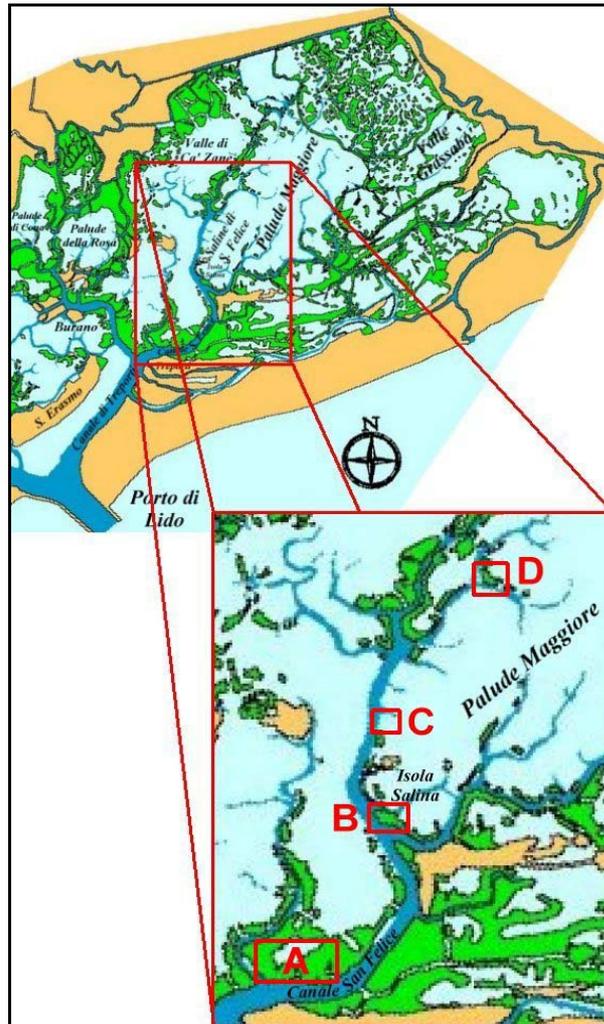


Fig.3.2 – Localizzazione delle barene studiate nella laguna nord di Venezia: (A) barena S.Lorenzo; (B) barena Salina; (C) barena Salina Nord; (D) barena Palude Maggiore.

3.3 Metodologia di rilevamento

Per il presente lavoro, nell'ottobre del 1999, sono stati eseguiti 238 rilievi, scelti in modo casuale, su un'area di circa 7 km² della barena S.Lorenzo e, nel periodo giugno/luglio 2000, 35 rilievi in barena Salina, 27 in barena Salina Nord e 53 in barena Palude Maggiore.

Per ciascun rilievo (avente un'area di circa 1 m²), sono stati determinati la quota e la posizione del terreno mediante un teodolite laser (Fig.3.4), e la composizione floristica, sia in termini di tipologia e numero di specie presenti, che in termini di copertura percentuale.



Fig.3.3 – Barena Salina (B); barena Salina Nord (C); barena Palude Maggiore (D).



Fig.3.4 – Teodolite laser

Ogni rilievo può essere condotto per conteggio o per stima a vista: il primo metodo fornisce dati più precisi mentre il secondo permette un campionamento più rapido e quindi più numeroso. Il conteggio diretto presenta delle difficoltà oggettive: molte specie di barena hanno

un apparato radicale e/o la parte basale del fusto di tipo rizomatoso, stolonifero o cespitoso, e quindi risulta complesso separare per la conta i diversi soggetti. Ad esempio la graminacea cespitosa *Puccinellia palustris* ed ancora la giuncacea *Juncus maritimus*, formano dei grossi cespi ed è arduo capire il numero esatto di individui presenti.

Per questo nel presente lavoro si è preferito utilizzare il metodo di rilievo a vista.

Il riconoscimento in campo delle varie specie di alofite è stato condotto mediante l'utilizzo di manuali floristici e si è avvalso della consulenza fornita dal prof. Caniglia, docente di botanica presso l'Università di Padova.

Numerosi autori (Béguinot, 1941; Pignatti, 1966 e 1982; Géhu et al., 1984) si sono occupati della vegetazione alofila che si trova in laguna di Venezia, descrivendo le specie presenti e comparandole con i rilevamenti di altri autori in ambienti simili. Qualche problema di univocità è presente nella nomenclatura usata dai vari autori ed a questo si è ovviato costruendo una tabella delle corrispondenze (*Tab.3.I*) per alcune specie di alofite incontrate nelle barene oggetto di questo studio. Come si può notare dal confronto tra le colonne della tabella, le differenze sono rilevanti non solo tra un autore e l'altro, ma persino tra gli scritti di uno stesso autore (v. Pignatti 1966 e 1982) pubblicati a distanza di alcuni anni. La nomenclatura adottata nel presente lavoro è quella proposta dall'opera più recente (Caniglia et al., 1997).

Le schede floristiche delle varie specie sono riportate in *Appendice B*.

3.4 Relazione tra vegetazione e quota del suolo

Una prima analisi dei dati è stata condotta considerando semplicemente la presenza di una specie indipendentemente dalla varietà delle altre. In *Tab.3.II*, per ciascuna barena, sono indicati il numero di campioni nei quali è stata individuata ogni specie, la quota media del suolo, la deviazione standard della quota e la quota massima e minima alla quale essa è stata osservata. Inoltre i valori medi e la relativa deviazione standard sono riportati in *Fig.3.5*.

Si osserva innanzi tutto che, alla scala della singola barena, la quota seleziona la presenza delle diverse specie con una risoluzione dell'ordine di pochi centimetri.

Tra le quattro barene vi è una qualche diversità nella tipologia delle specie rinvenute. La *Salicornia veneta* risulta assente solamente nella barena S.Lorenzo dove compaiono invece *Juncus maritimus*, *Suaeda maritima* e *Arthrocnemum macrostachyum* assenti nelle altre barene.

Nella barena Palude Maggiore compare inoltre *Halimione portulacoides*.

Tab. 3.II - Numero di dati, quota media del suolo, deviazione standard dalla media, quota massima e quota minima delle specie osservate in barena S.Lorenzo, barena Salina, barena Salina Nord e in barena Palude Maggiore. (Sal = *Salicornia veneta*, Sp = *Spartina maritima*, Li = *Limonium narbonense*, Sa = *Sarcocornia fruticosa*, Ju = *Juncus maritimus*, Pu = *Puccinellia palustris*, In = *Inula crithmoides*, Ha = *Halimione portulacoides*, Su = *Suaeda maritima*, Ar = *Arthrocnemum macrostachyum*).

SAN LORENZO	Sp	Li	Sa	Ju	Pu	In	Su	Ar
N° di dati	46	106	147	26	65	58	19	14
Quota media (cm)	17,5	22,2	28,5	30,1	30,2	31,3	34,9	42,5
Dev.St. (cm)	6,3	4,8	6,4	10,4	5,3	6,3	8,4	6,4
Quota max (cm)	37,7	37,9	47,9	48,2	46,2	47,9	55,4	55,4
Quota min. (cm)	0,8	9,3	16,9	15,3	20,3	20,3	25,2	31,9

SALINA	Sal	Sp	Li	Sa	Pu	In
N° di dati	3	11	19	17	3	5
Quota media (cm)	2,7	12,0	13,9	15,5	19,5	20,7
Dev.St. (cm)	1,8	2,1	4,0	4,5	3,1	1,9
Quota max (cm)	3,7	16,3	22,6	22,6	22,6	22,6
Quota min. (cm)	0,6	8,1	8,1	8,1	16,4	18,5

SALINA NORD	Sal	Sp	Sa	Li	In
N° di dati	5	12	13	8	3
Quota media (cm)	7,0	16,1	18,3	19,5	26,8
Dev.St. (cm)	2,6	4,2	5,2	4,5	2,5
Quota max (cm)	11,2	22,7	27,5	27,5	29,6
Quota min. (cm)	4,4	9,6	7,8	14,1	25,0

PALUDE MAGGIORE	Sal	Sp	Li	Sa	In	Ha
N° di dati	7	22	9	26	8	12
Quota media (cm)	14,8	23,3	24,2	26,8	27,0	30,8
Dev.St. (cm)	3,6	3,7	3,5	3,7	2,5	5,0
Quota max (cm)	20,6	28,1	28,9	35,2	30,7	39,8
Quota min. (cm)	10,5	17,3	17,4	17,3	23,2	24,0

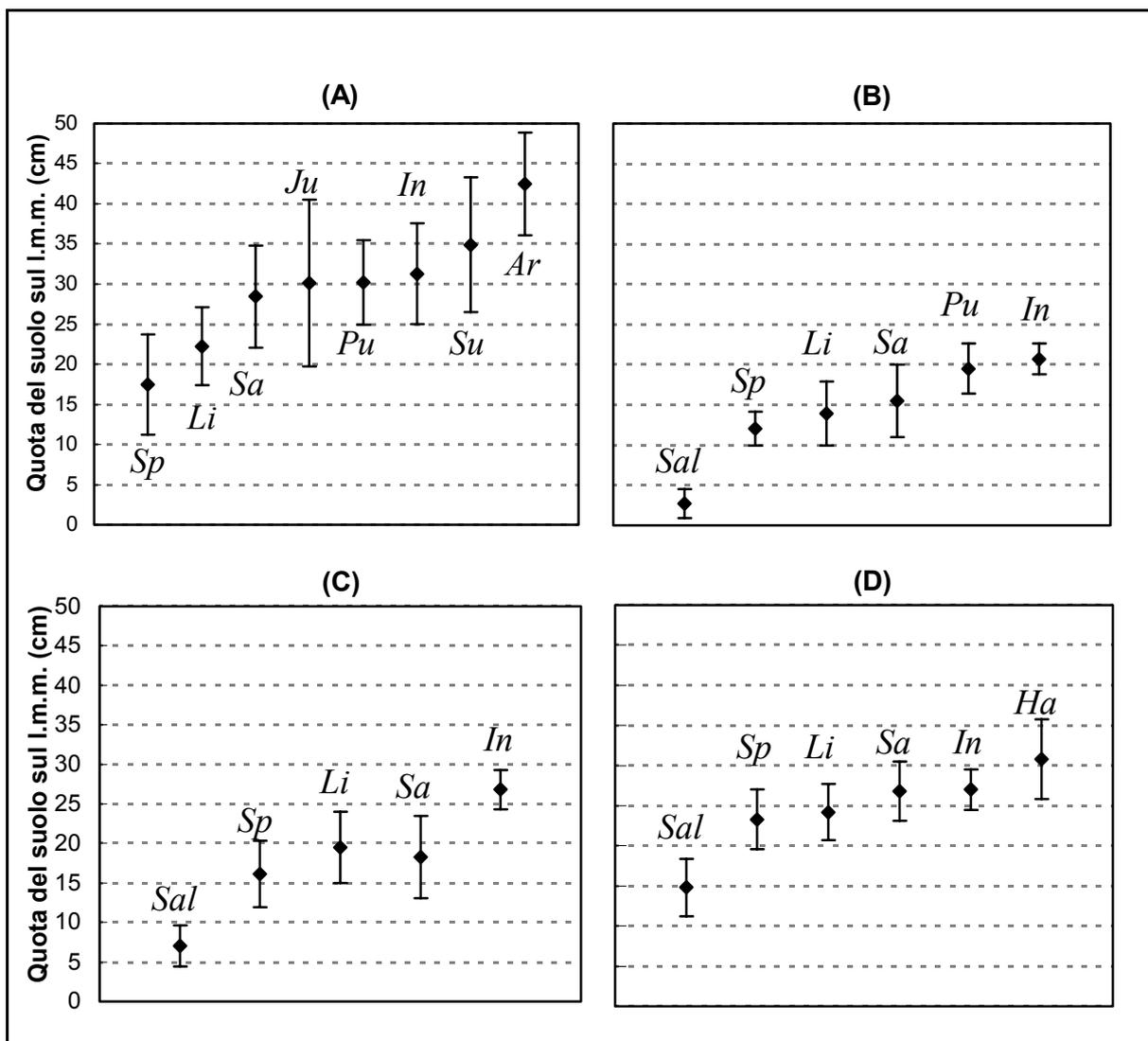


Fig.3.5 - Quota media e range di quota in cui si osserva la presenza di ciascuna specie: (A) in barena S.Lorenzo, (B) in barena Salina, (C) in barena Salina Nord, (D) in barena Palude Maggiore. (Sal=Salicornia veneta, Sp=Spartina maritima, Li=Limonium narbonense, Sa=Sarcocornia fruticosa, Ju=Juncus maritimus, Pu Puccinellia palustris, In=Inula crithmoides, Ha=Halimione portulacoides, Su=Suaeda maritima, Ar=Arthrocnemum macrostachyum).

In Fig.3.5a si nota che le zone più depresse della barena S.Lorenzo sono occupate da Spartina mentre nelle aree di maggior elevazione si trova l'Arthrocnemum. Le specie che mostrano maggiore sensibilità alle variazioni di quota sono Limonium e Puccinellia, aventi rispettivamente una deviazione standard dalla media pari a 4,8 e 5,3 cm mentre la specie più adattabile e che quindi si ritrova in un ampio range di quota ($\sigma = 10,4$ cm), è *Juncus maritimus*.

Nelle altre barene (*Fig.3.5b, 3.5c, 3.5d*) la specie che si rinviene alla quota più bassa è Salicornia mentre alle quote più alte si ritrova l'Inula ad eccezione della barena Palude Maggiore (*Fig.3.5d*) in cui si ha Halimione.

In generale comunque, a prescindere dalle differenze floristiche e dal valore medio della quota al quale si rinviene una data specie, si può affermare che in tutte le barene l'ordine con cui le specie si distribuiscono in relazione alla quota, è pressoché costante. Escludendo ad esempio quelle specie che compaiono in una sola barena (Ju, Su, Ha, Ar) si osserva una sequenza, per quote crescenti, del tipo:

$$\text{Sal} \rightarrow \text{Sp} \rightarrow \text{Li} \rightarrow \text{Sa} \rightarrow \text{Pu} \rightarrow \text{In}$$

con un'inversione $\text{Sa} \leftrightarrow \text{Li}$ in barena Salina Nord che rientra ampiamente negli errori statistici (v. le rispettive deviazioni standard).

Appare evidente invece come sia diversa tra le quattro barene la quota media alla quale si rinviene la stessa specie. Per meglio valutare tale andamento, in *Fig.3.6* viene fatto un confronto delle quote medie a cui crescono le specie comuni a tutte e quattro le barene in funzione della quota media della superficie di ciascuna barena.

Sulla base dei rilievi effettuati in campo, la quota media del suolo per ciascuna barena risulta essere pari a 13,5 cm per la barena Salina, 16,1 cm per la barena salina Nord, 25,2 cm per la barena Palude Maggiore e 25,6 cm per la barena S.Lorenzo.

Si osserva che all'aumentare della quota media della superficie di barena, vi è un andamento corrispondente per la quota media alla quale cresce una stessa specie. La relazione tra vegetazione e quota varia dunque a scala locale.

Nelle *Figg. 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10* è riportata la frequenza con cui compare ogni specie per intervalli crescenti di quota.

In *Fig.3.7* (barena S.Lorenzo) si osserva che alcune specie, come Spartina, Limonium e Sarcocornia, hanno una distribuzione con un massimo pronunciato. Juncus invece, ha una distribuzione piatta e non mostra quote di crescita preferenziali. Per quanto riguarda le specie Suaeda e Arthrocnemum, la loro presenza è risultata in un numero di rilievi troppo modesto per trarre delle considerazioni conclusive. Si rileva, inoltre, che per le specie con distribuzione a campana, il valore della quota media e quello della moda cadono entrambi nell'intervallo centrale della distribuzione.

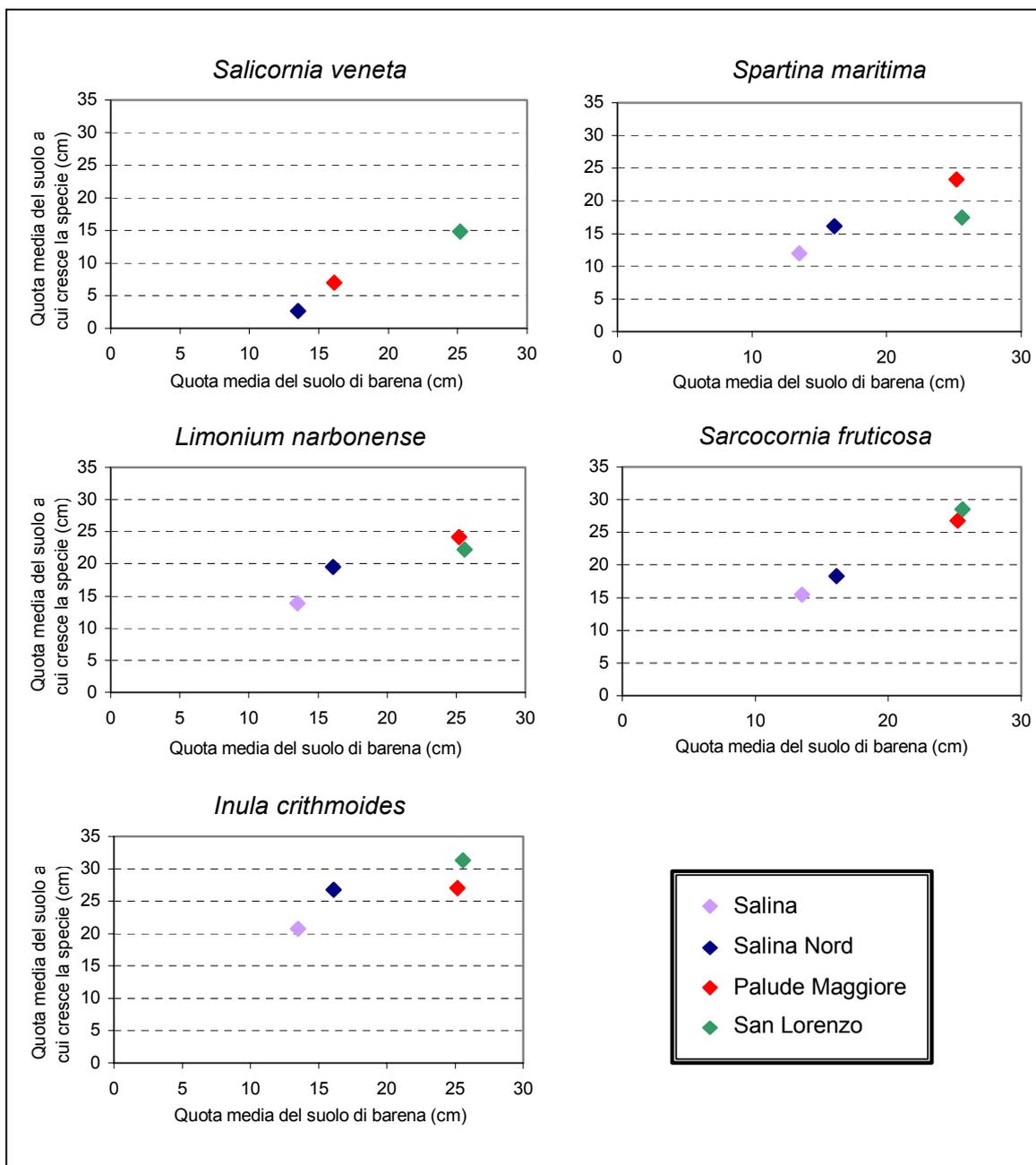


Fig.3.6 – Andamento della quota media del suolo a cui cresce una specie in funzione della quota media della superficie di barena.

Anche nelle altre barene la maggior parte delle specie presenta un andamento a campana con la massima frequenza in un intervallo all'interno del quale in genere, cade anche il valore medio di quota a cui cresce quella specie.

Nelle Figg.3.11 e 3.11bis viene riportata, per ciascuna barena, l'abbondanza di ogni specie rispetto alle altre, in relazione alla quota. Questo risultato è stato ottenuto sommando la copertura percentuale di ciascuna specie in un intervallo di quota e dividendo tale valore per il

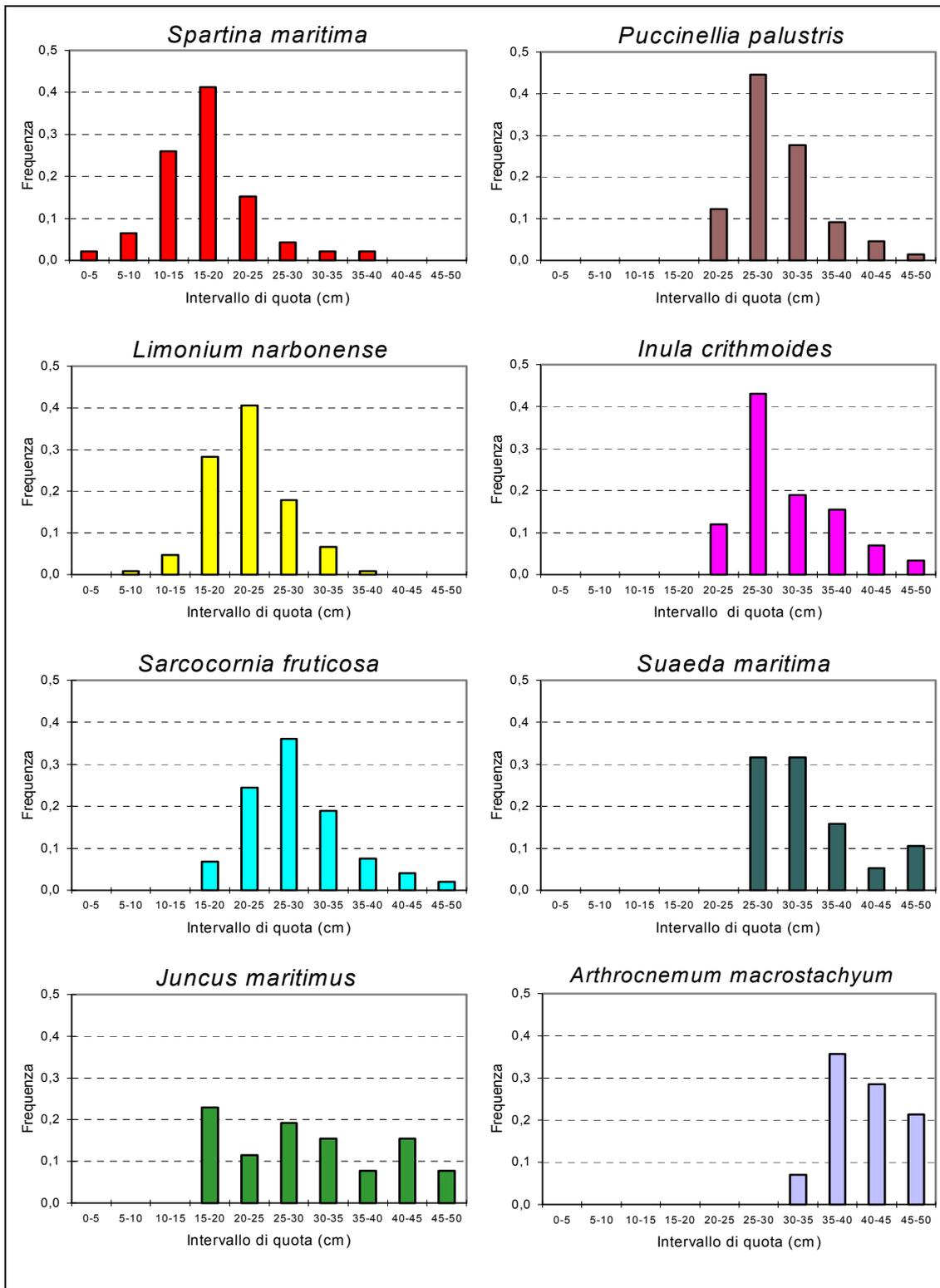


Fig.3.7 - Distribuzione delle frequenze di presenza nei vari intervalli di quota del suolo relativa alla barena S.Lorenzo.

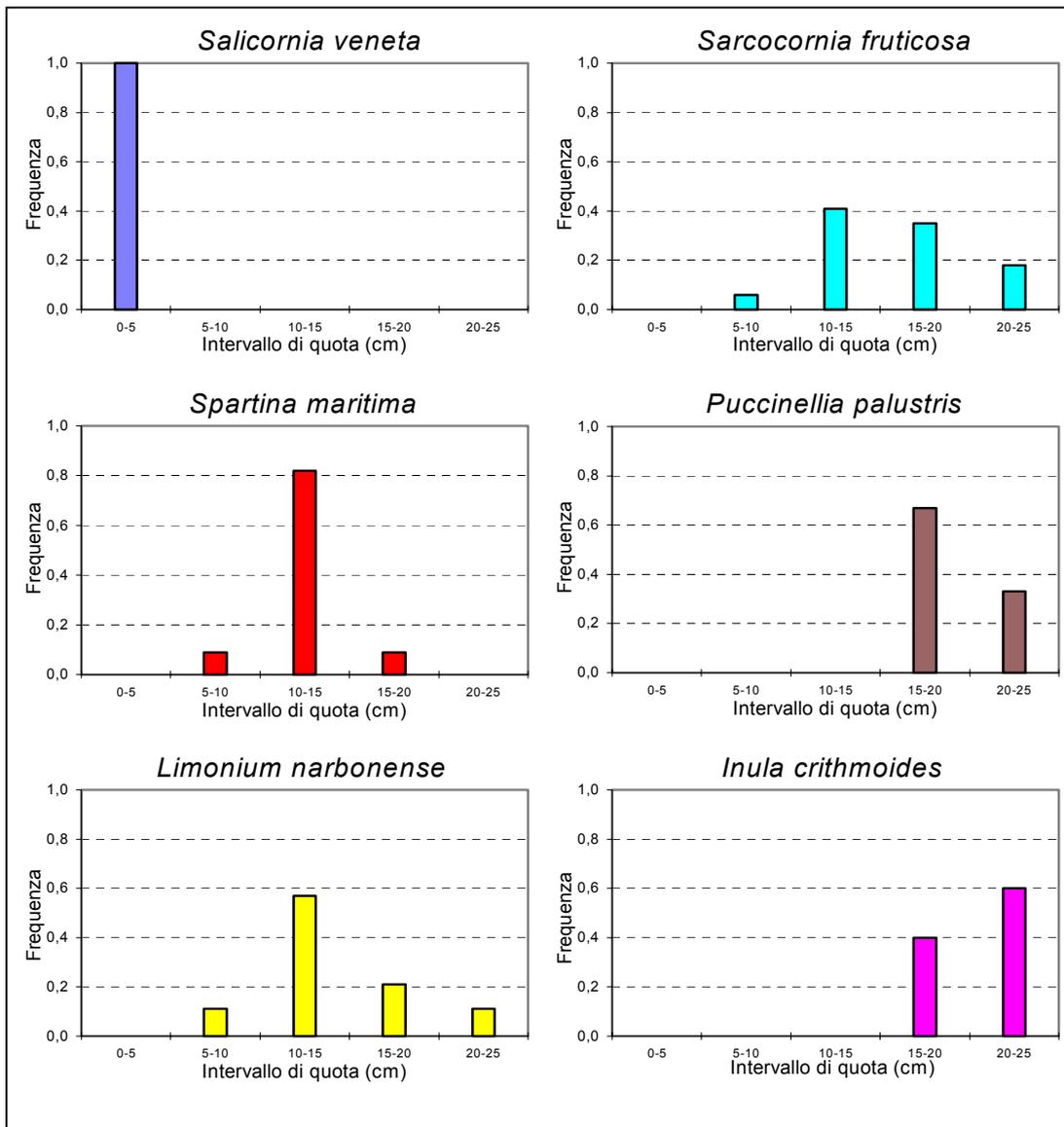


Fig.3.8 – Distribuzione delle frequenze di presenza nei vari intervalli di quota del suolo relativa alla barena Salina.

numero totale di osservazioni effettuate nell'intervallo stesso. In generale la specie che caratterizza i livelli inferiori di una barena, alle quote più basse tende a formare dei popolamenti monospecifici. Così accade per la *Spartina* in barena S.Lorenzo (0-5 cm) e per la *Salicornia* sia in barena Salina (0-5 cm) e Salina Nord (0-5 cm) che in barena Palude Maggiore (10-15 cm).

In barena S.Lorenzo (Fig.3.11a) si osserva che fino alla quota di 15 cm la superficie è occupata prevalentemente da due specie (*Spartina* e *Limonium*), tra i 15 e 20 cm le specie diventano quattro, tra 20 e 25 cm diventano cinque e così via. La varietà in specie nelle

popolazioni di barena, dunque aumenta con la quota fino a raggiungere un massimo di otto specie nell'intervallo compreso tra 30 e 40 cm per poi diminuire nell'intervallo di quota successivo (sei specie).

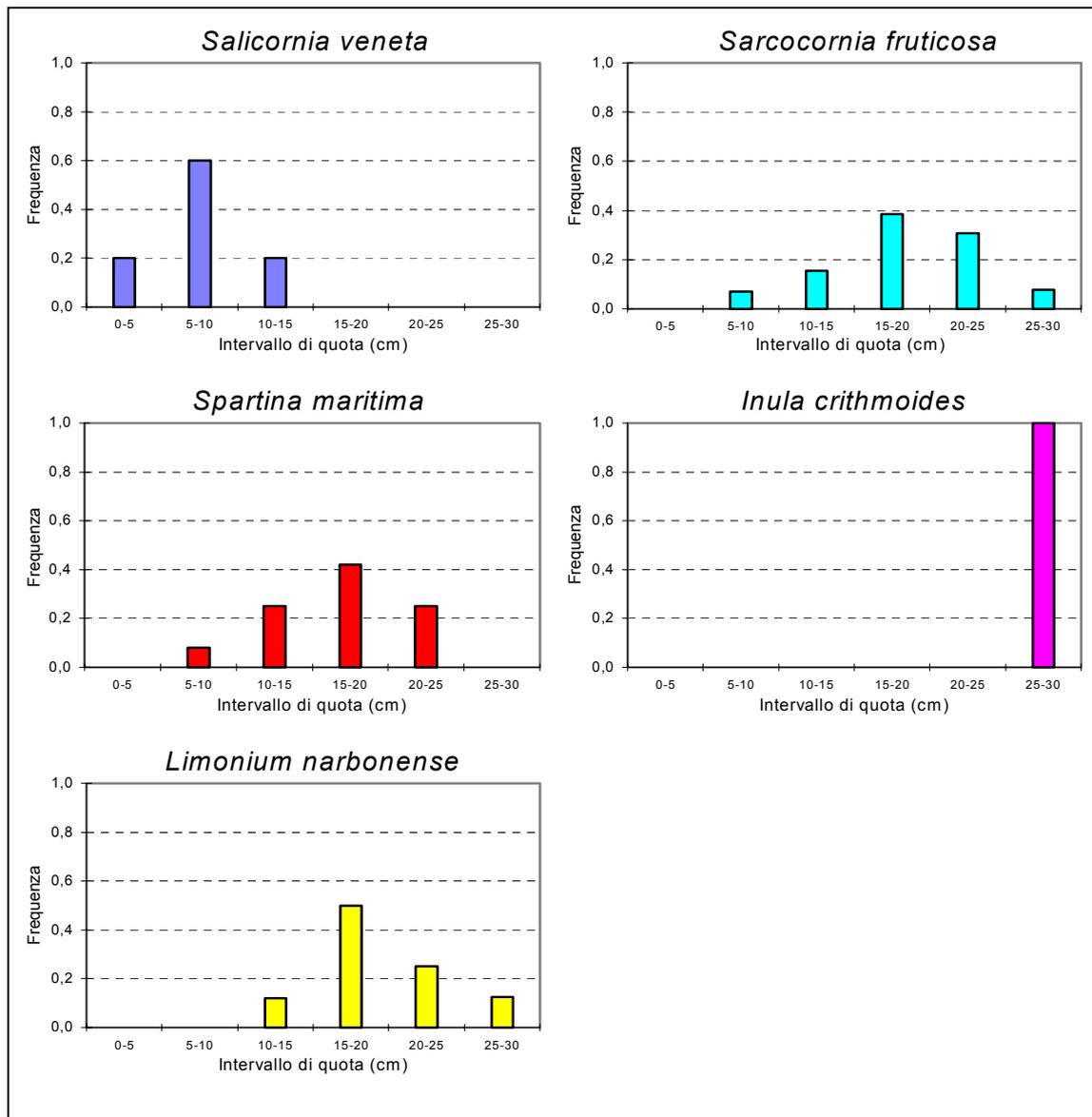


Fig.3.9 - Distribuzione delle frequenze di presenza nei vari intervalli di quota del suolo relativa alla barena Salina Nord.

Anche nelle altre barene (Fig.3.11b, 3.11bis) sembra ripetersi lo stesso andamento: passando dalle zone depresse a quelle medio-elevate, il numero di specie aumenta fino ad un certo intervallo di quota e poi decresce.

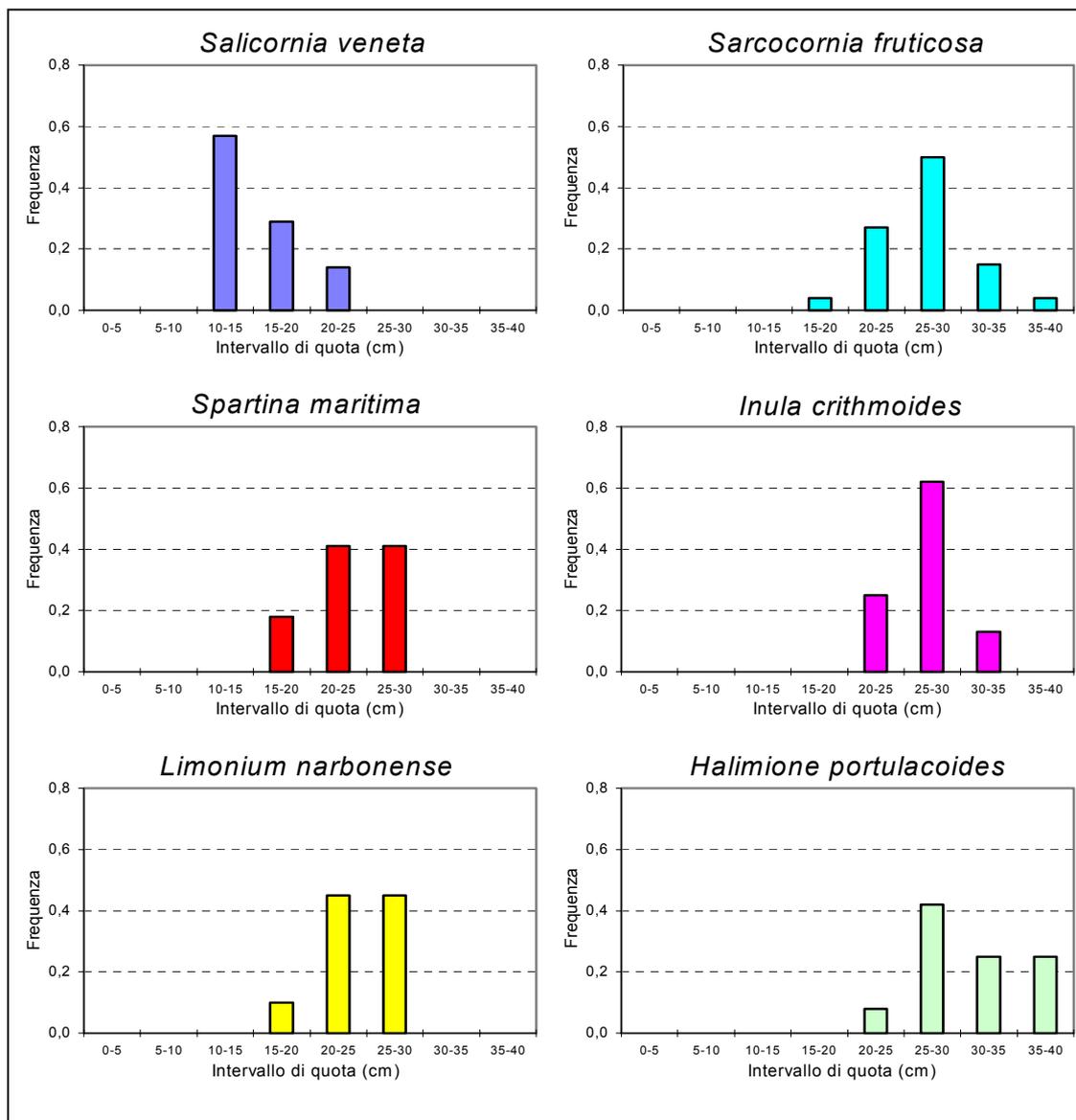


Fig.3.10 – Distribuzione delle frequenze di presenza nei vari intervalli di quota del suolo relativa alla barena Palude Maggiore.

L'istogramma di Fig.3.11a mostra inoltre che, in corrispondenza di un certo range di quota, l'abbondanza di una specie è nettamente superiore a quella delle altre: tra 0 e 15 cm la specie maggiormente rappresentata è la *Spartina maritima*, tra 15 e 20 cm è il *Limonium narbonense* e nelle classi di quota successive domina la *Sarcocornia*. Ne deriva che a qualsiasi quota ci si trovi, una di queste tre specie è la più abbondante. Lo stesso avviene per le altre barene. Solo in barena Salina Nord la classe di quota più elevata (25-30 cm) vede il predominio dell'*Inula* e, in barena Palude Maggiore, (35-40 cm) quello dell'*Halimione*.

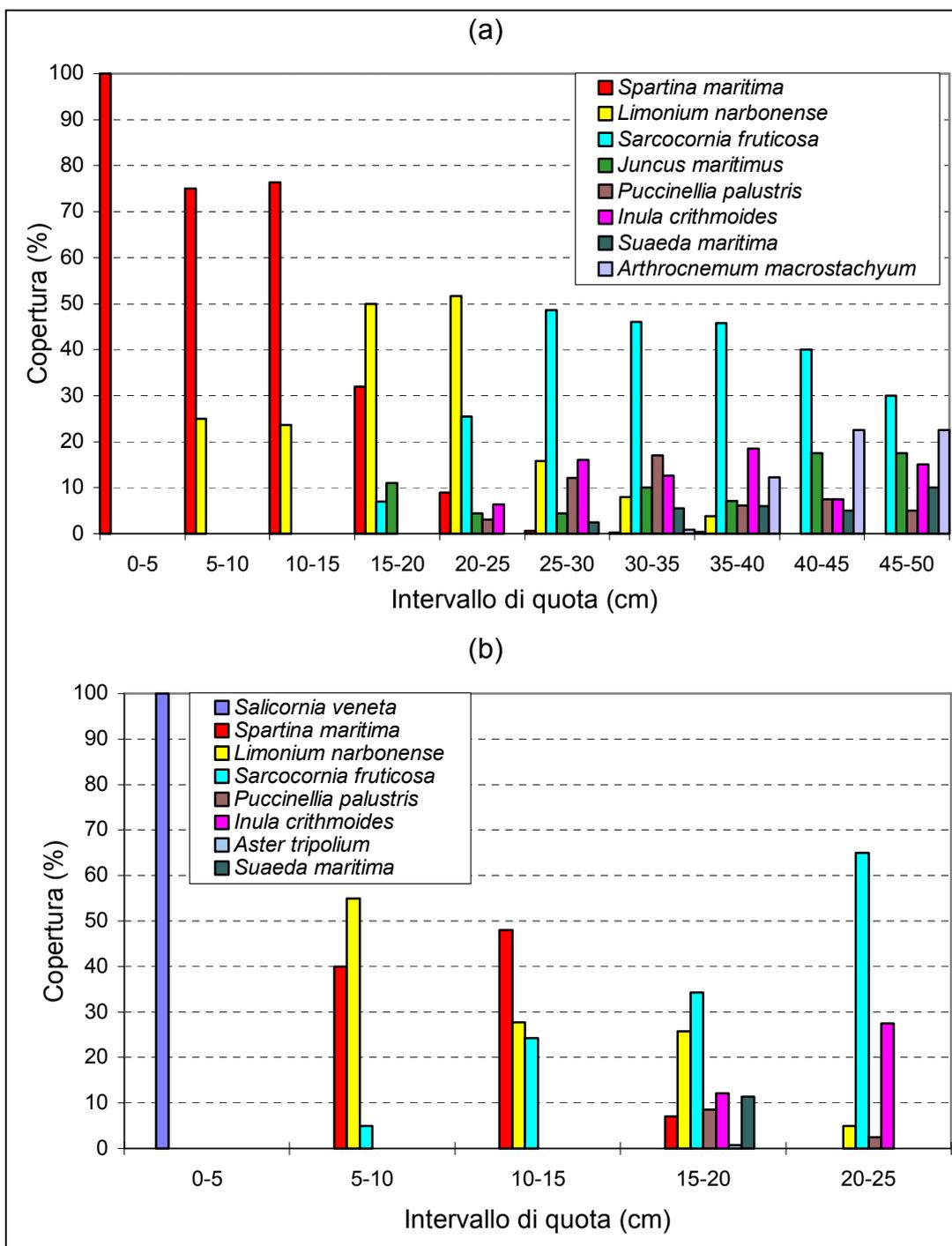


Fig.3.11 – Abbondanza di ciascuna specie per i vari intervalli di quota normalizzata rispetto al numero di totale di osservazioni effettuate nell'intervallo: (a) in barena S.Lorenzo; (b) in barena Salina.

(Sal=*Salicornia veneta*, Sp=*Spartina maritima*, Li=*Limonium narbonense*, Sa=*Sarcocornia fruticosa*, Ju=*Juncus maritimus*, Pu=*Puccinellia palustris*, In=*Inula crithmoides*, Ha=*Halimione portulacoides*, Su=*Suaeda maritima*, Ar=*Arthrocnemum macrostachyum*).

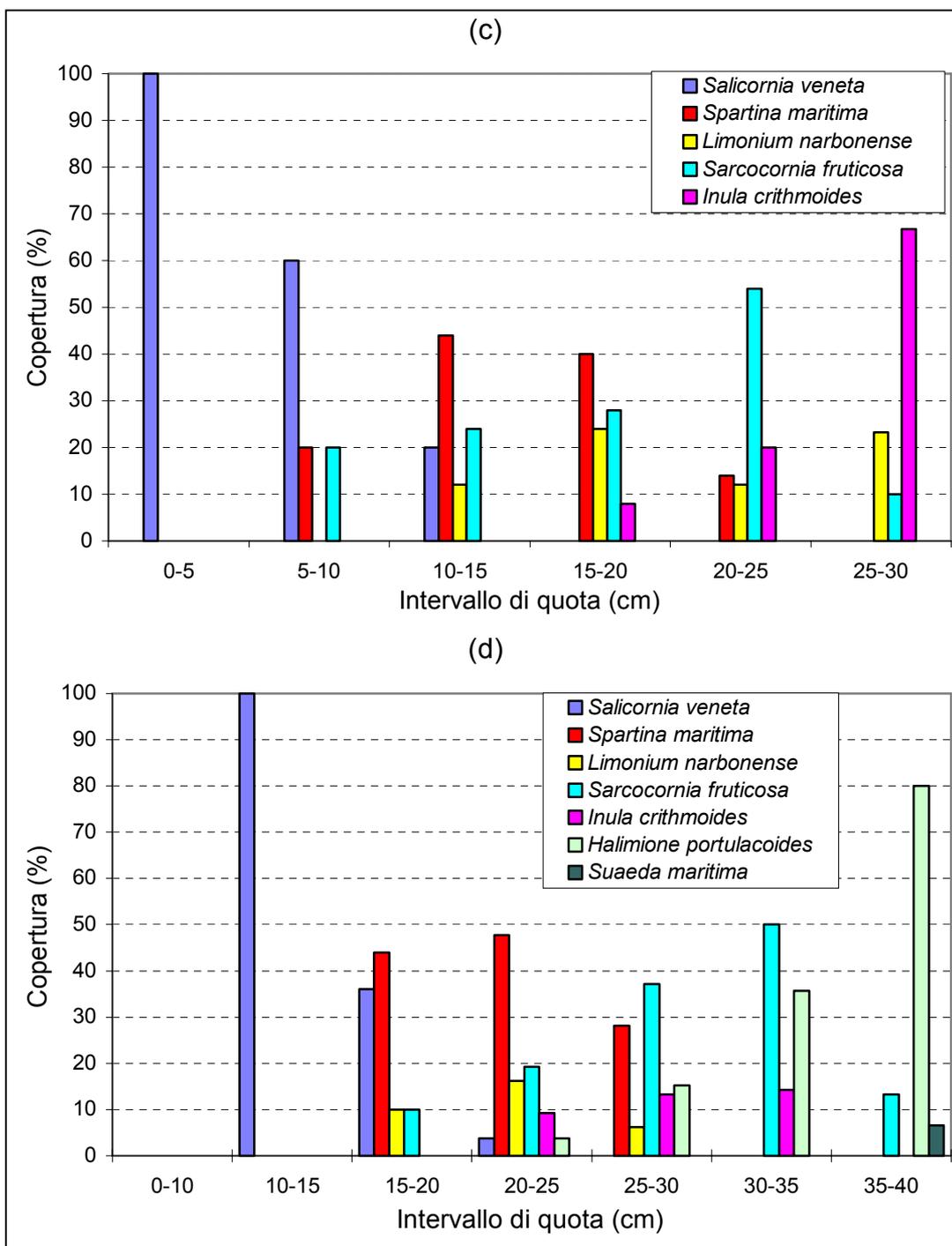


Fig.3.11bis - Abbondanza di ciascuna specie per i vari intervalli di quota normalizzata rispetto al numero di totale di osservazioni effettuate nell'intervallo:(c) in barena Salina Nord; (d) in barena Palude Maggiore.

(Sal=Salicornia veneta, Sp=Spartina maritima, Li=Limonium narbonense, Sa=Sarcocornia fruticosa, Ju=Juncus maritimus, Pu Puccinellia palustris, In=Inula crithmoides, Ha=Halimione portulacoides, Su=Suaeda maritima, Ar=Arthrocnemum macrostachyum).

Confrontando gli istogrammi di Fig.3.11 e 3.11bis con quelli di Fig.3.7, 3.8, 3.9 e 3.10, si può vedere che in generale, per una data specie, l'intervallo di quota in cui si ha la massima presenza, non coincide con l'intervallo di maggior copertura percentuale. Ad esempio, in barena S.Lorenzo (Fig.3.7) la *Spartina maritima* presenta il maggior numero di ritrovamenti nell'intervallo 15-20 cm mentre essa forma popolamenti pressoché monospecifici alle quote più basse, dove è in pratica l'unica specie in grado di sopravvivere (Fig.3.11a).

Nei diagrammi di Figg.3.12 e 3.13 viene descritto, per la barena S.Lorenzo, come varia la quota del suolo al variare della copertura percentuale di alcune specie (per le altre barene il numero di rilievi era troppo modesto per produrre risultati significativi). Ad esempio *Spartina maritima* (Fig. 3.12) vive ad una quota media del suolo che decresce linearmente con l'aumentare della copertura. Inoltre, man mano che la quota del suolo aumenta, diminuisce la copertura di *Spartina* e aumenta, sempre in modo lineare, quella di *Limonium narbonense* (Fig.3.13a), specie che forma popolamenti pressoché monospecifici alla quota media di 21 cm sul medio mare. Alle quote più elevate, l'abbondanza relativa di *Limonium* a sua volta decresce, lasciando spazio a *Sarcocornia fruticosa*, che presenta abbondanza massima quando il valore medio di quota è di 29 cm sul medio mare (Fig.3.13b).

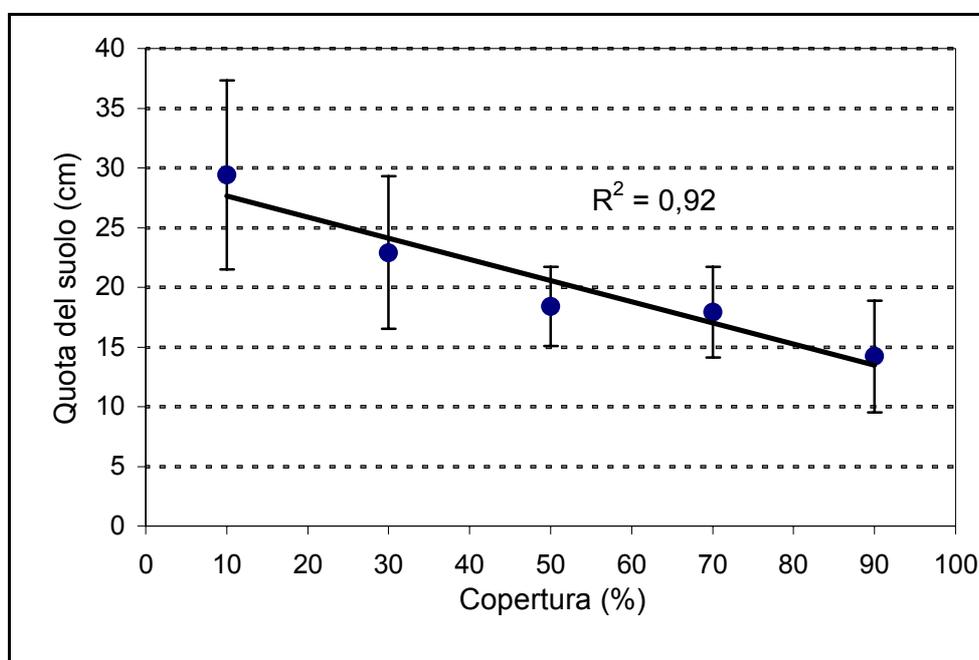


Fig.3.12 - Quota del suolo sul livello medio del mare al variare della copertura di *Spartina maritima*.

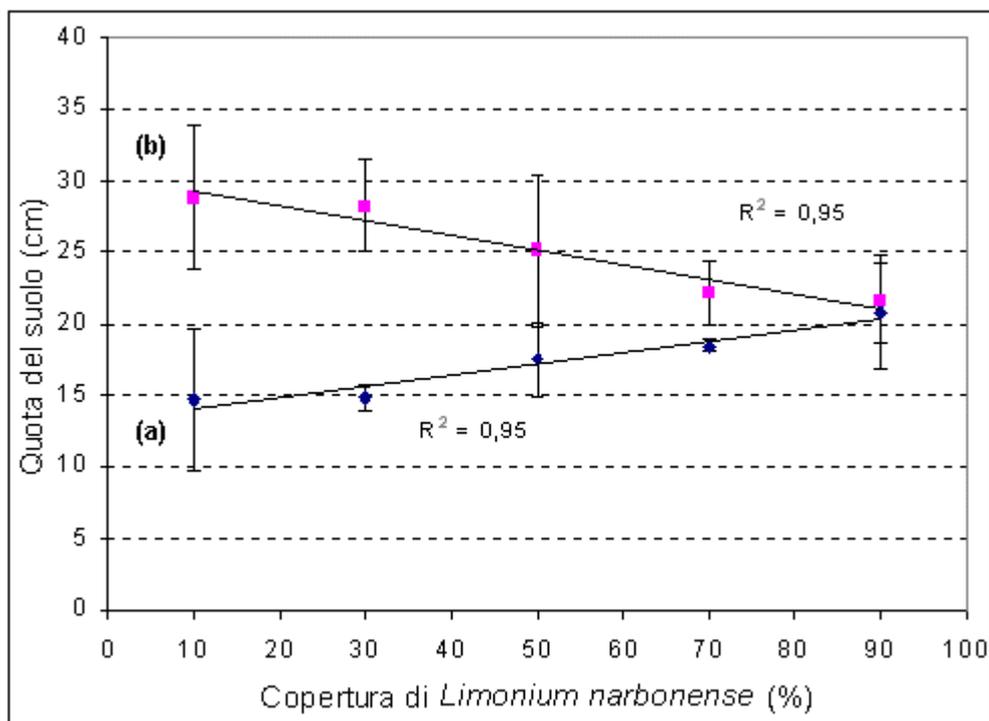


Fig.3.13 – Quota del suolo sul livello medio del mare al variare della copertura di: (a) *Spartina maritima* in combinazione con *Limonium narbonense*; (b) *Limonium narbonense* in combinazione con *Sarcocornia fruticosa*.

Da questi diagrammi, è inoltre evidente come i popolamenti possano indicare la quota del suolo con una precisione superiore rispetto a quella che si può ottenere considerando la presenza delle specie singole. Ad esempio nella barena S.Lorenzo, dove si trova la *Spartina*, la quota è compresa fra i 11 e i 24 cm (Fig.3.5a), ma se si conosce che la *Spartina* è presente al 50% in combinazione con *Limonium*, la quota è di 17,5 cm con il 68% di confidenza che l'errore sia inferiore a $\pm 2,6$ cm (Fig.3.13a).

3.4 Relazione tra vegetazione e distanza dai ghebi e canali

La relazione tra vegetazione e morfologia è stata studiata anche considerando un transetto che va dal bordo della barena sul canale San Felice fino al bordo del ghebo che si collega con la Palude del Tralo (segmento in giallo di Fig. 3.14).

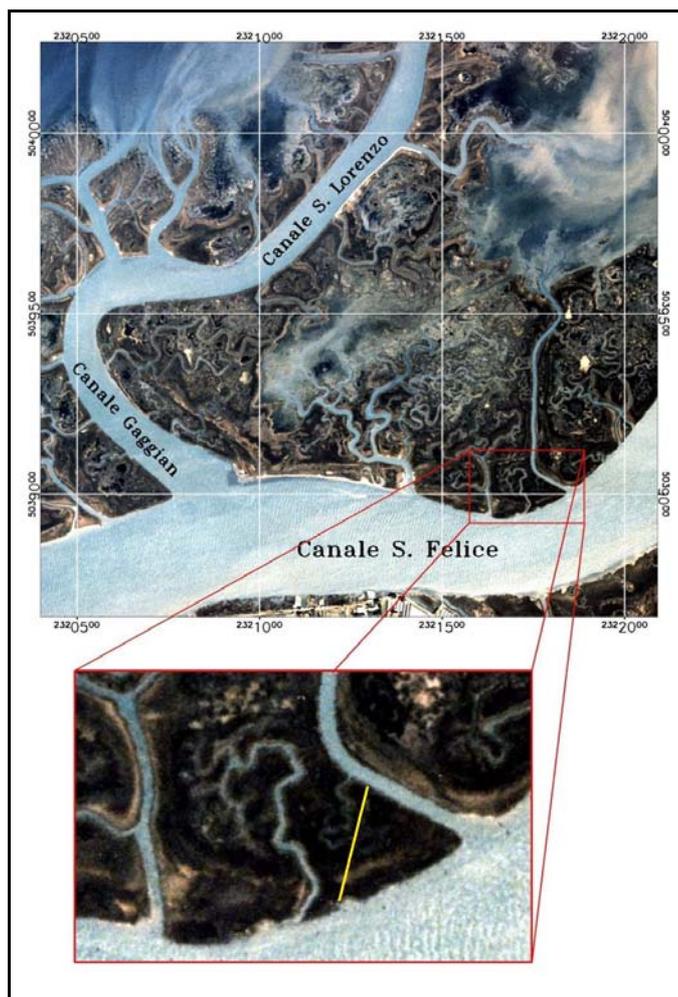


Fig.3.14 – Localizzazione del transetto (segmento giallo) in barena S.Lorenzo.

I rilievi lungo il transetto sono stati eseguiti ogni 10 m e lo schema di Fig.3.15 mostra la relazione delle specie vegetali con la quota del suolo e la struttura della barena. Ad esempio, *Inula crithmoides* e *Puccinellia palustris* crescono esclusivamente lungo i bordi dei ghebi e del canale, mentre *Spartina maritima* e *Limonium narbonense*, si rinvencono non solo nelle zone più depresse della barena ma anche nelle aree più interne, spesso in prossimità dei chiari. *Sarcocornia fruticosa* si ritrova nelle zone di transizione tra i bordi e le aree più interne caratterizzate da quote medio-elevate.

Per verificare l'effetto delle strutture barenali, i 238 rilievi sono stati suddivisi in due gruppi: uno che comprende solo quelli relativi alle zone interne ed uno per quelli lungo le *gengive* (fasce di suolo a quote più elevate che si sviluppano lungo i bordi di ghebi e canali). Per i due gruppi è stata calcolata la presenza di ciascuna specie ad intervalli di quota di 10 cm. (Figg.3.16a, 3.16b).

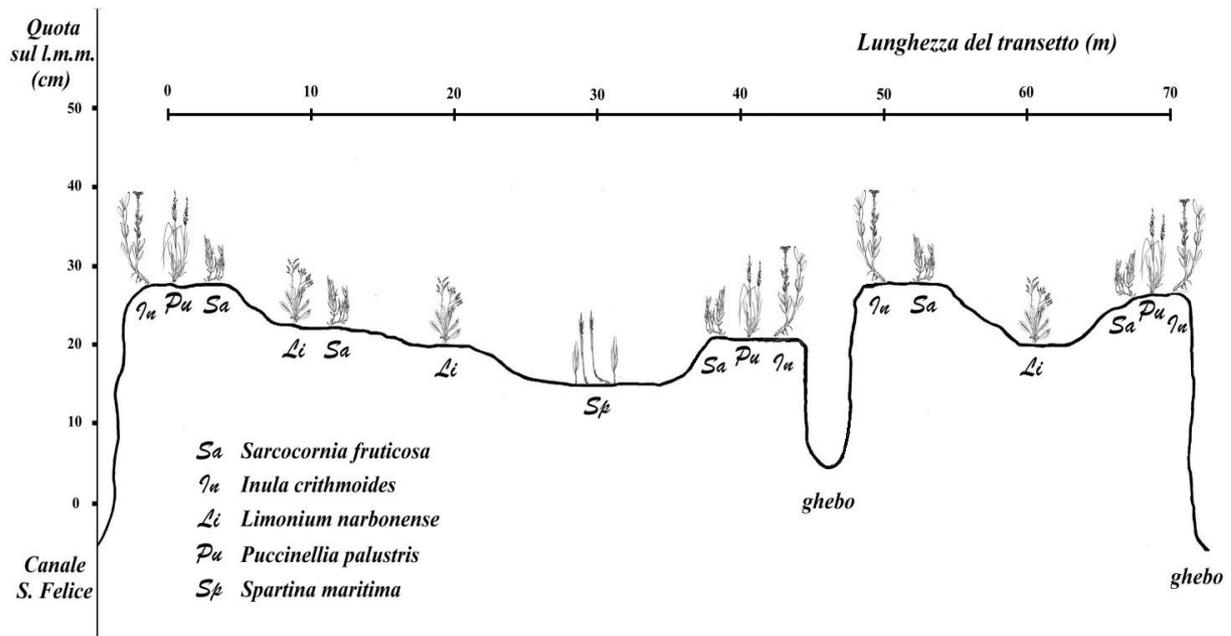


Fig.3.15 – Profilo della barena San Lorenzo lungo un transetto tra il canale San Felice e il ghebo che si collega con la Palude del Tralo (segmento in giallo di Fig.3.14).

Si osserva innanzitutto che nelle zone interne la classe di quota tra 40 e 50 cm non è rappresentata, mentre le gengive dei ghebi e dei canali non hanno mai quote inferiori ai 20 cm. Tra i 20 e i 40 cm la frequenza di *Limonium narbonense* sui bordi della barena è minore di quella trovata nella stessa fascia di quota delle zone interne. *Sarcocornia fruticosa* è frequente sia nelle zone interne caratterizzate da quote medio-elevate che lungo i bordi, dove si ritrovano spesso anche *Inula crithmoides*, *Suaeda maritima* e *Arthrocnemum macrostachyum*, specie che risultano essere assenti nelle zone centrali della barena. Anche *Puccinellia palustris* mostra una predilezione per le gengive. *Spartina maritima* è praticamente assente nelle zone di bordo mentre *Juncus maritimus* sembra indifferente all'uno o all'altro dei due ambienti. Si nota inoltre che la varietà in specie lungo le gengive è maggiore che nelle zone interne.

L'insieme di tutte queste osservazioni può essere usato per orientare il riconoscimento delle caratteristiche morfologiche delle barene che vengono registrate nelle immagini iperspettrali ottenute da piattaforme aeree.

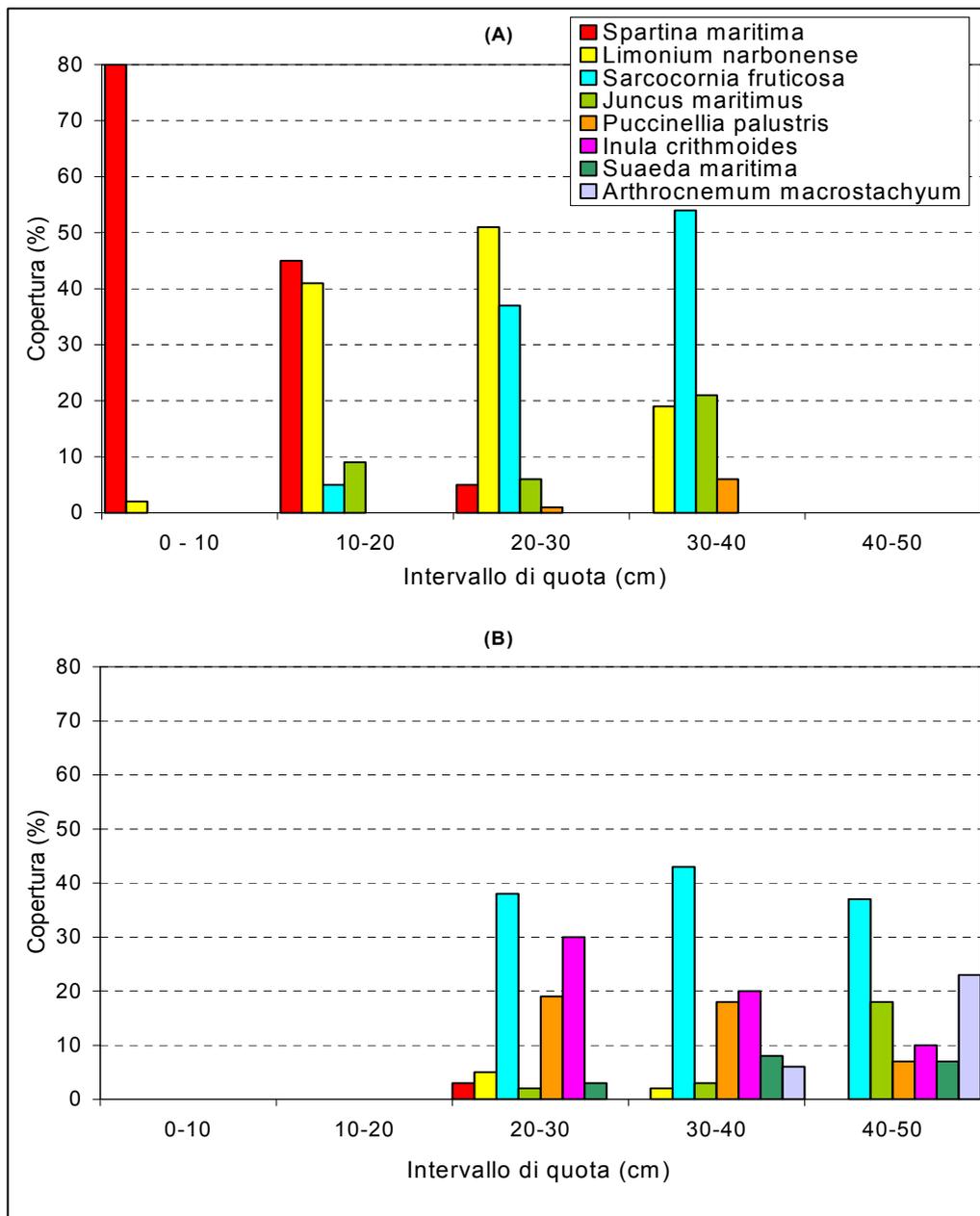


Fig.3.16 – Frequenza con cui ogni specie si presenta in un intervallo di quota di 10 cm: (a) nelle zone interne della barena; (b) lungo i margini dei ghebi e dei canali.