

BARBARA DEL PERUGIA (*) - DAVIDE TRAVAGLINI (*) (°)
FRANCESCA BOTTALICO (*) - SUSANNA NOCENTINI (*) - PATRIZIA ROSSI (*)
FABIO SALBITANO (*) - GIOVANNI SANESI (**)

LE PINETE LITORANEE DI PINO DOMESTICO (*PINUS PINEA* L.) SONO UN PAESAGGIO COSTIERO IN VIA DI ESTINZIONE? UN CASO DI STUDIO IN REGIONE TOSCANA

(*) Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali, Università degli Studi di Firenze.
Via San Bonaventura 13, 50145 Firenze.

(**) Dipartimento di Scienze agro-ambientali e territoriali, Università degli Studi di Bari. Piazza Umberto I,
70121 Bari.

(°) Autore corrispondente; davide.travaglini@unifi.it

In Toscana le pinete di pino domestico (Pinus pinea L.) caratterizzano il paesaggio culturale costiero da circa cinque secoli. Nel corso del tempo è stata riconosciuta alle pinete litoranee la capacità di fornire numerose utilità ecosistemiche, tra le altre, la stabilizzazione delle dune, la protezione delle aree agricole dai venti marini, biodiversità e habitat, spazi per attività turistico-ricreative, qualità percettiva del paesaggio, produzione di frutti e legno. Dalla metà del XX secolo, questo paesaggio di natura antropogenica è stato modificato ed in parte eroso, ed ha iniziato a trasformarsi a causa di dinamiche gestionali e vegetazionali, dei cambiamenti di uso del suolo e degli effetti del cambiamento globale. Oggi la qualità e la quantità delle utilità ecosistemiche fornite dalle pinete è condizionata sia da fattori biotici sia dagli stili di gestione adottati e da altri criteri di scelta dipendenti da esigenze socio-economiche temporanee volti a preferire alcuni aspetti che mal si coniugano con i criteri di gestione forestale sostenibile. Gli obiettivi di questo studio sono: (i) mappare la distribuzione delle pinete costiere di pino domestico in Toscana, (ii) analizzare i cambiamenti di uso e copertura del suolo lungo il litorale toscano e (iii) descrivere la struttura e le principali dinamiche delle pinete costiere di pino domestico. Nel 2010 le pinete litoranee di pino domestico ammontano a 10.660 ha. I cambiamenti di uso del suolo sulla costa toscana rispecchiano i trend principali segnalati a scala nazionale: urbanizzazione, abbandono delle aree agricole, espansione delle superfici forestali. Le pinete pure di pino domestico hanno fatto registrare una contrazione nel periodo 1954-2010 mentre è cresciuta la frequenza delle pinete di domestico miste a latifoglie. Tali cambiamenti sono il risultato di dinamiche successionali che stanno progressivamente trasformando il paesaggio costiero. I risultati ottenuti sono discussi per fornire una base di conoscenze utili per la gestione del paesaggio forestale lungo il litorale tirrenico.

Parole chiave: paesaggio forestale; cambiamenti di uso del suolo; pinete costiere; dinamiche forestali; gestione; utilità ecosistemiche.

Key words: forest landscape; land use changes; coastal pine forests; forest dynamics; forest management; ecosystem services.

Citazione: Del Perugia B., Travaglini D., Bottalico F., Nocentini S., Rossi P., Salbitano F., Sanesi G., 2017 - *Le pinete litoranee di pino domestico (Pinus pinea L.) sono un paesaggio costiero in via di estinzione? Un caso di studio in Regione Toscana*. L'Italia Forestale e Montana, 72 (2): 83-101.

1. INTRODUZIONE

In Italia la superficie delle pinete di pini mediterranei è di 226.101 ha; le pinete di pino marittimo (*Pinus pinaster* Ait.) ammontano a 62.522 ha, le pinete di domestico (*Pinus pinea* L.) coprono una superficie di 46.290 ha, le pinete di pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Mill.) si estendono su 104.734 ha. Il pino domestico è distribuito soprattutto in Sardegna (12.676 ha), Toscana (11.201), Sicilia (7.581) e Lazio (4.790) (INFC, 2005).

In Toscana le pinete di domestico caratterizzano il paesaggio costiero da circa cinque secoli. Gran parte di queste formazioni sono state edificate dall'uomo per consolidare i terreni sabbiosi del litorale dopo le opere di bonifica iniziate col granducato mediceo e proseguite sotto i Lorena (Cantiani e Scotti, 1988).

Da allora le pinete hanno prodotto importanti utilità ecosistemiche che hanno contribuito allo sviluppo socio-economico delle aree costiere e al benessere dei cittadini. Le pinete sono state utilizzate per stabilizzare le dune e proteggere i terreni agricoli dai venti marini; per produrre legna e legname, attività che in certe zone ha un mercato ancora attivo per la trasformazione del legno in cippato (Nardi Berti, 2006; RAFT, 2008; Neri e Piegai, 2009); per la produzione di pinoli, un frutto molto apprezzato dall'industria alimentare che in Italia è entrato in crisi con la comparsa della cimice dei pini (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann) nel 1999 (Tiberi, 2007), detta anche cimicione; per ricavare altri prodotti non legnosi come la trementina (Merendi, 1921) e il tartufo marzuolo (*Tuber borchii* Vittad.) (ARSIA, 2006); come pascolo e ricovero per ovini e bovini.

Le pinete costiere costituiscono habitat importanti per la conservazione di specie vegetali e animali di interesse naturalistico (Pezzo, 2012; Biagioni *et al.*, 2015) e per ciò sono spesso incluse nei siti di Rete Natura 2000 (Angelini *et al.*, 2016).

Queste formazioni boschive hanno svolto nel corso dei secoli e svolgono tuttora funzioni storico-culturali, sociali e paesaggistiche sempre più rilevanti (Giacomini, 1968), visto che le pinete negli anni hanno contribuito a convogliare intense attività turistico-ricreative (Ciancio, 2007; Auisio, 2013), tantoché oggi costituiscono un elemento identitario della costa toscana già rappresentato con efficacia dal movimento dei Macchiaioli.

La funzionalità e la persistenza delle pinete di pino domestico è però minacciata da avversità di origine sia biotica sia ambientale. L'erosione costiera, che interessa circa il 41% dell'intero litorale toscano (Regione Toscana, 2013), è una seria minaccia per le pinete prospicienti la costa. Dove il fenomeno è intenso, prima si assiste all'erosione della fascia di protezione a mare di pino marittimo, con conseguente esposizione delle chiome di domestico all'azione dei venti marini che ne provocano il disseccamento, e poi all'erosione diretta della pineta di domestico (Fanfani, 1973; Gatteschi e Milanese, 1988; Ciancio *et al.*, 2009a). L'erosione facilita inoltre l'infiltrazione di acqua marina nel suolo e la salinizzazione della falda freatica, causando stress per la pineta e le

specie del sottobosco meno alofite, in particolare nelle aree interdunali (Nocentini *et al.*, 2010). I canali di bonifica, se non sono mantenuti in efficienza, non sono capaci di regolare il deflusso delle acque e nei periodi piovosi si possono verificare ristagni in foresta che causano ulteriori stress al soprassuolo. Tutto ciò rende il sistema pineta-macchia più vulnerabile agli attacchi parassitari. Tra le principali fitopatie ricordiamo *Tomicus destruens* Woll, responsabile del deperimento delle pinete, il già citato cimicione, riconducibile al *global change* e responsabile del crollo della produzione dei pinoli (Salvadori, 2004) e *Heterobasidion irregulare* Garbel. & Otrosina, agente del marciume radicale anche dei pini (Gonthier *et al.*, 2015).

La diffusione di specie aliene come la robinia nelle radure che si creano nella pineta per la caduta di piante instabili (Maetzke e Travaglini, 2005) e l'aumentata frequenza con cui si sono verificate negli ultimi anni le tempeste di vento in Toscana (LaMMA, 2015), sono ulteriori criticità per la salvaguardia delle pinete costiere.

Il rischio incendi lungo il litorale è inoltre elevato, soprattutto nel periodo estivo nelle zone dove la frequentazione turistica è libera e maggiormente concentrata. La pressione turistica causa poi problemi di compattamento del terreno, in particolare nei tratti di pineta lungo la viabilità che sono impropriamente utilizzati come parcheggio nel periodo estivo.

Alle problematiche fino ad ora elencate si aggiunge l'annoso dilemma su quale sia oggi il sistema colturale più appropriato per le pinete litoranee di pino domestico: infatti, il trattamento classico del taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata, utilizzato per ottimizzare la produzione di frutti e/o legno con un turno finanziario di 80-100 anni (Merendi, 1921), è considerato impattante sull'ambiente e sul paesaggio ed è causa di numerosi conflitti, specie nelle aree protette e nelle zone a vincolo paesaggistico, motivo per cui da alcuni decenni si assiste alla mancanza di una gestione attiva delle pinete costiere di pino domestico (Ciancio *et al.*, 2009b). In più, in certe zone, l'uso della pineta come ricovero invernale per gli animali al pascolo è causa di contrasti tra allevatori ed enti gestori per il disturbo che la fauna domestica esercita sul suolo e sulla macchia (Pezzo, 2012) e per i problemi connessi al foraggiamento in foresta con rischio di diffusione di specie alloctone nel sistema bosco.

L'abbandono colturale e il progressivo invecchiamento di queste formazioni, aggravato dagli esiti di un allevamento a densità eccessiva e dagli effetti di una coltivazione che mirava soprattutto a forzare la produzione delle pine e a facilitarne la raccolta (Bernetti, 1987; Gatteschi e Milanese, 1988), hanno innescato dinamiche naturali che stanno gradualmente trasformando la struttura tipica delle pinete e il paesaggio che si era consolidato nel corso dei secoli. È pertanto urgente definire i migliori sistemi di gestione per garantire la conservazione attiva e sostenibile di questi importanti paesaggi culturali e l'insieme delle utilità ecosistemiche che questi possono fornire.

In questo lavoro si esaminano le pinete litoranee di pino domestico della Toscana con lo scopo di caratterizzare queste formazioni in termini di distribu-

zione, struttura dei popolamenti e dinamiche evolutive. Gli obiettivi specifici sono: (i) mappare la distribuzione delle pinete costiere di pino domestico in Toscana all'anno 2010, (ii) analizzare i cambiamenti di uso e copertura del suolo lungo il litorale toscano nel periodo 1954-2010 e (iii) descrivere la struttura e le principali dinamiche delle pinete costiere di pino domestico.

Il fine ultimo è quello di delineare un quadro conoscitivo di riferimento che sia di supporto alla formulazione di indirizzi di gestione alternativi che tengano conto delle diverse realtà territoriali presenti sul litorale toscano.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Area di studio

L'area di studio fa riferimento alla fascia di territorio compresa entro 2 km dalla linea di costa della Toscana, isole escluse. In certi tratti la fascia di territorio esaminata è stata estesa fino a 5 km verso l'interno per includere le pinete più distanti dalla costa del Parco Regionale di Migliarino San Rossore Massaciuccoli situate tra Torre del Lago Puccini e Calambrone, le pinete interne tra Principina a Mare e bocca d'Ombrone, e le pinete retrostanti il Palude di Burano. Complessivamente la superficie investigata ammonta a 74.517,7 ha (Figura 1). La scelta di utilizzare questo *buffer* di analisi deriva dal fatto che nella fascia considerata sono comprese le principali formazioni litoranee di pino domestico.

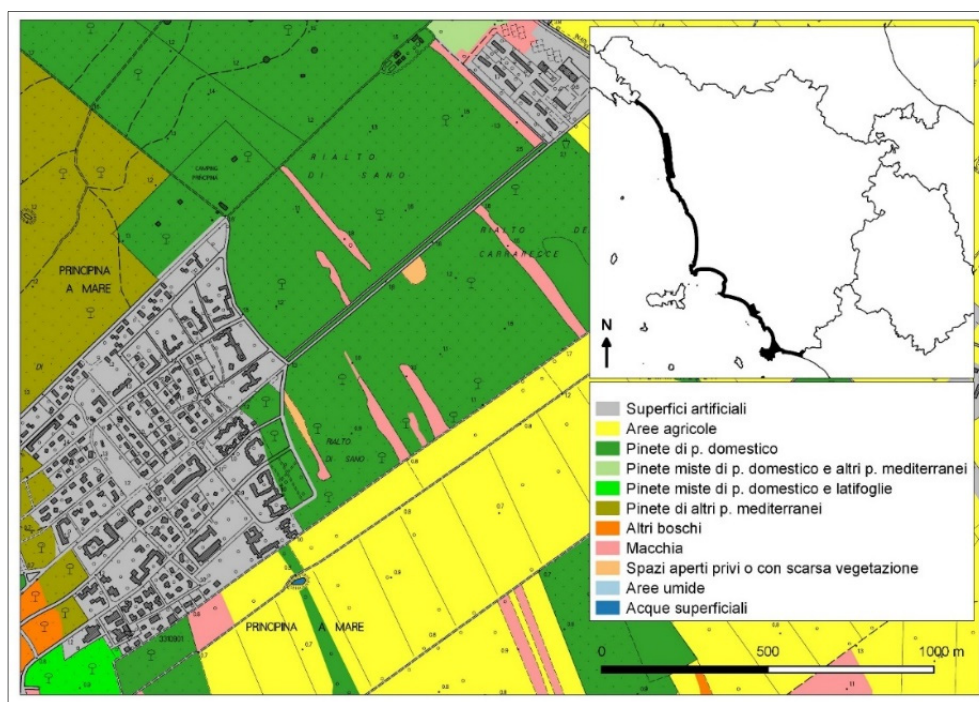


Figura 1 - Area di studio (in nero nella figura in alto a destra) e estratto della carta di uso del suolo all'anno 2010.

2.2. Dati

Lo studio è stato sviluppato a partire dalle banche dati geografiche digitali elencate di seguito:

- linea di costa fisica all'anno 2010 in formato vettoriale acquisita on line dal servizio WMS Geoscopio della Regione Toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html#>);
- ortofoto digitali AGEA dell'anno 2010 (scala 1:10.000) a colori naturali e in falso colore accessibili on line tramite il servizio WMS Geoscopio della Regione Toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html#>);
- ortofoto digitali derivate dal volo GAI dell'anno 1954 (scala 1:10.000) in toni di grigio accessibili on line tramite il servizio WMS Geoscopio della Regione Toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html#>);
- carte tecniche regionali (CTR) (scala 1:10.000) accessibili on line tramite il servizio WMS Geoscopio della Regione Toscana (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html#>);
- carta dell'uso del suolo all'anno 2007 (scala 1:10.000) in formato vettoriale acquisita dal portale del Laboratorio di Monitoraggio e Modellistica Ambientale (LaMMA) (<http://www.lamma.rete.toscana.it/territorio/cartografia-tematica/uso-suolo>);
- carta forestale del Regno d'Italia dell'anno 1936 (scala 1:100.000) (Milizia Forestale Nazionale, 1932) disponibile on line (Ferretti *et al.*, 2016) in formato vettoriale tramite apposito webgis (<http://www.sian.it/inventarioforestale/index.do?idNews=9>);
- carte della vegetazione forestale in formato vettoriale dell'azienda La Versiliana (scala 1:5.000) (Ciancio, 2004), della Tenuta di San Rossore (scala 1:10.000) (Tomei *et al.*, 2003, 2004), della Riserva Naturale Statale Biogenetica dei Tomboli di Cecina (scala 1:10.000) (Ciancio, 2007), della Pineta Granducale di Alberese (scala 1:10.000) (Nocentini *et al.*, 2010).

Inoltre, sono stati utilizzati i dati dendrometrici di 12 aree di saggio circolari di 20 m di raggio (1256 m²) disponibili presso il Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali dell'Università degli Studi di Firenze. Le aree sono state equamente ripartite nei tipi di pinete litoranee di pino domestico descritte da Mondino e Bernetti (1998): 3 aree sono situate nella pineta La Versiliana (Marina di Pietrasanta, Lucca) in soprassuoli di età > 90 anni riconducibili al tipo forestale “Pineta planiziale mesoigrofila di pino domestico” (Ciancio, 2004); 6 aree sono ubicate nella pineta dei Tomboli di Cecina (Marina di Cecina, Livorno) in soprassuoli di circa 80-90 anni di età, rappresentativi dei tipi forestali “Pineta dunale di pino domestico a leccio” (3 aree) e “Pineta dunale mesomediterranea di pino domestico” (3 aree) (Ciancio, 2007); 3 aree sono posizionate nella Pineta Granducale di Alberese (Marina di Alberese, Gros-

seto) in soprassuoli appartenenti al tipo forestale “Pineta dunale termomediterranea di pino domestico” (Nocentini *et al.*, 2010). In ciascuna area è stato misurato con cavalletto dendrometrico il diametro a petto d'uomo di tutte le specie arboree ed arbustive con diametro a 1,3 m da terra superiore a 2,5 cm. Di ciascun soggetto sono state misurate altezza totale e altezza di inserzione della chioma con ipsometro a ultrasuoni Vertex IV.

Considerato che le pinete costiere di domestico sono formazioni con strutture in genere semplificate, le aree di saggio utilizzate si possono ritenere sufficientemente rappresentative per delineare un quadro generale delle pinete litoranee storiche in Toscana.

2.3. *Classificazione dell'uso del suolo all'anno 2010*

La carta di uso del suolo all'anno 2007, elaborata dal Consorzio LaMMA, utilizza una legenda costituita dalle voci del sistema di classificazione del progetto Corine Land Cover (CLC); per le classi bosco il dettaglio arriva fino al III livello tematico, distinguendo tra boschi di latifoglie, boschi di conifere e boschi misti di conifere e latifoglie; l'unità minima cartografabile (UMC) per le classi bosco è pari a 0,2 ha, per le restanti classi la UMC è di 0,5 ha.

La carta di uso del suolo all'anno 2010, in scala 1:10.000, è stata classificata per fotointerpretazione delle ortofoto digitali AGEA del 2010 e per consultazione delle carte della vegetazione disponibili nel set di dati. Operativamente si è proceduto all'aggiornamento dei poligoni della carta di uso del suolo all'anno 2007 realizzata dal LaMMA. In particolare, i poligoni classificati boschi e ambienti semi-naturali nel 2007 sono stati riclassificati per distinguere le seguenti classi di uso del suolo: Pinete di pino domestico; Pinete miste di pino domestico e altri pini mediterranei; Pinete miste di pino domestico e latifoglie; Pinete di altri pini mediterranei; Altri boschi; Macchia; Spazi aperti privi o con scarsa vegetazione. Le classi forestali pure sono state distinte dalle classi miste sulla base del grado di copertura delle chiome utilizzando una soglia del 75%. I poligoni classificati come “non bosco” nel 2007 sono stati riclassificati nel 2010 al I livello tematico del CLC. Per tutte le classi presenti in legenda (Tabella 1) è stata utilizzata una UMC di 0,5 ha.

Tabella 1 - Legenda delle classi di uso del suolo considerate nello studio.

Classi di uso del suolo
1. Superfici artificiali
2. Aree agricole
3. Pinete di pino domestico
4. Pinete miste di pino domestico e altri pini mediterranei
5. Pinete miste di pino domestico e latifoglie
6. Pinete di altri pini mediterranei
7. Altri boschi
8. Macchia
9. Spazi aperti privi o con scarsa vegetazione
10. Aree umide
11. Acque superficiali

2.4. *Classificazione dell'uso del suolo all'anno 1954*

L'uso del suolo all'anno 1954 è stato esaminato in corrispondenza di un campione di 1.113 fotopunti. I fotopunti sono stati individuati sovrapponendo all'area di studio una maglia di celle quadrate di 1 km di lato, selezionando un punto a caso in ciascuna cella. I fotopunti sono stati assegnati alle classi della legenda di uso del suolo (Tabella 1) fotointerpretando le ortofoto digitali derivate dal volo GAI dell'anno 1954, utilizzando come informazione ausiliaria la carta forestale del Regno d'Italia dell'anno 1936, e verificando a video che l'uso del suolo attribuito al fotopunto rispettasse il requisito di UMC di 0,5 ha.

2.5. *Accuratezza della classificazione*

L'accuratezza della classificazione dell'uso del suolo all'anno 2010 è stata valutata visitando a terra un sottocampione di 309 punti estratto casualmente dal campione di fotopunti individuato in precedenza (cfr. 2.4). L'accuratezza della classificazione dell'uso del suolo all'anno 1954 è stata invece valutata facendo ripetere la fotointerpretazione del campione di fotopunti ad un fotointerprete diverso rispetto all'operatore incaricato di eseguire la classificazione dell'uso del suolo al 1954. In entrambi i casi è stata determinata l'accuratezza complessiva (*Overall accuracy*) della classificazione (Corona, 1999).

2.6. *Analisi dei cambiamenti di uso del suolo*

È stata eseguita una analisi multitemporale per esaminare i cambiamenti di uso del suolo che hanno interessato l'area di studio nel periodo 1954-2010. A tal fine, i 1.113 fotopunti classificati alla data del 1954 sono stati sovrapposti alla carta di uso del suolo del 2010 e per ciascun fotopunto è stata estratta la classe di uso del suolo alla data del 2010. Per ogni fotopunto è stato poi confrontato l'uso del suolo del 1954 con quello del 2010.

2.7. *Caratterizzazione strutturale delle pinete litoranee di pino domestico*

Per ciascuna area di saggio sono stati determinati i seguenti parametri dendrometrici: numero di piante, area basimetrica e volume a ettaro, diametro medio (diametro della pianta di area basimetrica media), altezza media (altezza della pianta di diametro medio), altezza dominante, media aritmetica delle altezze, media aritmetica delle altezze di inserzione della chioma, deviazione standard dei diametri, deviazione standard delle altezze. I volumi sono stati stimati utilizzando le tavole di cubatura a doppia entrata elaborate da Tabacchi *et al.* (2011) per le principali specie forestali italiane.

I dati calcolati per singola area di saggio sono poi stati mediati e aggregati per tipo forestale (Mondino e Bernetti, 1998): A - Pineta planiziale mesoigrofila di pino domestico; B - Pineta dunale di pino domestico a leccio; C - Pineta dunale mesomediterranea di pino domestico; D - Pineta dunale termomediterranea di pino domestico.

3. RISULTATI

Nel 2010 il territorio del litorale toscano risulta essere caratterizzato per circa il 42% da boschi e altri ambienti seminaturali, per il 30% da aree agricole, per il 21% da superfici artificiali e per il restante 7% da aree umide e acque superficiali. Le pinete litoranee complessivamente coprono una superficie di 12.347,7 ha (17% della superficie dell'area di studio). Le pinete pure di pino domestico e le pinete di pino domestico miste ad altre specie ammontano, rispettivamente, a 9.633,3 ha (12,9% dell'area di studio) e 1.027,0 ha (1,4% dell'area di studio); le pinete di altri pini mediterranei (*Pinus pinaster* Ait. e *Pinus halepensis* Mill.) coprono una superficie di 1.687,4 ha (2,3% dell'area di studio). Gli altri boschi e le formazioni a macchia si estendono rispettivamente su circa 11.727 ha (15,7% dell'area di studio) e 5.638 ha (7,6% dell'area di studio) (Tabella 2). In Figura 1 è riportato un estratto della carta di uso del suolo all'anno 2010.

L'accuratezza complessiva (*Overall accuracy*) della classificazione dell'uso del suolo è risultata dell'87% all'anno 2010 e del 91% all'anno 1954.

L'analisi dei cambiamenti di uso del suolo condotta su un campione di fotopunti tra il 1954 e il 2010 indica una netta espansione delle superfici artificiali (+212%) e delle altre formazioni boschive (+49%) e la riduzione delle aree agricole (-41%). Oltre a tali cambiamenti più evidenti si registra una tendenziale espansione delle pinete di altri pini mediterranei (+71%) e delle acque superficiali (+38%) e la tendenza alla riduzione delle aree occupate dalla macchia (-32%) e dagli spazi aperti (-42%). Per quanto riguarda le pinete litoranee di pino domestico, i risultati ottenuti indicano la contrazione delle pinete pure di domestico (-13%) e l'aumento delle pinete di domestico miste a latifoglie (+433%). Le pinete di domestico miste ad altri pini mediterranei e le aree umide sono pressoché invariate nel periodo considerato (Figura 2). Da segnalare la comparsa di nuove pinete di domestico osservata sul 3% dei punti esaminati.

Tabella 2 - Superficie (in ettari e in percentuale) delle classi di uso del suolo all'anno 2010.

Classi di uso del suolo	Superficie	
	Ettari	%
1. Superfici artificiali	15.845,1	21,3
2. Aree agricole	22.459,7	30,1
3. Pinete di pino domestico	9.633,3	12,9
4. Pinete miste di pino domestico e altri pini mediterranei	485,8	0,7
5. Pinete miste di pino domestico e latifoglie	541,2	0,7
6. Pinete di altri pini mediterranei	1.687,4	2,3
7. Altri boschi	11.726,9	15,7
8. Macchia	5.638,1	7,6
9. Spazi aperti privi o con scarsa vegetazione	1.250,7	1,7
10. Aree umide	1.339,0	1,8
11. Acque superficiali	3.910,5	5,2
<i>Totale</i>	<i>74.517,7</i>	<i>100,0</i>

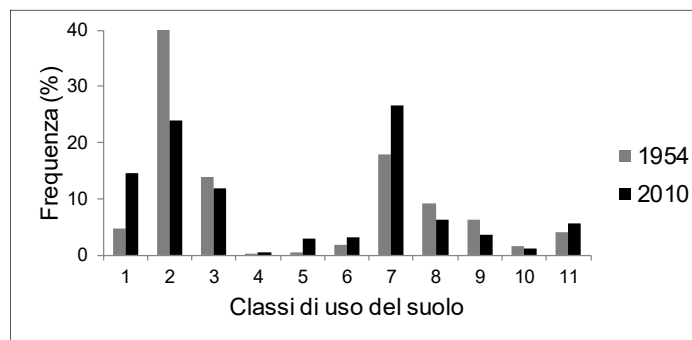


Figura 2 - Cambiamenti di uso del suolo nel periodo 1954-2010 osservati su un campione di 1.113 fotopunti (la decodifica dei codici delle classi di uso del suolo è riportata in Tabella 1).

Tabella 3 - Numero (Ntot), area basimetrica (Gtot) volume (Vtot) a ettaro e ripartizione percentuale dell'area basimetrica per specie (Gpd = area basimetrica pino domestico; Gle = area basimetrica leccio; Gma = area basimetrica specie della macchia mediterranea; Gsm = area basimetrica specie mesofile) nei tipi di pineta litoranea di pino domestico (A = Pineta planiziale mesoigrofila; B = Pineta dunale a leccio; C = Pineta dunale mesomediterranea; D = Pineta dunale termomediterranea); DS = deviazione standard.

Tipo	Ads Num.	Età Anni	Ntot n/ha	Gtot m ² /ha	Vtot m ³ /ha	Gpd %	Gle %	Gma %	Gsm %
A	1	>90	979	35	424	45,1	27,6	0,0	27,3
	2	>90	1305	35	393	63,1	26,1	0,0	10,8
	3	>90	837	39	473	68,2	10,5	0,0	21,3
Media		>90	1040	36	430	58,8	21,4	0,0	19,8
DS		-	240	2	40	12,1	9,5	0,0	8,4
B	1	93	597	42	333	96,0	4,0	0,0	0,0
	2	83	374	37	319	98,9	0,8	0,3	0,0
	3	85	248	37	339	99,2	0,5	0,3	0,0
Media		87	406	39	331	98,0	1,8	0,2	0,0
DS		5	177	3	10	1,8	1,9	0,2	0,0
C	1	85	207	40	430	100,0	0,0	0,0	0,0
	2	85	247	38	364	100,0	0,0	0,0	0,0
	3	82	183	30	272	100,0	0,0	0,0	0,0
Media		84	212	36	355	100,0	0,0	0,0	0,0
DS		2	32	5	79	0,0	0,0	0,0	0,0
D	1	-	207	14	97	100,0	0,0	0,0	0,0
	2	-	159	13	75	100,0	0,0	0,0	0,0
	3	-	80	6	42	100,0	0,0	0,0	0,0
Media		-	149	11	71	100,0	0,0	0,0	0,0
DS			64	4	27	0,0	0,0	0,0	0,0

Le pinete litoranee di pino domestico presentano caratteri compositivi e strutturali differenziati in relazione al tipo forestale considerato (Figure 3 e 4 e Tabelle 3 e 4). La Pineta planiziale mesoigrofila di pino domestico è un tipo forestale dotato di una elevata densità di individui (1040 alberi/ha) sia a portamento arboreo sia arbustivo e di una alta diversità compositiva e dimensionale.

Tabella 4 - Caratteristiche dimensionali del pino domestico (Dm = diametro medio; Hm = altezza media; Hd = altezza dominante; DSD = deviazione standard dei diametri; DSH = deviazione standard delle altezze; mH = media aritmetica delle altezze; mHins = media aritmetica delle altezze di inserzione della chioma) nei tipi di pineta litoranea di pino domestico (A = Pineta planiziale mesoigrofila di pino domestico; B = Pineta dunale di pino domestico a leccio; C = Pineta dunale mesomediterranea di pino domestico; D = Pineta dunale termomediterranea di pino domestico); DS = deviazione standard.

Tipo	Ads Num.	Dm cm	Hm m	Hd m	DSD Cm	DSH m	mH m	mHins m
A	1	70,9	29,2	29,1	4,9	3,0	29,1	17,4
	2	66,6	25,6	25,9	17,2	5,2	25,0	17,9
	3	57,2	25,7	25,6	7,0	2,7	25,6	16,7
Media		64,9	26,8	26,9	9,7	3,6	26,6	17,3
DS		7,0	2,1	1,9	6,6	1,4	2,2	0,6
B	1	37,1	15,2	15,8	4,0	0,9	15,2	10,8
	2	38,3	16,4	17,2	4,5	1,5	16,4	10,8
	3	47,1	17,7	18,5	4,4	1,0	17,6	10,5
Media		40,8	16,4	17,2	4,3	1,1	16,4	10,7
DS		5,5	1,3	1,4	0,3	0,3	1,2	0,2
C	1	49,8	20,3	20,9	6,2	1,1	20,3	10,1
	2	44,1	18,4	19,2	3,9	1,6	18,3	11,5
	3	45,8	18,0	18,1	6,5	0,9	18,0	10,9
Media		46,6	18,9	19,4	5,5	1,2	18,9	10,8
DS		2,9	1,2	1,4	1,4	0,4	1,3	0,7
D	1	29,1	12,4	13,5	12,3	2,8	11,3	6,5
	2	31,7	11,2	11,7	7,3	1,8	10,9	4,9
	3	30,1	12,5	10,7	15,1	4,1	10,7	5,3
Media		30,3	12,0	12,0	11,6	2,9	11,0	5,6
DS		1,3	0,7	1,4	4,0	1,2	0,3	0,8

Il pino domestico, che contribuisce per circa il 59% al valore complessivo dell'area basimetrica (36 m²/ha) è presente con individui coetanei di elevate dimensioni diametriche (> 50 cm) che occupano con le loro chiome il piano superiore del soprassuolo, raggiungendo altezze di circa 27 m. Le condizioni stazionali favoriscono lo sviluppo sotto la pineta di un denso strato di latifoglie disetaneo composto da leccio e varie specie mesofile arboree (farnia, rovere, cerro, frassino ossifillo, carpino nero, ontano nero, olmo, orniello) ed arbustive (agrifoglio, alloro, biancospino, rovo) che si distribuiscono in modo più o meno continuo lungo il profilo verticale fino ad altezze di circa 15 m ed oltre. La provvigione legnosa è piuttosto elevata, con valori di circa 430 m³/ha.

La Pineta dunale di pino domestico a leccio è anch'essa caratterizzata da una elevata densità di individui (406 alberi /ha) per unità di superficie e da un certo grado di mescolanza specifica. Il pino, sempre coetaneo, costituisce circa il 98% dell'area basimetrica complessiva (39 m²/ha) con piante che ricadono nelle classi diametriche comprese tra 30 e 60 cm. Le chiome dei pini in genere si

distribuiscono su un unico piano collocato ad altezze di circa 16-17 m che sovrasta uno strato disetaneo più o meno denso di vegetazione tipica della macchia mediterranea, alto circa 9-10 m e composto per lo più da leccio, sughera allo stato sporadico e specie arbustive (es. alaterno, lentisco, fillirea). In questo tipo forestale la provvigione legnosa è risultata di circa 330 m³/ha.

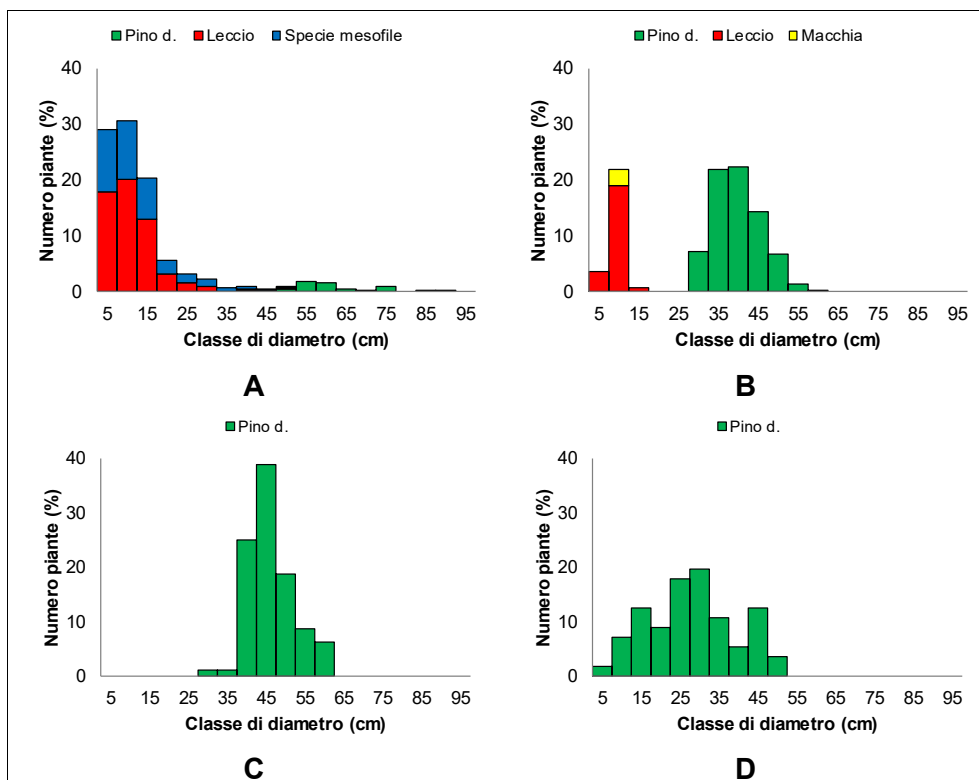


Figura 3 - Distribuzione (in %) del numero medio di piante in classi di diametro di 5 cm di ampiezza nei tipi di pineta litoranea di pino domestico (A = Pineta planiziale mesoigrofila; B = Pineta dunale a leccio; C = Pineta dunale mesomediterranea; D = Pineta dunale termomediterranea).

La Pineta dunale mesomediterranea di pino domestico presenta caratteristiche simili alla Pineta dunale di pino domestico a leccio e si differenzia da quest'ultima per l'assenza o quasi del leccio e di altre sclerofille arboree nel sottobosco.

La Pineta dunale termomediterranea di pino domestico presenta invece caratteristiche strutturali ben differenziate rispetto alle tipologie fino ad ora descritte. Questo tipo di pineta è risultato infatti meno denso (149 alberi/ha e 11 m²/ha di area basimetrica) ed è dotato di livelli provvigionali più bassi (circa 70 m³/ha) rispetto alle altre pinete litoranee; inoltre risulta essere composto da piante di pino di dimensioni inferiori sia in diametro che in altezza. Tuttavia, nella Pineta dunale termomediterranea i pini mostrano tra loro una maggiore diversità dimensionale rispetto alle altre pinete esaminate, come indicato dai valori di de-

viazione standard sia dei diametri che delle altezze (Tabella 4) e dalla ripartizione del numero di piante in classi di diametro (Figura 3), da cui si evince la presenza di un certo contingente di pini giovani (diametro <20 cm) e conseguentemente la presenza di pini appartenenti a più classi di età. Nel sottobosco, alle specie già segnalate per le pinete dunali si associano specie più termofile come ginepri, eriche, mirto, rosmarino e cisto.

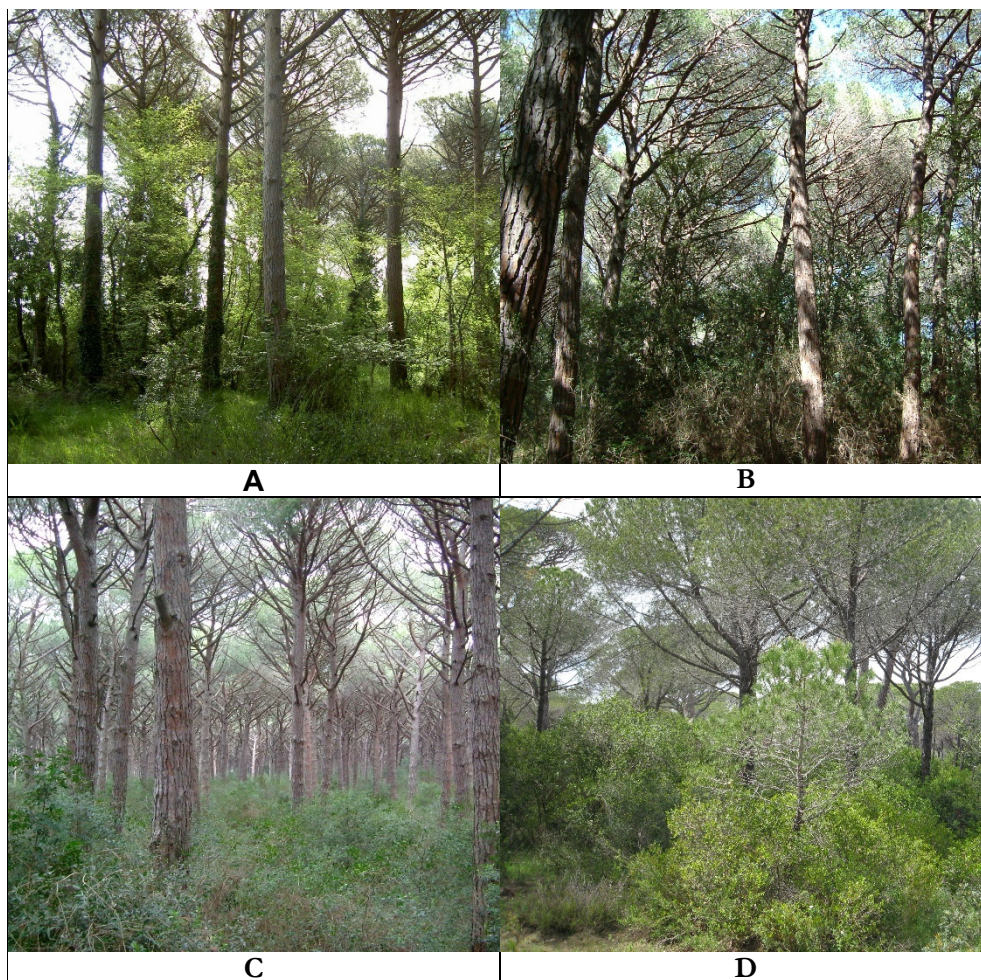


Figura 4 - Esempi di pinete costiere di pino domestico: A = Pineta planiziale mesoigrofila; B = Pineta dunale a leccio; C = Pineta dunale mesomediterranea; D = Pineta dunale termomediterranea.

4. DISCUSSIONE

La carta di uso del suolo prodotta in questo studio consente di disporre per la prima volta in Toscana di uno strumento cartografico di dettaglio (scala 1:10.000, unità minima cartografabile = 0,5 ha) che permette di esaminare con sufficiente accuratezza (accuratezza complessiva = 87%) la distribuzione regio-

nale delle pinete litoranee, distinguendo peraltro le pinete pure pino di domestico da quelle miste e dagli altri pini mediterranei presenti sulla costa. La superficie delle pinete litoranee di pino domestico, pure e miste, è risultata pari a 10.660 ha, valore di poco inferiore alla superficie complessiva di pino domestico stimata in Toscana dall'inventario forestale nazionale (INFC, 2005) che comprende le pinete collinari dell'entroterra toscano.

Le pinete di domestico hanno svolto e continuano a svolgere numerose utilità ecosistemiche. Negli anni è cresciuta soprattutto l'importanza attribuita alle pinete per le connessioni che questi soprassuoli hanno con le attività turistico-ricreative, per la loro funzione paesaggistica e per il ruolo che il sistema pineta-macchia svolge nei riguardi della conservazione della diversità biologica. Confrontando la distribuzione delle pinete di pino domestico con la distribuzione dei campeggi censiti da Google Maps sulla costa Toscana, è risultato che circa 525 ha di pineta ospitano importanti strutture turistico-ricettive. Dal confronto con la distribuzione delle aree protette è emerso che l'81% della superficie complessiva delle pinete di domestico è inclusa in aree sottoposte a forme di tutela, per lo più siti di Rete Natura 2000 ma anche parchi naturali regionali e riserve naturali statali, con frequenti casi di sovrapposizione tra questi tipi di aree protette.

Secondo l'inventario forestale nazionale, in Toscana le pinete di pini mediterranei sono di proprietà privata per il 73%, le restanti sono di proprietà pubblica; solo il 19% delle pinete presenta una pianificazione di dettaglio (INFC, 2005). Nonostante l'importanza attribuita alle pinete costiere e a quelle di domestico in particolare, queste formazioni sono da considerarsi in uno stato generalizzato di abbandono colturale. Le conoscenze in nostro possesso portano ad affermare che, anche in presenza di un piano di assestamento o di un piano di gestione forestale, in genere la coltivazione delle pinete si limita ad eseguire interventi di messa in sicurezza delle piante pericolanti (potature e abbattimenti) nelle aree più frequentate, ad effettuare tagli fitosanitari e a realizzare interventi di selvicoltura preventiva contro gli incendi boschivi lungo la viabilità e a carico del sottobosco. Queste operazioni, se condotte nel rispetto del sistema pineta-macchia, sono necessarie, ma non sufficienti per garantire la funzionalità delle pinete e la loro perpetuazione. Le cause dell'abbandono colturale sono diverse e note da tempo (Bernetti, 1987; Cantiani e Scotti, 1988; Gatteschi e Milanese, 1988), ciononostante questa situazione si protrae ormai da alcuni decenni sia in Toscana sia in altre regioni italiane (Agrimi *et al.*, 2002; Puxeddu *et al.*, 2017). Il rischio che si presenta, e di cui vi è scarsa consapevolezza nell'opinione pubblica e non solo, è la graduale trasformazione delle pinete in soprassuoli dominati da specie che crescono spontaneamente nelle zone costiere, come il leccio, le formazioni a macchia e le specie mesofile negli ambienti più freschi ed umidi.

Questo tipo di dinamica successionale è evidenziato dai risultati presentati in questo studio. L'analisi multitemporale ha fatto registrare una riduzione delle pinete pure di domestico, l'aumento delle pinete di domestico miste a latifoglie e l'espansione delle altre formazioni boschive, che nell'arco di pochi decenni

possono sostituire o comunque alterare in modo evidente il paesaggio culturale delle pinete. Da segnalare l'aumento delle acque superficiali connesso all'erosione costiera che ha contribuito in parte a ridurre la superficie delle pinete. L'urbanizzazione, l'abbandono delle aree agricole e l'espansione delle superfici forestali registrate sul litorale toscano (Figura 2) sono cambiamenti che rispecchiano i trend segnalati sul territorio nazionale (Marchetti *et al.*, 2012; Pompei *et al.*, 2015). Tra i casi di espansione del bosco rientrano anche alcuni impianti di domestico realizzati dopo il 1954 e registrati sul 3% dei punti esaminati; tali pinete sono state realizzate in aree precedentemente destinate all'agricoltura e secondariamente in zone occupate dalla macchia o in spazi aperti privi o con scarsa vegetazione; la maggioranza di questi impianti sono stati eseguiti nell'entroterra, tra Castiglioncello (LI) e Albinia (GR), a distanze superiori di 150 m dalla costa.

I nostri risultati mostrano chiaramente che la Pineta planiziale mesoigrofila di pino domestico è il tipo di pineta più soggetta a trasformazioni nella composizione specifica del soprassuolo. Questa dinamica è inevitabile nei popolamenti edificati in ambienti dove la concorrenza delle specie mesofile non permette la conservazione della pineta se non con forti immissioni di energia che oggi giorno non sono sostenibili sul piano economico e difficilmente accettabili da una opinione pubblica sempre più attenta alle questioni ambientali (Biagioni *et al.*, 2015).

Nella Pineta dunale di pino domestico a leccio e nella Pineta dunale mesomediterranea di pino domestico, i risultati ottenuti portano a ritenere che le dinamiche successionali procedono con ritmi più lenti rispetto a quelli osservati nelle pinete planiziali. Tuttavia, anche in questi casi l'invecchiamento dei soprassuoli e la mancanza di cure colturali, congiunti alla densità eccessiva delle pinete e alle problematiche di carattere fitopatologico, determinano una progressiva instabilità dei popolamenti che comportano la caduta di pinte singole o in gruppi con conseguenti aperture nella copertura arborea che lasciano spazio alla macchia e al leccio. Queste situazioni devono essere monitorate e all'occorrenza richiedono di operare con interventi puntuali tesi a controllare la macchia e a favorire la ricostituzione della pineta, per via artificiale o naturale (Ciancio *et al.*, 2009b). Nelle zone a maggiore rischio incendio, il controllo puntuale della macchia può essere utile anche per intervenire sulla continuità verticale delle chiome visto che in questi tipi di pineta l'altezza di inserzione delle chiome dei pini si aggira intorno a 10 m (Tabella 4), ovvero ad altezze prossime a quelle raggiunte dal sottobosco.

La Pineta dunale termomediterranea di pino domestico si differenzia dagli altri tipi di pineta litoranea. La struttura è articolata, la copertura arborea è rada ed è edificata da pini che appartengono a più classi di età; il sottobosco è più ricco di specie termofile, è meno denso e meno sviluppato in altezza. Nei sopralluoghi condotti in queste pinete è stata osservata la presenza di rinnovazione naturale affermata di pino domestico, ad esempio nella Pineta del Tombolo a Marina di Grosseto (Figura 5) e nella Pineta Granducale di Alberese.



Figura 5 - Esempi di rinnovazione di pino domestico nella Pineta del Tombolo, Marina di Grosseto.

La capacità del pino domestico di edificare strutture pluristratificate e di rinnovarsi naturalmente lungo le coste italiane è stata segnalata da tempo (Pavari 1955; Ciancio *et al.*, 1986) e non solo nelle pinete termomediterranee (Marchese, 1997; Ciancio *et al.*, 2009b; Di Filippo *et al.*, 2015). Questa opzione colturale, salvo pochi casi (Ciancio, 2007), è stata trascurata dal mondo scientifico e dai tecnici forestali, mentre richiede maggiore attenzione anche solo come opportunità sperimentale in alternativa al trattamento classico delle pinete di domestico, visto che questo sistema ha un elevato impatto sull'ambiente e sul paesaggio. D'altra parte, la possibilità di ottenere la rinnovazione naturale di pino domestico oggi è resa più difficile dalla carenza di seme determinata dal

cimicione ed è pertanto necessario proseguire le indagini su questo insetto al fine di sviluppare sistemi di lotta efficaci e sostenibili per la soluzione di uno dei maggiori problemi che affliggono attualmente le pinete litoranee. A tale riguardo, i dati di Nazionalpigne indicano che le quantità di conifere raccolte nelle pinete di pino domestico in Italia hanno subito una perdita annuale di circa il 10%, passando dalle 80.000 tonnellate raccolte e “lavorate” nel 1995 alle 13.000 tonnellate nel 2006 (Tiberi, 2007).

5. CONCLUSIONI

In questo lavoro sono stati perseguiti tre obiettivi principali: mappare la distribuzione delle pinete litoranee di pino domestico in Toscana, analizzare i cambiamenti di uso del suolo lungo il litorale toscano nel periodo 1954-2010, esaminare la struttura e le principali dinamiche delle pinete costiere di pino domestico.

L'analisi multitemporale dell'uso del suolo ha evidenziato cambiamenti sulla costa toscana che rispecchiano i trend principali segnalati a scala nazionale: urbanizzazione, abbandono delle aree agricole, espansione delle superfici forestali.

Le pinete pure di pino domestico hanno fatto registrare una contrazione nel periodo esaminato mentre è cresciuta la frequenza delle pinete di domestico miste a latifoglie. Tali cambiamenti sono il risultato di dinamiche successionali che in mancanza di una gestione forestale attiva delle pinete stanno progressivamente determinando modificazioni nella struttura dei soprassuoli e conseguentemente la trasformazione del paesaggio costiero.

I risultati ottenuti costituiscono una base conoscitiva di riferimento per i decisori politici, utile per promuovere azioni urgenti volte a rilanciare la gestione sostenibile delle pinete litoranee di pino domestico, ricorrendo a sistemi di coltivazione differenziati in funzione delle caratteristiche ambientali e strutturali dei popolamenti e delle realtà socio-economiche presenti sul litorale toscano.

A tale scopo riteniamo utile proseguire la ricerca per acquisire altre conoscenze sulle pinete costiere, come la distribuzione spaziale dei tipi strutturali delle pinete di domestico in Toscana ricorrendo, ad esempio, all'impiego di nuove tecnologie come i dati aerei acquisiti con sensori laser scanner lungo il litorale toscano. La ricerca dovrà poi essere completata da indagini sull'effettivo stato della rinnovazione naturale del pino domestico e sulla percezione dell'utenza sulle utilità ecosistemiche fornite da queste formazioni forestali e sulla consapevolezza che le dinamiche in atto possono alterare in modo significativo il paesaggio oggi presente lungo la costa toscana.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro svolto con fondi del progetto PRIN 2012 “NEUFOR: Modelli innovativi di analisi dei servizi ecosistemici nell'ambito di formazioni boschive

urbane e periurbane” finanziato dal Ministero dell’Istruzione, Università e Ricerca. Gli autori desiderano ringraziare i due revisori anonimi che hanno contribuito a migliorare una precedente versione del manoscritto.

SUMMARY

*Are Italian stone pine forests (Pinus pinea L.) an endangered coastal landscape?
A case study in Tuscany (Central Italy)*

In Tuscany (central Italy), Italian stone pine forests (*Pinus pinea* L.) have characterized the coastal landscape for about five centuries. Coastal stone pine forests provide many goods and services, such as dune stability, protection of arable lands, biodiversity, wildlife habitat, space for tourism and recreation, landscape perception and aesthetic, wood and non-wood forest products. Since the middle of the 20th century this anthropogenic landscape has been diminishing due to changes in forest dynamics and land use. Nowadays, the quality and quantity of goods and services provided by coastal pinewoods are influenced by the adopted management styles and by decision-making factors which depend on temporary socio-economic needs that often veer from sustainable forest management criteria. The objectives of this study were: (i) to map the current distribution of stone pine forests along the Tuscan coast, (ii) to analyze land use and land cover changes between 1954 and 2010, and (iii) to describe the structure and principal dynamics of stone pine forests in this area. Results show that in 2010, stone pine forests amounted to 10 660 ha. Land use changes along the Tuscan coast reflect the trends reported on a national scale: urbanization, abandonment of agricultural areas, and expansion of forested areas. Pure stone pine forests have contracted between 1954 and 2010 while the frequency of mixed stone pine-broadleaf forests has grown as a result of successional dynamics, which have progressively led to a transformation of the coastal landscape. Results are discussed with the intention of providing knowledge to support management of the forest landscape along the Tyrrhenian coast.

BIBLIOGRAFIA

- Agrimi M., Bollati S., Giordano E., Portoghesi L., 2002 - *Struttura dei popolamenti e proposte di gestione per le pinete del litorale romano*. L'Italia Forestale e Montana, n. 3: 244-260.
- Angelini P., Casella L., Grignetti A., Genovesi P. (ed.), 2016 - *Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: habitat*. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 142/2016.
- ARSIA, 2006 - *La Toscana dei tartufi*. A cura di Gianfranco Nocentini, Tiziana Mazzei, Anna Luisa Freschi, Settore Promozione dell’Innovazione e Sistemi della conoscenza, Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l’Innovazione nel settore Agricolo-forestale, Regione Toscana. Press Service srl, Sesto Fiorentino (FI). 40 p.
- Auisio P., Boitani L., Mason F., Vigna Taglianti A., Vagniluca S., 2013 - *Piano di Gestione della Riserva Naturale Biogenetica Tomboli di Follonica*. Corpo Forestale dello Stato.
- Bernetti G., 1987 - *I boschi della Toscana*. Quaderni di Monti e Boschi. Giunta Regionale Toscana - Edagricole.
- Biagioni A., Corsi F., Pezzo F., Tassi F. 2015 - *Pinete costiere e necessità di conservazione forestale, faunistica e paesaggistica. Il Tombolo di Grosseto*. In: (a cura di: Orazio Ciancio) Proceedings of the Second International Congress of Silviculture, Designing the future of the forestry sector (Vol. 1). Florence, November 26th - 29th 2014. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 329-336.
- Cantiani M.G., Scotti R., 1988 - *Le fustaie coetanee di pino domestico del litorale tirrenico: studi sulla dinamica di accrescimento in funzione di alcune ipotesi selvicolturali alternative*. Annali dell’Istituto Sperimentale per l’Assessmentamento Forestale e per l’Alpicoltura, Trento, vol. XI: 1-54.

- Ciancio O., 2004 - *Piano di Gestione dell'Azienda Forestale "La Versiliana" (2005-2014)*. Relazione Tecnica. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università degli Studi di Firenze. Firenze. 150 p.
- Ciancio O., 2007 - *Piano di Gestione della Riserva Naturale Statale Biogenetica dei Tomboli di Cecina 2007-2021*. Relazione Tecnica. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università degli Studi di Firenze. Firenze. 338 p.
- Ciancio O., Cutini A., Mercurio R., Veracini A., 1986 - *Sulla struttura della pineta di pino domestico di Alberese*. Annali dell'Istituto Sperimentale di Selvicoltura, XVII: 171-236.
- Ciancio O., Travaglini D., Bottalico F., Puletti N., 2009a - *Variazioni della linea di costa ed effetti dell'erosione marina sulle superfici forestali della Riserva Naturale Statale Biogenetica "Tomboli di Cecina"*. In: A. Aru. ITACA - i Quaderni - 1. Paesaggio Rurale. Conoscenza, pianificazione, conservazione, p. 141-152, Sinnai (CA): DTE - Daniele Tomasi Editore, ISBN:9788896318003.
- Ciancio O., Travaglini D., Bianchi L., Mariotti B., 2009b - *La gestione delle pinete litoranee di pino domestico: il caso dei "Tomboli di Cecina"*. In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME), p. 156-162.
- Corona P., 1999 - *Valutazione dell'accuratezza tematica in cartografia forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 3: 153-161.
- Di Filippo A., Baliva M., De Angelis M., Piovesan G., 2015 - *Analisi dendroecologica della pineta vetusta di Fregene (Fiumicino - RM)*. In: (a cura di: Orazio Ciancio) Proceedings of the Second International Congress of Silviculture, Designing the future of the forestry sector (Vol. 1). Florence, November 26th - 29th 2014. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 161-165.
- Fanfani A., 1973 - *Condizione dei pini del litorale marino italiano in relazione ai fattori ecologici*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste. Collana Verde, 32, 41 p.
- Ferretti F., Sboarina C., Tattoni C., Vitti A., Zatelli P., Geri F., Pompei E., Ciolli M., 2016 - *The 1936 Italian Kingdom Forest Map reviewed: a dataset for landscape and ecological research*. Submitted to iForest - Biogeosciences and Forestry.
- Gatteschi P., Milanese B., 1988 - *Condizioni della vegetazione del litorale toscano a sud di Livorno*. Monti e Boschi, 2: 5-10.
- Giacomini V., 1968 - *Un albero italico nel paesaggio italico*. L'Italia Forestale e Montana, 3: 101-116.
- Gonthier P., Faccoli M., Garbelotto M., Capretti P., 2015 - *Invasioni biologiche ed effetti sulla biodiversità forestale*. In: (a cura di: Orazio Ciancio) Proceedings of the Second International Congress of Silviculture, Designing the future of the forestry sector (Vol. 1). Florence, November 26th - 29th 2014. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 155-160.
- INFC, 2005 - *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio*. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale - Corpo Forestale dello Stato. Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura Unità di ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale (CRA-MPF).
- LaMMA, 2015 - *Report Meteorologico*. 4-5 marzo 2015.
On line: http://www.lamma.rete.toscana.it/clima/report/eventi/vento_4-5_marzo_2015.pdf.
- Maetzke F., Travaglini D., 2005 - *Le pinete di pino domestico della costa toscana: ipotesi di gestione sistemica per la conservazione della biodiversità*. Italia Forestale e Montana, 4: 541-558.
- Marchese O., 1997 - *Linee di gestione per la pineta di pino domestico della tenuta di San Rossore: indagini sperimentali*. Tesi di laurea. Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale. Facoltà di Agraria. Università di Firenze.
- Marchetti M., Bertani R., Corona P., Valentini R., 2012 - *Cambiamenti di copertura forestale e dell'uso del suolo nell'inventario dell'uso delle terre in Italia*. Forest@, 9: 170-184.
<https://doi.org/10.3832/efor0696-009>
- Merendi A., 1921 - *Impianto e coltura del pino da pinoli*. L'Alpe, 3: 39-46.
- Milizia Nazionale Forestale, 1932. *Carta Forestale del Regno d'Italia alla scala di 1:100.000*. Istituto Geografico Militare. Firenze.
- Mondino G.P., Bernetti G., 1998 - *I tipi forestali*. In: "Boschi e macchie di Toscana". Regione Toscana, Giunta Regionale. Edizioni Regione Toscana.
- Nardi Berti R., 2006 - *La struttura anatomica del legno*. CNR IVALSÀ.

- Neri F., Piegai F., 2009 - *Produttività e costi in cantieri di utilizzazione integrale della biomassa nella Regione Toscana*. In: Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Taormina (ME): 877-881.
- Nocentini S., Tiberi R., Travaglini D., Cappelli V., Bracalini M., 2010 - *Parco Regionale della Maremma. Linee guida per la realizzazione di interventi forestali nella Pineta Granducale di Alberese*. Relazione Tecnica. Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Firenze. Firenze. 49 p.
- Pavari A., 1955 - *Sul trattamento delle fustaie di pino domestico (Pinus pinea L.)*. In: Atti del Congresso Nazionale di Selvicoltura. Firenze, 14-18 marzo 1954. Volume I: Relazioni, p. 69-97. Tipografia Coppini & C., Firenze.
- Pezzo F., 2012 - *La comunità ornitica nidificante nella "Pineta Granducale di Alberese" (Toscana). Composizione, struttura e indicazioni gestionali per la conservazione*. Atti del Museo di Storia Naturale della Maremma, 29: 91-101. ISSN 1126-0882.
- Pompei E., Canini L., Gasparini P., Rizzo M., 2015 - *Il consumo di suolo agricolo-forestale nel decennio 2005-2015 monitorato con gli strumenti dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC)*. In: Atti del convegno "Recuperiamo terreno" Sessione Poster – Vol. I (a cura di: Munafò M., Sallustio L., Salvi S., Marchetti M.). Milano, 6 maggio 2015. ISPRA, Atti 2015: 17-27.
- Puxeddu M., Citterio G., Giannini R., 2017 - *Dinamiche spazio/tempo di alcune pinete costiere della Sardegna meridionale e centrale*. In: Sixth International Symposium. Monitoring of Mediterranean Coastal Areas. Problems and Measurement Techniques (a cura di C. Conese). Livorno (Italy) September 28-29, 2016. FUP, Firenze. e-ISBN: 978-88-6453-428-2: 66-74.
- RAFT, 2008 - *Rapporto sullo stato delle Foreste della Regione Toscana*. ARSIA. Compagnie delle foreste.
- Regione Toscana, 2013 - *Piano ambientale ed energetico regionale. Primi elementi per un programma pluriennale per la difesa della costa (Allegato 1 alla Scheda B.2)*. Regione Toscana, Firenze, 11 p.
- Salvadori C., 2004 - *Il cimicione americano delle conifere*. Terra Trentina, 19 (10): 31-33.
- Tabacchi G., Di Cosimo L., Gasparini P., Morelli S., 2011 - *Stima del volume e della fitomassa delle principali specie forestali italiane. Equazioni di previsione, tavole del volume e tavole della fitomassa arborea epigea*. Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento.
- Tiberi R., 2007 - *Danni alla fruttificazione del pino domestico: indagine sulle cause e sulle perdite di produzione*. ARSIA Toscana.
- Tomei P.E., Bertacchi A., Sani A., Consiglio M.O., 2003 - *Carta della vegetazione della Tenuta di San Rossore. Scala 1:10.000*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli. S.E.L.C.A., Firenze.
- Tomei P.E., Bertacchi A., Sani A., Consiglio M.O., 2004 - *La vegetazione della Tenuta di San Rossore. Note esplicative della Carta della vegetazione di San Rossore 1:10.000*. Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli. Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Università di Pisa. Pisa. Industrie Grafiche Pacini. Pisa, 67 p.