



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali
TESI DI LAUREA MAGISTRALE
IN
SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

**LA FLORA VASCOLARE AUTOCTONA E ALLOCTONA IN
RELAZIONE ALLA DIVERSITÀ DEL PAESAGGIO
NELLA PROVINCIA DI PADOVA**

*Native and alien vascular flora in relationship to landscape diversity
in the province of Padua (North Italy)*

Relatore:

Tommaso Sitzia

Correlatore:

Roberto Rizzieri Masin

Laureando:

Simone Iacopino

Matricola n. 1086747

ANNO ACCADEMICO 2015 - 2016

Ai miei genitori

INDICE

Riassunto	7
Summary	8
1 Introduzione	9
1.1 Il paesaggio: espressione di biodiversità	9
1.2 L'urbanizzazione e gli effetti sulla ricchezza floristica	12
1.3 Flora alloctona in Italia	15
1.4 Obiettivi	17
2 Materiali e metodi.....	19
2.1 Area di studio: la provincia di Padova.....	19
2.1.1 Inquadramento del territorio	19
2.1.2 Clima	20
2.1.3 Geologia e geomorfologia	21
2.2 Raccolta dei dati.....	22
2.3 Elaborazione dei dati	24
2.4 Analisi dei dati.....	25
3 Risultati	29
3.1 Distribuzione delle flora nell'area di studio	29
3.2 Analisi <i>cluster</i>	33
3.3 Specie indicatrici dei <i>cluster</i>	36
3.4 La flora padovana a confronto con l'indice di diversità di Shannon.....	39
3.5 Ricchezza floristica nelle aree urbane e nelle aree coltivate.....	42
4 Discussione	45
5 Conclusioni	51

6	Bibliografia.....	53
	Siti web consultati.....	58
	Ringraziamenti.....	59

RIASSUNTO

La complessità di un ambiente rappresenta il fondamento della ricchezza in specie che questo ospita, il paesaggio costituisce l'insieme degli ecosistemi e la loro distribuzione nello spazio e nel tempo sotto l'impronta antropica che lo modella. I cambiamenti ambientali indotti dall'uomo negli ultimi decenni stanno esercitando una pressione sempre più intensa sulla ricchezza floristica: urbanizzazione ed agricoltura intensiva semplificano il paesaggio ed intaccano gli habitat di specie vegetali e animali. In questo studio sono state verificate le relazioni tra eterogeneità del paesaggio e distribuzione della flora autoctona ed alloctona nella provincia di Padova. È stata ribadita la naturale difformità di ricchezza tra la flora dei Colli Euganei e la flora delle zone di pianura più antropizzate. Sono emersi pattern di distribuzione simili per le componenti della flora locale ed esotica e l'indice di diversità di Shannon utilizzato, anche in questo caso studio, si è rivelato un buon predittore della ricchezza floristica di un territorio.

SUMMARY

Environment complexity represents the basis of its species richness, the landscape is the result of the set of ecosystems and their arrangement in space and time under human pressure. In the last decades environmental changes induced by man have been causing a growing impact on the number of flora species: urbanization and industrial farming simplify landscape and eliminate flora and fauna habitats. In this study the relations between landscape complexity and native and non-native flora have been tested in the province of Padua (North Italy). The dissimilarity of flora richness between Colli Euganei and the plain has been confirmed. The alien flora showed a similar distribution pattern to native flora and the Shannon diversity index has revealed to be a good predictor of changes in the number of flora species.

1 Introduzione

1.1 Il paesaggio: espressione di biodiversità

Il paesaggio è un'area terrestre eterogenea composta da un cluster di ecosistemi interagenti e ripetuti con pattern simili in uno spazio geografico.¹

La complessità di un ambiente è il fondamento necessario per garantire un'alta biodiversità; "l'elevato numero di specie di un territorio deve essere giustificato da un'alta eterogeneità dello stesso ed un incremento dell'eterogeneità implica un più alto numero di nicchie che consentano a molte specie di coesistere" (Pausas et al., 2003).

Una delle forme più tangibili della variabilità e diversità biologica è rappresentata dal paesaggio, nel contempo sede di diversità biologica e risultato dei molteplici processi naturali ed antropici cui è sottoposto. Come testimoniato dai recenti progressi dell'ecologia del paesaggio e dalla macroecologia, la configurazione del paesaggio, ovvero la sua matrice, ha un impatto decisivo sulla diversità ecologica locale e sulla struttura della comunità presente (Dauber et al., 2003). Forman (1995) nel suo manuale sull'Ecologia del paesaggio parla di paesaggio come la risultante di tre differenti meccanismi:

- eterogeneità del substrato;
- disturbi naturali;
- attività antropiche.

L'eterogeneità del substrato, costituito da colline, zone umide e tipi di suolo, genera una distribuzione discontinua della vegetazione, i disturbi naturali assieme ai processi biologici creano eterogeneità e modificano o rinforzano la sua

¹ (Forman e Godron, 1986)

struttura mentre le attività antropiche creano corridoi, macchie, confini ed il cosiddetto *mosaic pattern* (Forman, 1995). L'ecologia del paesaggio assume un ruolo fondamentale nella conservazione della biodiversità avendo come oggetto di studio non singoli habitat ma pattern di habitat a scala regionale.

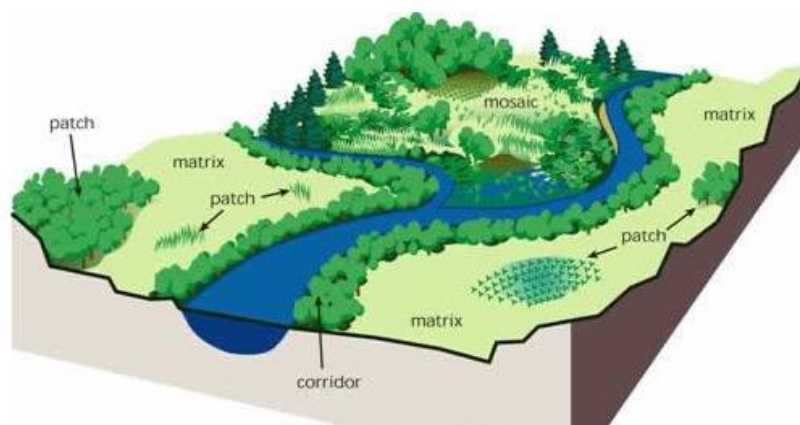


Fig. 1.1 Esempio di paesaggio e suoi elementi costitutivi: matrice, mosaico, patch e corridoio. (fonte: Federal Interagency Stream Restoration Working Group. (1998). Stream corridor restoration: principles, processes, and practices.)

La presenza e la densità di molte specie viventi sono condizionate dalla disposizione topologica, dalla dimensione e dal grado di connessione degli habitat (Primack e Carotenuto, 2003). In questi concetti risiedono proprio gli elementi costitutivi del paesaggio: tessera ambientale, matrice e corridoi. Tra questi, la tessera ambientale o *patch* costituisce l'unità strutturale del paesaggio, rappresenta un'area relativamente omogenea con composizione specifica e struttura diverse dalla matrice che la circonda. Ciò che distingue una tessera dalla matrice circostante sono variazioni nella geologia, nella topografia, nel suolo e nei caratteri climatici; a questi fattori poi, si aggiunge sempre la presenza dell'uomo ovvero la pressione che esso esercita sul paesaggio. Strutturalmente le tessere ambientali sono descritte da dimensione, forma e lunghezza in perimetro: parametri che agiscono sulla comunità che la abita. La dimensione ad esempio, permette di ospitare popolazioni con densità più elevate e comunità con ricchezza di specie maggiore. Le patch più vaste infatti possono ospitare una

maggior varietà di topografie e suoli (Smith e Smith, 2009). A tal proposito gli ecologi hanno dibattuto a lungo se sia migliore una tessera grande piuttosto che una piccola per la diversità biologica di una comunità. Questo aspetto ha dato luogo a molte posizioni, anche contrastanti fra loro. Secondo Forman (1995) un paesaggio costituito esclusivamente da tessere di grande estensione perde poche funzioni; è indubbio il fatto che piccole tessere forniscano benefici differenti da quelle grandi, ma un modello ottimale di paesaggio deve avere piccole tessere disperse nella matrice in aggiunta a patch grandi che garantiscono le funzioni più importanti. Dimensione e forma delle tessere agiscono sul rapporto tra superfici marginali e superfici interne; una tessera che rappresenti adeguatamente entrambe le componenti potrà ospitare un maggior numero di specie, sia le specie di margine, che quelle delle aree centrali. Una moltitudine di fattori, tra cui i cambiamenti ambientali e disturbi naturali, concorrono alla formazione di nuove tessere ed alle dinamiche di successione di altre “ determinando sia il regime che la direzione del cambiamento dell’intero mosaico paesaggistico” (Forman, 1995). Interessante è la relazione tra la velocità di evoluzione di una tessera e la sua origine: tessere “pseudonaturali” mutano più lentamente, per via di una maggior stabilità ecosistemica, rispetto a tessere periodicamente disturbate (eccezione fatta per disturbi continui che impediscono il naturale processo di successione della tessera).

La matrice paesaggistica svolge almeno (tra le funzioni più importanti) tre ruoli chiave secondo Franklin (1993):

- fornisce habitat ad una scala spaziale più piccola;
- incrementa l’efficacia delle riserve naturali;
- condiziona direttamente la connettività nel paesaggio.

Sempre secondo Franklin, nell’obiettivo di difendere gran parte della diversità biologica del nostro pianeta, è fondamentale prestare attenzione non solamente alle singole specie ed agli ecosistemi ma alla più ampia scala del paesaggio che gioca un ruolo fondamentale nella conservazione della biodiversità.

La diversità biologica rappresenta la “variabilità degli organismi viventi, degli ecosistemi terrestri, acquatici e i complessi ecologici che essi costituiscono [...]”(Conferenza UNCED Rio de Janeiro, 1992), è garanzia di stabilità e funzionalità dell’intera biosfera e rappresenta il pilastro della vita, assicurando la vitalità riproduttiva, la resistenza alle malattie e l’adattamento ai cambiamenti ambientali (Primack e Carotenuto, 2003). Biodiversità e paesaggio, come sinonimo di stabilità e complessità, racchiudono l’obiettivo chiave da perseguire per conservare le ricchezze naturali del nostro pianeta.

1.2 L’urbanizzazione e gli effetti sulla ricchezza floristica

Nell'ultimo secolo lo sviluppo dell'agricoltura industriale ha contribuito in modo sempre più incisivo al declino della biodiversità delle specie vegetali (Green, 1990), a seguito di forti e continue alterazioni, nonché di semplificazioni della matrice paesaggistica. In molte realtà, la pressione antropica sul paesaggio è diventata sempre più predominante, capillare tanto da alterarne l’assetto. Come riporta McKinney (2002), tra le svariate attività umane, lo sviluppo urbano produce uno dei più alti tassi di estinzione locale ed elimina la gran parte delle specie native sia di animali che piante. Il processo di urbanizzazione e l’agricoltura intensiva generano un elevato numero di patch non idonee alla maggior parte delle specie (Duelli, 1997). La perdita di habitat a causa dell’urbanizzazione è evidente: secondo l’americano McKinney (2002), oltre l’80% delle aree urbane più centrali viene occupata da edifici e asfalto, mentre la vegetazione restante solitamente viene gestita semplificandone la struttura (McKinney, 2008).

La semplificazione del paesaggio come riduzione di complessità geometrica è causata, secondo Moser et al. (2002), in primo luogo da:

- *patch* dei paesaggi agricoli estremamente regolari, ovvero campi rettangolari con confini rettilinei;

- margini delle patch naturali e semi-naturali comprese tra superfici coltivate, come le macchie boscate sempre più rettificate e semplificate;
- agricoltura intensiva che aumenta la dimensione delle unità di produzione (campi), con la conseguente perdita di un mosaico paesaggistico “*fine grained*”, dove i piccoli campi e i pascoli vengono uniti, eliminando gli spazi vegetati di confine.



Fig. 1.2 Paesaggio formato da campi coltivati molto estesi e di forma regolare (a). Paesaggio rurale in cui i campi sono di dimensioni più ridotte, immersi in una matrice più eterogenea, presenza di corridoi e macchie boscate (b).

La perdita di ricchezza floristica è chiaramente correlata al tasso di trasformazione del paesaggio, dall'intensità con la quale un'area viene sfruttata. Ad un maggior sfruttamento segue infatti un aumento delle superfici inadatte alla flora ed una riduzione nell'eterogeneità degli habitat, con una contrazione della ricchezza floristica. Per questo, contesti e modelli di urbanizzazione differenti risultano avere effetti diversi sulla flora. I casi di sviluppo urbano più intenso e concentrato, come quello americano, riportano una graduale perdita di specie autoctone ed un incremento di specie alloctone dalle aree rurali verso il cuore delle aree urbane (McKinney, 2002).

Honnay et al. (2003), in un confronto tra le aree rurali e quelle urbane nel Belgio occidentale, riportano lo stesso andamento per le specie alloctone, ma sottolineano come il numero di habitat presenti nelle aree urbane rispetto a quelle periferiche rurali incida positivamente sul numero di specie native minacciate

nonostante la più elevata frammentazione delle patch (espressa da un elevato valore dell'indice MPI²). Le aree urbane e semi-urbane presentano infatti un elevato numero di classi di uso del suolo rispetto alle aree agricole e la loro eterogeneità relativa sembrerebbe incrementare la proporzione di specie alloctone sulla flora locale, fenomeno osservato anche da altri autori con casi studio nell'Europa centrale (Kowarik, 1990; Pysek, 1993; Kowarik, 1995).

Secondo questi studi in diversi casi l'Europa offre città più ospitali verso la flora rispetto alle omogenee superfici coltivate; questo grazie alla presenza di una varietà di habitat come parchi, giardini, talvolta sponde fluviali, prati e macchie boscate (Deutschewitz, 2003). Emerge infatti dallo studio di Deutschewitz sulla flora nel distretto di Dessau (Germania) che le città di Dessau e Lutherstadt Wittenberg ospitano un numero più elevato di specie autoctone (oltre a quello delle alloctone) rispetto alle circostanti aree rurali coltivate.

Certamente quanto emerso nel caso studio tedesco non può valere per molte altre realtà urbane ma indica l'importanza per la flora locale di assicurare una minima proporzione di aree naturali e semi-naturali come rifugi per la diversità biologica nelle grandi città (Duelli, 1997).

² Il *mean proximity index* (MPI) indica il grado di isolamento e frammentazione del tipo di *patch* considerato.

1.3 Flora alloctona in Italia

Nell'ambito delle trasformazioni cui sono sottoposti non solo il paesaggio, ma l'intero pianeta, gli studiosi hanno posto molta attenzione al tema delle invasioni biologiche. Secondo Mooney e Hobbs (2000) si tratta di una delle principali componenti dei cambiamenti globali, causa di ingenti danni all'ambiente, ai beni e alla salute dell'uomo, riguarda tutti i principali gruppi tassonomici. Ingenti sono i danni arrecati dalle specie infestanti a colture e manufatti, numerosi i problemi per la salute dell'uomo dovuti ad agenti patogeni, specie tossiche e allergeniche. La diffusione delle specie alloctone è connessa al grado di antropizzazione di un ambiente tanto che risulta esserci una relazione lineare tra il numero di specie registrato in diverse città dell'Europa centro-orientale e la dimensione della città, come numero di abitanti, a testimoniare un aumento dell'eterogeneità degli habitat, ma anche maggiori possibilità di arrivo di nuove specie per effetto dei trasporti e delle attività commerciali (Pysek, 1993).

Anche in Italia, i sistemi naturali mostrano segni dell'impatto delle attività umane; tra questi la diffusione delle specie alloctone invasive è uno degli elementi che minaccia maggiormente la diversità biologica (Mack et al., 2000). La diffusione delle specie più invasive porta all'esclusione delle altre specie, privandole di spazio, luce e risorse.



Fig. 1.3 *Sicyos angulatus*, esempio di specie alloctona infestante. Foto di A. Alessandrini

Secondo la definizione data da Richardson et al. (2000), una specie vegetale alloctona è “un’entità vegetale la cui presenza in un territorio è dovuta al trasporto, volontario o accidentale, da parte dell’uomo”. L’invasività delle specie alloctone deriva da molteplici fattori, ma, in primo luogo, proprio dalla combinazione tra la diffusione di alloctone nel pianeta e la vulnerabilità degli ambienti ospiti, in gran parte per cause antropiche.

La penisola italiana, ubicata nel cuore del Mediterraneo ed al centro dei flussi commerciali, è stata storicamente esposta all’arrivo di specie esotiche. Già in epoca romana furono importate moltissime specie esotiche anche per interessi botanici, ornamento di ville e giardini. L’interesse per le piante alloctone proseguì nel Medioevo, quando i monaci le coltivavano per le proprietà officinali. Persino l’Orto Botanico di Padova divenne nucleo di diffusione per molte specie alloctone, che per la prima volta furono segnalate in Italia nei cataloghi dell’Orto botanico patavino (Celesti-Grappow et al., 2009).

Come riportato da Celesti-Grappow (2010), in Italia sono state rilevate (come spontanee) 1.023 specie alloctone, il 13,4 % della flora autoctona, che è composta da 7600 entità. Si tratta di piante provenienti soprattutto dal continente americano (387) ed asiatico (366). Il nostro paese, caratterizzato da un paesaggio e da un clima molto diversificati, offre una vasta gamma di siti e condizioni ambientali adatte a queste specie. Tra le alloctone presenti in Italia, 163 sono invasive. A dimostrazione di quanto sia significativo il ruolo delle attività umane nella loro diffusione, il numero di alloctone, le specie invasive e la percentuale sulla flora autoctona assumono i valori più elevati nelle regioni più densamente abitate, urbanizzate e industrializzate. La Lombardia è la regione d’Italia con il più elevato numero di piante alloctone (545) e la più alta percentuale sul numero di autoctone (16,9%), a seguire, troviamo il Veneto con 388 piante alloctone che costituiscono l’11,8% della flora totale della regione (Celesti-Grappow et al., 2010). Numeri che permettono di comprendere l’entità del problema, ma che richiederebbero un aggiornamento sulla base dei dati raccolti a scala provinciale

e regionale. Masin e Scortegagna (2012), ad esempio, hanno offerto un quadro più aggiornato sulla presenza di specie alloctone per quanto riguarda le province del Veneto centro-meridionale.

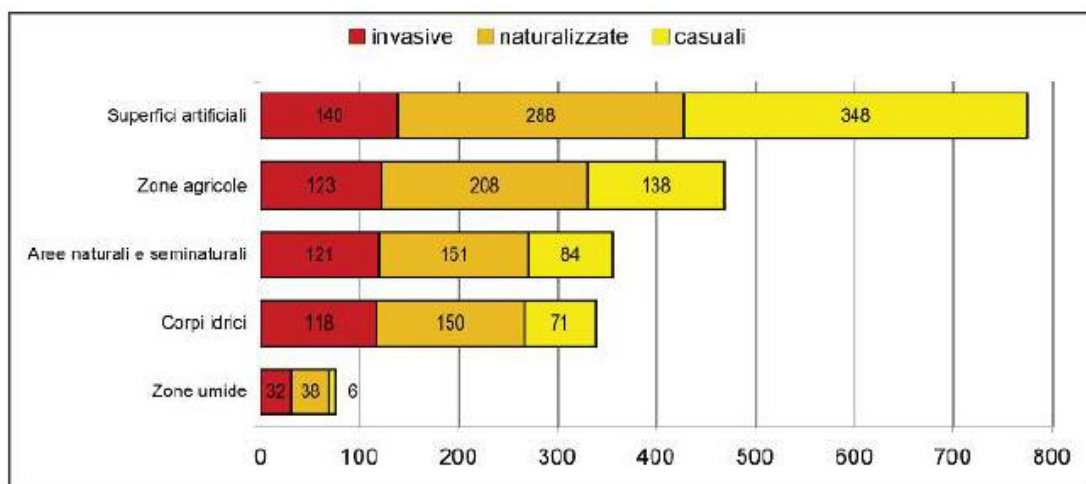


Fig. 1.4 Distribuzione delle specie alloctone della flora italiana nelle categorie di uso del suolo secondo il sistema *CORINE Land Cover* (livello1) (Celesti-Grapow L. et al., 2010)

1.4 Obiettivi

L'obiettivo del presente studio è quello di indagare la distribuzione della flora autoctona ed alloctona nella provincia di Padova e di ricercare le relazioni tra la composizione e la struttura del paesaggio e la ricchezza e la composizione delle specie vascolari.

2 Materiali E Metodi

2.1 Area di studio: la provincia di Padova

2.1.1 Inquadramento del territorio

Il presente studio riguarda il territorio della provincia di Padova. Questa è localizzata nel cuore della Regione Veneto, accerchiata da tutte le altre province della regione ad eccezione di quella di Belluno. La provincia di Padova occupa una superficie di 2144 km² (fonte: <http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/>) suddivisa in 104 comuni. Quasi tutto il suo territorio è pianeggiante ad eccezione dei Colli Euganei, che rappresentano un'isola dall'elevato valore naturalistico. La provincia è suddivisa dalla fascia delle risorgive in bassa e alta pianura padovana. Il suo territorio è bagnato dai fiumi Brenta, Bacchiglione e Adige.

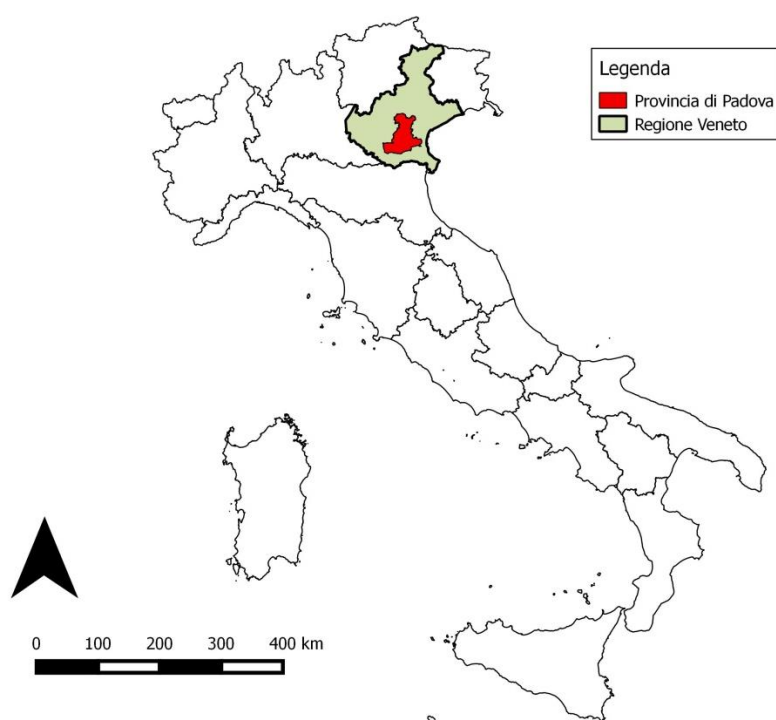


Fig. 2.1 Inquadramento geografico dell'area di studio (QGIS)

2.1.2 Clima

In Veneto si possono distinguere tre diverse zone climatiche: pianura, prealpi e settore alpino. “Il Veneto presenta specifiche caratteristiche climatiche che sono il risultato dell’azione combinata di un insieme di fattori che agiscono a diverse scale” (ARPAV, 2011). Tra queste, la sua posizione a medie latitudini con i conseguenti effetti stagionali e la collocazione in una zona di passaggio tra l’areale centro-europeo e quello sud-europeo dove, il primo è influenzato dalle grandi correnti occidentali, mentre il secondo dagli anticicloni subtropicali e mediterranei. Il clima del Veneto è condizionato dall’ampia fascia montana ad orografia complessa a nord e dalla presenza del Lago di Garda a Ovest (ARPAV, 2011). La Pianura veneta ha un clima temperato piovoso, con estati molto calde e afose e inverni rigidi. Le temperature seguono un trend crescente spostandosi da nord verso sud, in concomitanza con l’abbassamento della quota altimetrica. In pianura la temperatura media annua misurata dalle stazioni ARPAV oscilla intorno ai 13° C con piccole variazioni tra le diverse stazioni di rilevamento. Le precipitazioni medie annue invece presentano variazioni consistenti, diminuendo significativamente da nord verso sud: 1142 mm/anno nella stazione più a nord di Cittadella, 754 mm/anno nella stazione più a sud di Sant’Urbano (ARPAV, 2013). Il regime pluviometrico è equinoziale: presenta un massimo primaverile, a giugno con totale mensile di 110 mm e uno autunnale, a novembre con 85 mm mensili (Trentanovi, 2008).

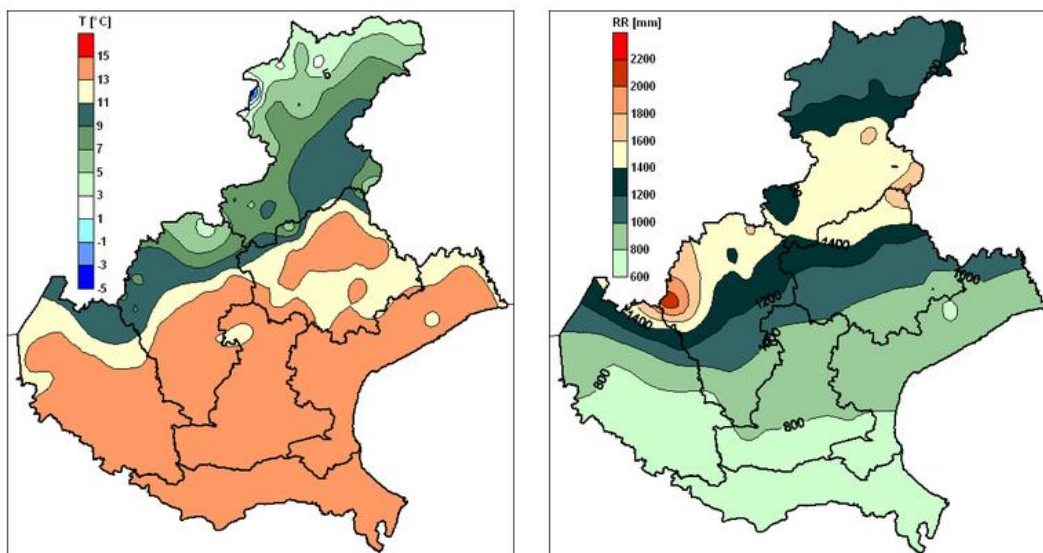


Fig. 2.2 Rappresentazione grafica delle temperature medie (isoterme) e delle precipitazioni annue medie (isoiete) nella regione Veneto. Periodo 1985 – 2009 (fonte: ARPAV)

2.1.3 Geologia e geomorfologia

La pianura padovana deriva dai processi sedimentari del Brenta e dell'Adige con un contributo minoritario da parte del Bacchiglione e dell'Agno-Guà. Questi fiumi, durante l'era quaternaria, secondo la direttrice nord-sud, depositarono prima i materiali più grossolani, come ciottoli e ghiaie, e poi quelli più fini come sabbie, limi e argille nella bassa pianura. Come conseguenza di questa differente granulometria, i suoli dell'alta pianura risultano essere più permeabili ed aridi mentre quelli della bassa pianura sono più impermeabili ed umidi. Una piccola porzione della laguna di Venezia rientra nella provincia di Padova, aree che sono state sottoposte ad importanti opere di bonifica tra l' 800 e il '900. La formazione dei Colli Euganei, più antica, risale al periodo compreso tra l'Eocene e l'Oligocene. L'emissione di corpi intrusivi ed effusivi, a tenore di silice molto variabile, ha caratterizzato i Colli Euganei con una litologia molto varia. L'isolamento di questo gruppo montuoso è dovuto all'attività sedimentaria dei fiumi Brenta e Adige, che hanno seppellito le porzioni più marginali di questi rilievi.

2.2 Raccolta dei dati

La presente tesi si basa sui dati raccolti da un gruppo di botanici, coordinati da Roberto Rizzieri Masin, che hanno erborizzato nell'arco degli ultimi 15 anni. La lunga campagna di rilievi si inserisce nel progetto "Cartografia Floristica del Veneto", nato nel 1998 per volontà della Società Botanica Italiana, poi sospeso nei primi anni 2000 per mancanza di finanziamenti da parte delle istituzioni fondatrici. L'attività di censimento è stata nonostante questo condotta volontariamente, dapprima solo nella provincia di Padova e poi estendendo le ricerche alle provincie limitrofe, con l'obiettivo di realizzare una prima cartografia floristica di queste aree, che offra un quadro aggiornato e completo sulla distribuzione della flora. Poiché il territorio cambia repentinamente e con esso la sua flora, la realizzazione di questi studi è fondamentale al fine di conoscere, interpretare e pianificare il territorio.

La ricerca delle specie vascolari è stata effettuata mediante rilievi per itinerari condotti nel corso di 10 mesi all'anno, interrompendo i rilievi a dicembre e gennaio. L'area di studio è suddivisa nei quadranti delle tavolette IGM con scala 1:50.000 e corrispondenti ai tagli della Carta Tecnica Regionale 1:10.000 (Trentanovi, 2008). La provincia di Padova è suddivisa in 91 quadranti, ma per il presente studio sono stati considerati solamente 81 quadranti (Fig. 2.3) per i quali le ricerche sono state compiute sulla loro intera estensione ed esclusi quelli i cui rilievi hanno riguardato solo porzioni di quadrante. Ciascun quadrante è identificato da un codice di riferimento (es. 108-34-2) e dai nomi delle principali località. Le piante individuate durante le attività di campo sono state inserite nella scheda di rilevamento associata al quadrante.

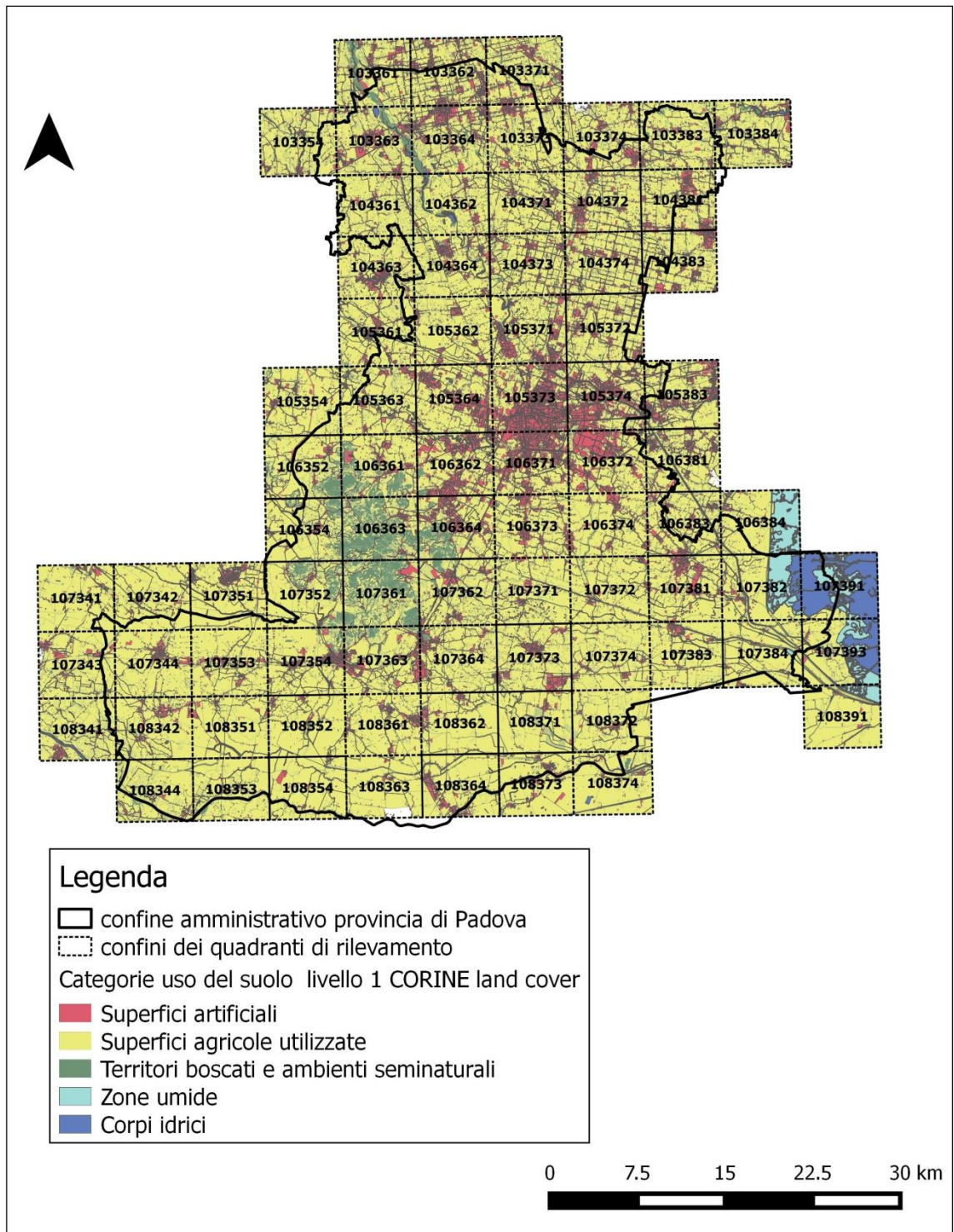


Fig. 2.3 Rappresentazione grafica dell'area di studio suddivisa nei quadranti delle tavolette IGM con scala 1:50000

2.3 Elaborazione dei dati

I dati raccolti in campo sono stati trasferiti da supporto cartaceo (schede di rilevamento) a supporto informatico mediante software MS *Excel* con la costruzione di un database. Il database (Fig. 2.4) riporta, per ciascun quadrante, presenza e assenza di tutte le specie di flora vascolare censite nella provincia. Ad ogni specie è associato un codice formato dalle prime tre lettere del genere e dalle prime tre lettere del binomio scientifico (es. *Salix alba* L. : sal.alb). In caso di specie del medesimo genere aventi epiteto scientifico con le prime lettere uguali si inseriscono le prime due lettere dell'epiteto scientifico e per terza la prima lettera diversa che permette di ottenere un codice univoco per ogni specie (es. *Veronica peregrina* L.: ver.pee; *Veronica persica* Poir.: ver.pes).

cod	all abi.gra	all abu.the	all aca.vir	all aca.mol.m
103354	0	1	1	0
103364	0	1	1	0
103361	0	1	0	0
103362	0	1	1	0
103363	0	1	1	0
103371	0	1	1	0
103373	0	1	1	0
103374	0	1	1	0
103383	0	1	1	0
103384	0	1	1	0
104361	0	0	1	0
104362	0	1	1	0
104363	0	1	1	0
104364	0	1	1	0

Fig. 2.4 Porzione del database che riporta la presenza (1) o assenza (0) delle specie nel quadrante. La voce "all" indica specie alloctona mentre "nat" indica specie autoctona. Nella colonna di sinistra "cod" sono riportati i codici di ogni quadrante.

Il database completo riporta 1.815 specie di flora vascolare. La principale difficoltà riscontrata nel trasporre i dati dai fascicoli al database *Excel* è stata causata dall'incongruenza tra i nomi delle specie presenti nei fascicoli della Società Botanica Italiana e quelli riportati nella lista preesistente. Ciò ha reso

necessarie delle verifiche³ per individuare l'entità corrispondente alle diverse nomenclature. Il valore di questo archivio informatico, oltre a rappresentare la piattaforma dati a supporto delle elaborazioni, risiede nella possibilità di essere modificato e aggiornato di pari passo con i cambiamenti quali-quantitativi della flora; rappresenta dunque una prima base di partenza per aggiornamenti futuri. Nel database inoltre, è stata specificata per ogni specie la sua appartenenza o meno alla flora della Regione Veneto distinguendo tra specie alloctona (all) e specie autoctona (nat). Nella categoria "alloctona" sono state inserite sia le specie originarie di altre aree geografiche del mondo che le specie appartenenti alla flora di altre regioni d'Italia.

2.4 Analisi dei dati

Le informazioni contenute nel database sono state importate in ambiente GIS. Le variabili del paesaggio sono state calcolate con *Quantum GIS* (versione 2.10.1) (*Quantum GIS Development Team*, 2015) ed il *plugin Lecos* (versione 2.0.2) (Jung, 2016) utilizzando come base informativa la carta delle coperture del suolo *CORINE Land Cover* (2012). Relativamente a ciascun quadrante sono state calcolate le aree occupate dalle 5 categorie di uso del suolo *CORINE* (livello 1):

1. Superfici artificiali
2. Superfici agricole utilizzate
3. Territori boscati e ambienti seminaturali
4. Zone umide
5. Corpi idrici

Sempre sulla base delle coperture del suolo è stato calcolato l'indice di diversità di Shannon (SDI), espresso dall'equazione:

³ Le verifiche sono state fatte servendosi di database online presenti nei seguenti siti: *theplantlist.org*, *actaplantarum.org* e marginalmente *plants.usda.gov*.

$$SDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

Eq. 1 Equazione dell'indice di diversità secondo Shannon

dove:

P_i = proporzione del paesaggio occupato dal tipo di patch (classe) i .

L'indice di diversità di Shannon restituisce la sommatoria delle proporzioni di ciascuna classe sul totale. In questo caso studio come classi per il calcolo dell'indice sono state scelte le coperture di uso del suolo del livello 2 proposte dal *CORINE Land Cover*. L'SDI è un tipo di indice di diversità spesso applicato alla valutazione della diversità specifica e utilizzato molto nel campo dell'ecologia del paesaggio (Franco, 2000). Un elevato valore di SDI indica un'eguale proporzione delle categorie, mentre un valore contenuto esprime la forte dominanza di una categoria, unita ad una scarsa rappresentatività delle altre.

Tutte le analisi statistiche sono state effettuate con *RStudio* (versione 3.2.2) (*RStudio Team, 2015*) e le variabili sono sempre state riferite alla scala di quadrante. Le relazioni delle variabili considerate nel presente studio sono state verificate con i relativi modelli lineari scegliendo la funzione *lm* di *RStudio*.

Tra le regressioni osservate, la relazione tra la ricchezza floristica e SDI è stata analizzata anche per poter verificare l'attendibilità del database floristico. La significatività di questa relazione infatti risponde all'assunto secondo il quale i quadranti più complessi in termini di usi del suolo, descritti dai valori più alti dell'indice di diversità di Shannon ospitano anche una ricchezza floristica relativamente più elevata rispetto ai quadranti più omogenei in usi del suolo. Questa corrispondenza permette indirettamente di verificare la correttezza dei rilievi svolti. L'importanza dell'indice di diversità di Shannon come variabile per descrivere il pattern di distribuzione della ricchezza in specie è stata ribadita anche da Luoto et al. (2002).

Al fine poi, di descrivere in maniera più soddisfacente la medesima relazione, è stata ricercata la variabile in grado di spiegare la dispersione dei valori nella relazione tra ricchezza floristica ed indice di diversità di Shannon. A tal proposito come variabili sono state considerate numero di *patch*, l'area totale e la patch con area media relativamente a ciascuna delle categorie (sopra elencate) del livello 1 di uso del suolo secondo il *CORINE Land Cover*. L'individuazione del modello di regressione lineare più parsimonioso ha previsto l'eliminazione delle variabili correlate tra loro dunque aventi un indice di correlazione di Pearson $<0,6$. le variabili con valore di significatività più basso sono state scartate una ad una fino all'individuazione della variabile maggiormente correlata.

È stata condotta un'analisi *cluster* anch'essa basata sulle stesse coperture del suolo (livello1); il calcolo della matrice di distanza è stato effettuato con la funzione *dist* ed utilizzando la distanza euclidea. La matrice della distanza è stata poi sintetizzata con un dendrogramma secondo il metodo di aggregazione di Ward (Ward, 1963).

In questo modo è stato possibile ottenere dei raggruppamenti di quadranti basati sulla composizione delle coperture del suolo. A partire da questi, utilizzando la funzione *multipatt* e l'indice *indval* (Dufrêne e Legendre, 1997), sono state ricercate specie indicatrici da abbinare ai relativi *cluster*. La funzione utilizzata crea combinazioni dei *cluster* inseriti comparandole con le specie rilevate per poi assegnare ad ogni specie la combinazione con il valore di associazione più elevato (De Cáceres et al., 2010). Le specie indicatrici ottenute sono state poi selezionate tenendo le specie aventi valore di $\text{indval.g} > 0.7$ e $p < 0,1$.

3 Risultati

3.1 Distribuzione delle flora nell'area di studio

La distribuzione della flora nella provincia di Padova viene illustrata presentando il numero totale di specie vegetali vascolari (Fig. 3.1) ed il numero di specie alloctone⁴ rilevate per ogni quadrante (Fig. 3.2). Le principali statistiche per le diverse componenti della flora (numero totale, autoctone ed alloctone) sono riportate nella Tabella 1.

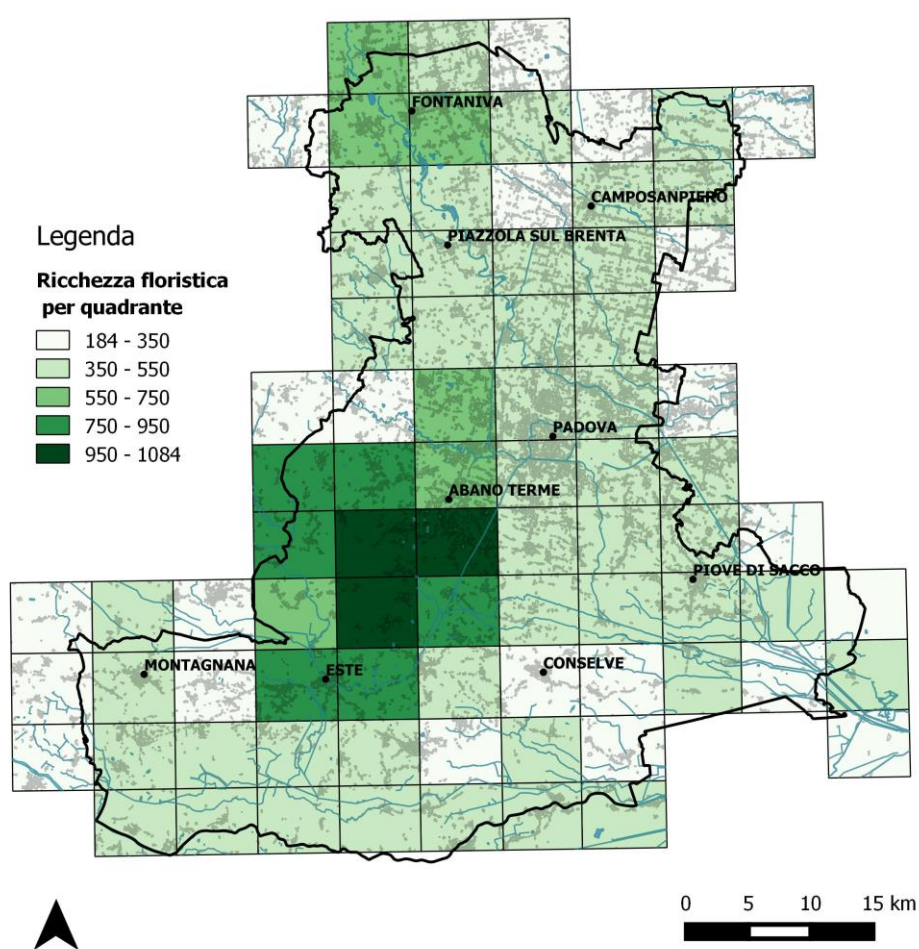


Fig. 3.1 Rappresentazione della ricchezza floristica (autoctone + alloctone) per ogni quadrante dell'area di studio.

⁴ Nella categoria "alloctone" sono state inserite sia le specie originarie di altre aree geografiche del mondo che le specie non appartenenti alla flora della Regione Veneto.

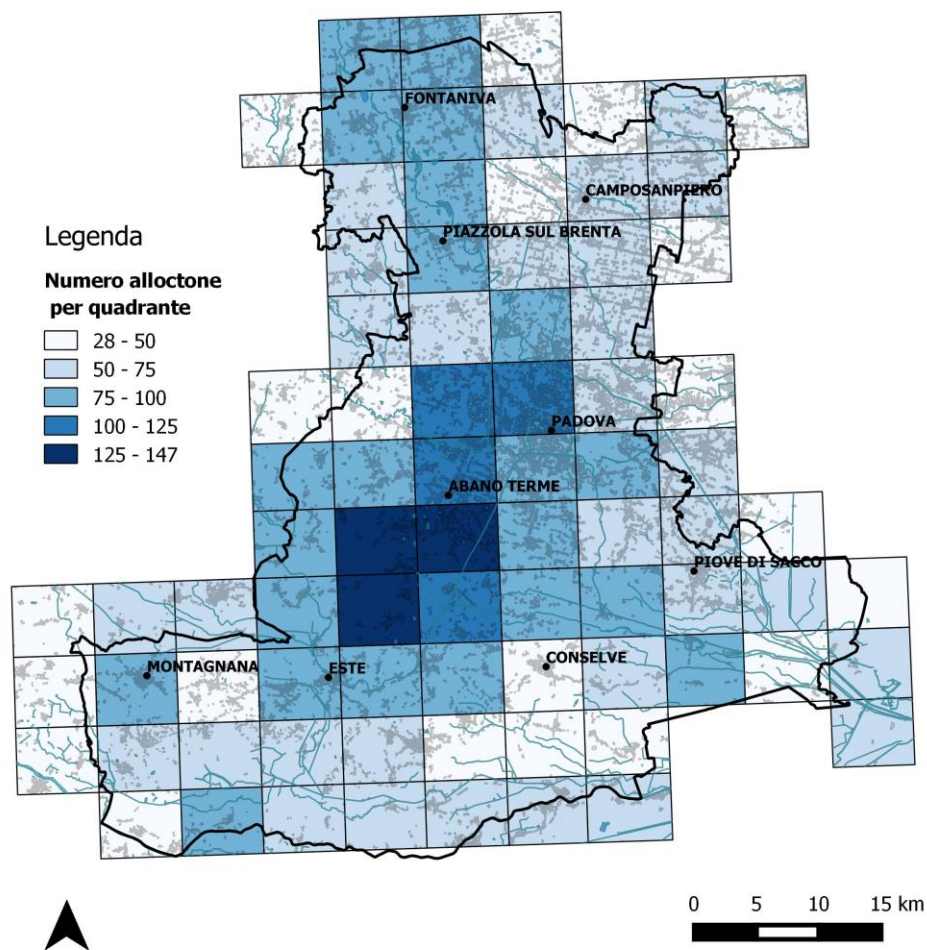


Fig. 3.2 Rappresentazione del numero di specie alloctone per ogni quadrante dell'area di studio.

Tabella 1 Principali statistiche per la ricchezza floristica, le specie autoctone e le specie alloctone.

	Numero totale specie quadrante	autoctone	alloctone
min	184	145	28
max	1084	944	147
mediana	401	338	65
media	457±20.8	388,51±18.4	68,42±2.7

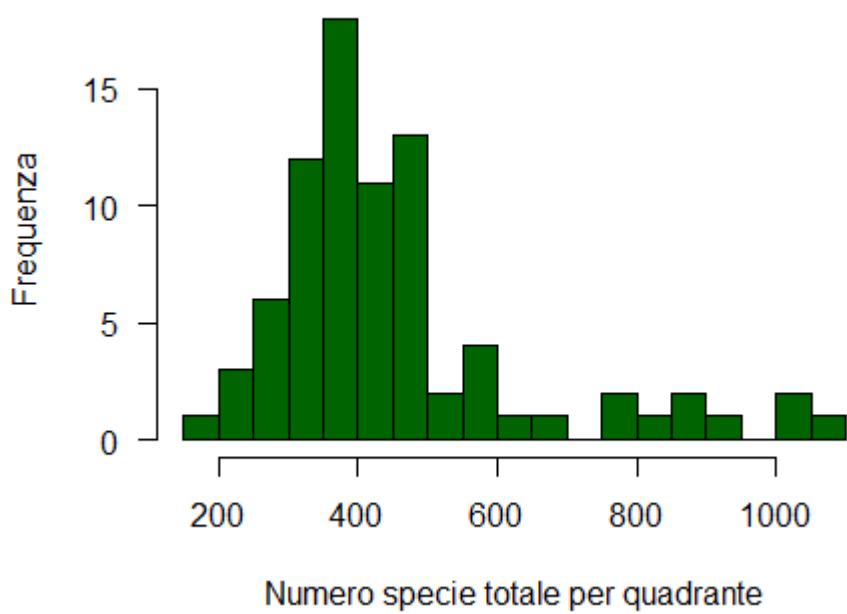


Fig. 3.3 Distribuzione delle frequenze del numero di specie osservato in ciascun quadrante.

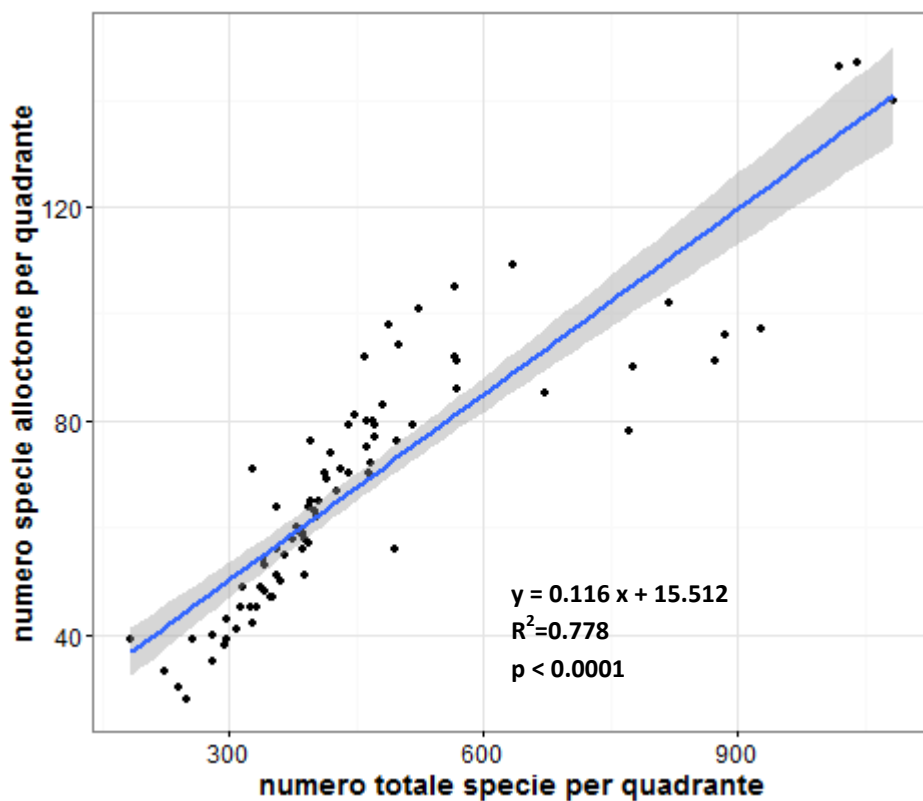


Fig. 3.4 Relazione tra il numero di specie alloctone e il numero totale di specie osservate in ogni quadrante.

Nella provincia di Padova il numero di specie di flora vascolare per quadrante è compreso tra 184 e 1084. Il valore medio è pari a 456,9 entità per quadrante. L'accentuata variabilità è descritta da una deviazione standard di 188,05, dovuta alla discrepanza di valori di ricchezza floristica tra la pianura patavina e i Colli Euganei. La prima infatti ospita in media 396,4 specie vegetali per quadrante con un valore massimo di 635 specie, mentre i Colli Euganei si discostano con una media oltre il doppio di quella della pianura, 937 specie con un valore massimo di 1084 specie per quadrante.

La ricchezza floristica più bassa è stata riscontrata nel confine sud orientale della provincia, precisamente nel quadrante che comprende la località Concadalbero a Sud di Codevigo. La ricchezza floristica più elevata invece si registra sui Colli Euganei con 1084 specie nel quadrante di Galzignano Terme. In Fig. 3.3. viene riportato l'istogramma delle frequenze del numero totale di specie vegetali, i quadranti dei Colli Euganei, con i valori più elevati, sono rappresentati dalla coda destra del grafico. Per quanto concerne invece la componente di specie alloctone il quadrante con il minor numero di specie registra 28 entità; è un quadrante marginale la cui superficie insiste principalmente nella provincia di Vicenza. Il quadrante con più alloctone invece ospita 147 entità esotiche, è il quadrante di Galzignano Terme, al contempo quadrante con la più elevata ricchezza floristica della provincia. Il grafico in Fig. 3.4 invece riporta la relazione, quasi lineare, tra il numero di specie totali presenti per quadrante e il relativo numero di piante alloctone, descritta dall'equazione $y = 0.116 x + 15.512$.

3.2 Analisi cluster

È stata condotta un'analisi gerarchica dei gruppi, basata sulla copertura delle categorie di uso del suolo *CORINE Land Cover* – livello 1, calcolate a scala di quadrante. L'analisi cluster è sintetizzata dal dendrogramma in Fig. 3.5. I quadranti si trovano nella porzione terminale della ramificazione gerarchica mentre l'asse delle y riporta la distanza o dissimilarità che separa i diversi raggruppamenti. Più alto è il punto di congiunzione tra gruppi nell'asse y minore è la somiglianza tra gruppi quanto a composizione in coperture di uso del suolo. Il numero degli 8 cluster estratti è stato scelto al fine di raggruppare i quadranti in un numero congruo di cluster. La distribuzione dei quadranti in funzione del cluster di appartenenza è illustrata nella carta in Fig. 3.6. La Fig. 3.7 invece presenta per ciascun gruppo l'area totale osservata per ogni cluster delle diverse categorie di uso del suolo (asse delle y).

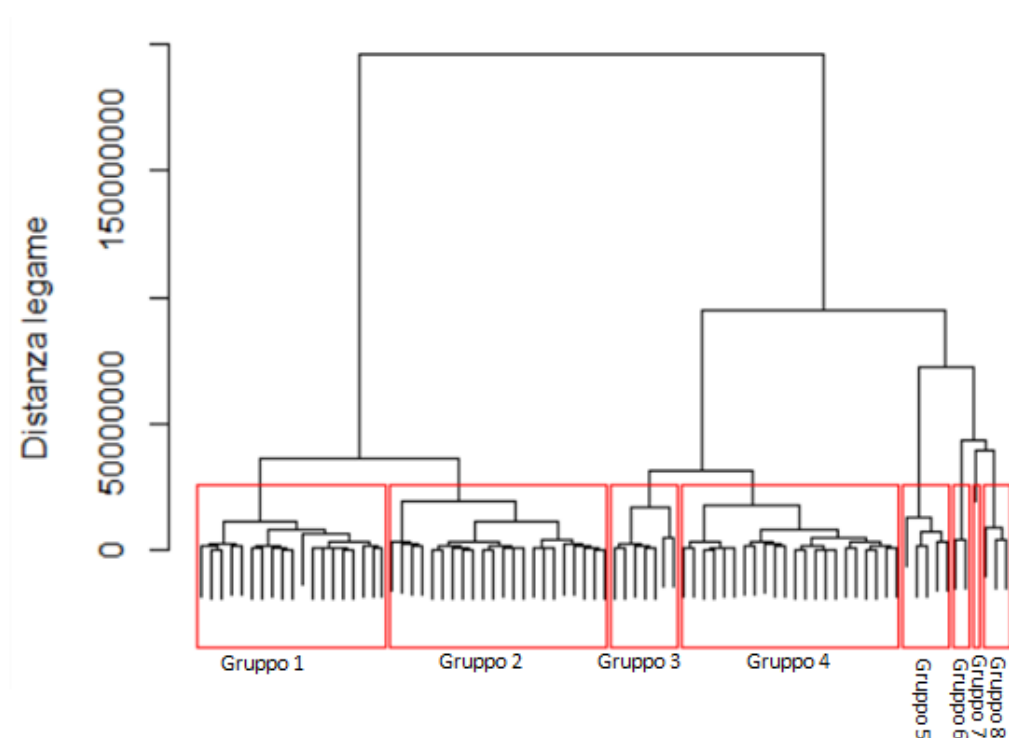


Fig. 3.5 Dendrogramma e gruppi individuati.

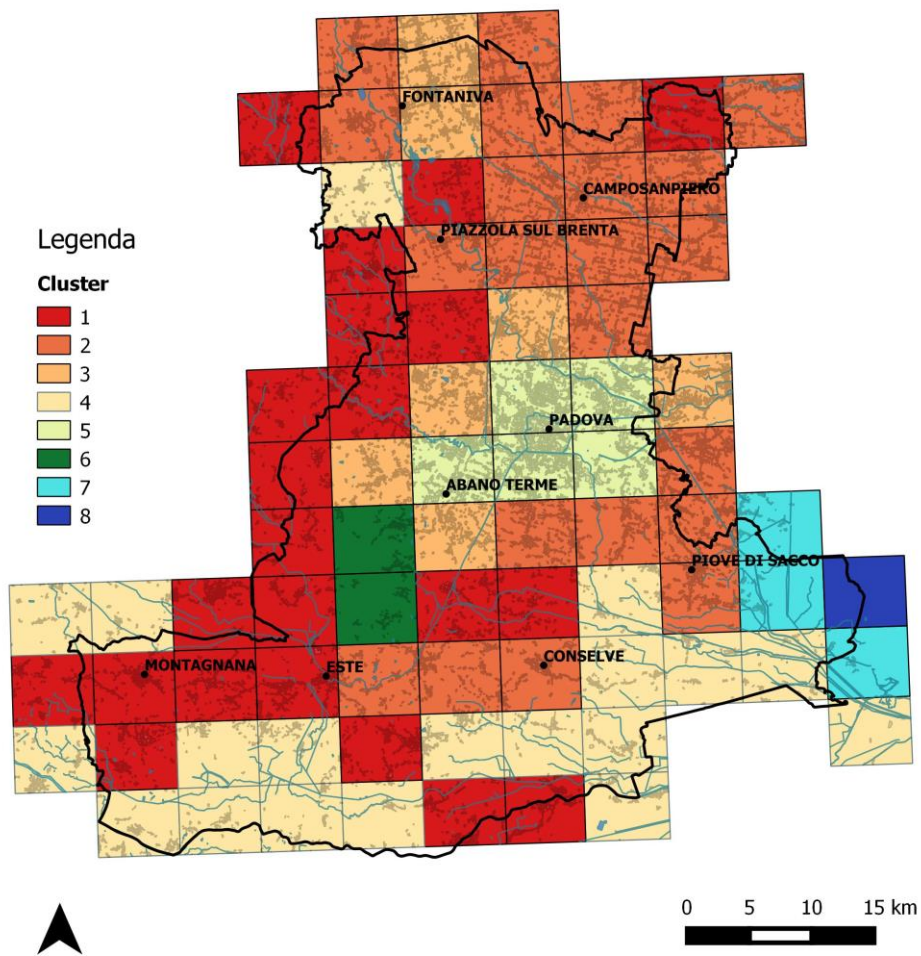


Fig. 3.6 Rappresentazione dei quadranti dell'area di studio sulla base dei cluster.

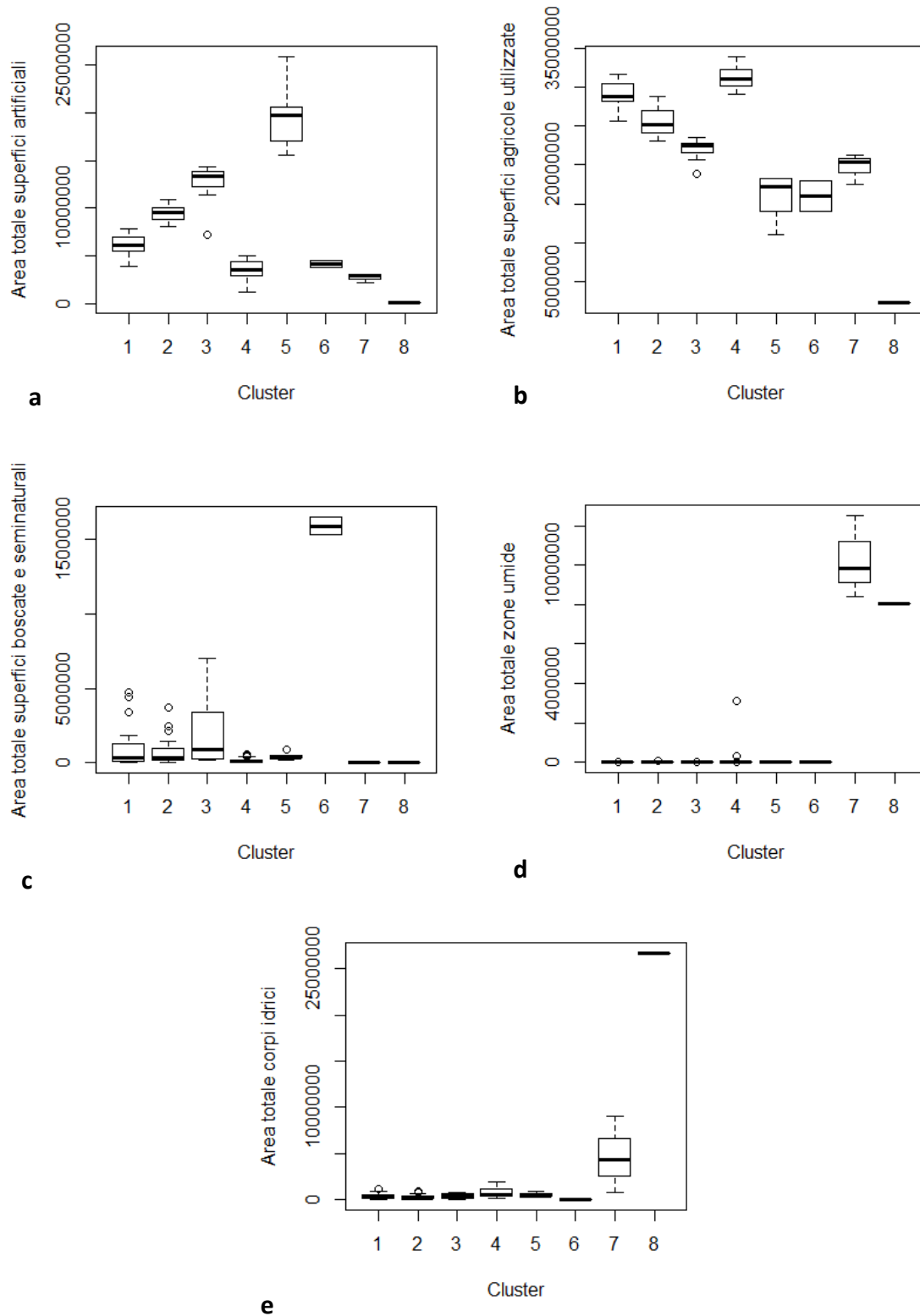


Fig. 3.7 Rappresentazione della superficie totale (m²) di ciascuna categoria dell'uso del suolo (CORINE Land Cover- livello 1) osservata per ogni cluster: superfici artificiali (a), superfici agricole utilizzate (b), superfici boscate e ambienti seminaturali (c), zone umide (d), corpi idrici (e).

3.3 Specie indicatrici dei *cluster*

Dai raggruppamenti di quadranti più simili per composizione nelle categorie di uso del suolo (analisi cluster), sono state estratte le specie indicatrici dei relativi gruppi (Tabella 2). Sono stati presi come valori soglia $\text{stat} > 0,7$ e $p < 0,01$. Non essendoci specie indicatrici rispettanti i parametri indicati, i gruppi da 1 a 5 non presentano specie indicatrici. Il gruppo 6 raggruppa i quadranti dei Colli Euganei e riporta in larga parte specie tipiche di boschi e prati. Tra le specie tipiche di bosco vengono riportate: *Orchis mascula* (L.) subsp. *mascula*, *Vaccinium myrtillus* L., *Hieracium lachenalii* Suter e *Galium odoratum* (L.) Scop. Tra le specie tipiche di prati aridi invece si annoverano: *Spiranthes spiralis* (L.) Chevall., *Sideritis montana* L. subsp. *montana*, *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Artemisia alba* Turra, *Bromus arvensis* L. s.l. e *Lathyrus latifolius* L. Il gruppo 7 raggruppa tre quadranti che si affacciano sulla Laguna di Venezia e presentano come specie indicatrice *Salicornia glauca*, *Arthrocnemum macrostachyum* (Moric.) K. Koch. Il gruppo 8 invece è costituito da un solo quadrante la cui area insiste completamente sulla laguna e a questo vengono associate come specie indicatrici piante tipiche di ambienti salsi e costieri come *Crypsis aculeata* (L.) Aiton, *Juncus hybridus* Brot., *Hordeum marinum* Huds.

Tabella 2 Specie indicatrici e indici di significatività per i cluster osservati.

Gruppo 6		# specie indicatrici 39	
		Indval.g	p.value
<i>Carex leporina</i> L.		1.000	0.005 **
<i>Hieracium lachenalii</i> Suter		1.000	0.005 **
<i>Hyoscyamus albus</i> L.		1.000	0.005 **
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill. <i>subsp. angustifolia</i>	all	1.000	0.005 **
<i>Orchis mascula</i> (L.) L. <i>subsp. mascula</i>		1.000	0.005 **
<i>Orobanche alba</i> Stephan ex Willd.		1.000	0.005 **
<i>Pinus pinaster</i> Aiton <i>subsp. pinaster</i>		1.000	0.005 **
<i>Plantago major subsp. intermedia</i> (Gilib.) Lange		1.000	0.005 **
<i>Caucalis platycarpos</i> L.		0.975	0.005 **
<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.		0.975	0.010 **
<i>Ophrys apifera</i> Huds.		0.975	0.005 **
<i>Phillyrea latifolia</i> L.		0.975	0.005 **
<i>Spiranthes spiralis</i> (L.) Chevall.		0.975	0.005 **
<i>Turritis glabra</i> L.		0.975	0.005 **
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.		0.971	0.005 **
<i>Limodorum abortivum</i> (L.) Sw.		0.951	0.010 **
<i>Orlaya kochii</i> Heywood		0.951	0.005 **
<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce		0.951	0.010 **
<i>Sideritis montana</i> L. <i>subsp. montana</i>		0.951	0.005 **
<i>Orobanche lutea</i> Baumg.		0.948	0.005 **
<i>Pistacia terebinthus</i> L. <i>subsp. terebinthus</i>		0.929	0.005 **
<i>Prunella grandiflora</i> (L.) Scholler		0.929	0.005 **
<i>Salvia sclarea</i> L.		0.929	0.005 **
<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC.		0.908	0.005 **
<i>Reseda phyteuma</i> L. <i>subsp. phyteuma</i>		0.908	0.005 **
<i>Salvia officinalis</i> L.		0.905	0.005 **
<i>Phleum paniculatum</i> Huds. <i>subsp. paniculatum</i>		0.888	0.005 **
<i>Polygonum bellardii</i> All.		0.869	0.005 **
<i>Syringa vulgaris</i> L.	all	0.869	0.005 **
<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall		0.851	0.005 **

<i>Lepidium campestre</i> (L.) R. Br.		0.848	0.010 **
<i>Bifora radians</i> M. Bieb.	all	0.831	0.010 **
<i>Lembotropis nigricans</i> (L.) Griseb		0.831	0.005 **
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	all	0.776	0.010 **
<i>Artemisia alba</i> Turra		0.766	0.010 **
<i>Bromus arvensis</i> L. s.l.		0.75	0.010 **
<i>Lathyrus latifolius</i> L.		0.725	0.010 **
<i>Lamium maculatum</i> L.		0.717	0.010 **
<i>Inula salicina</i> L.		0.703	0.005 **

Gruppo 7

#specie indicatrici 1

	Indval.g	p.value
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> (Moric.) K. Koch	1.000	0.005 **

Gruppo 8

#specie indicatrici 6

	Indval.g	p.value
<i>Crypsis aculeata</i> (L.) Aiton	1.000	0.010 **
<i>Juncus hybridus</i> Brot.	1.000	0.010 **
<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	1.000	0.010 **
<i>Plantago cornutii</i> Gouan	1.000	0.010 **
<i>Spergularia bocconei</i> (Scheele) Asch. & Graebn	1.000	0.010 **
<i>Hordeum marinum</i> Huds.	0.951	0.010 **

Codici significatività: '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

3.4 La flora padovana a confronto con l'indice di diversità di Shannon

In Fig. 3.8 vengono illustrati i diversi valori assunti dall'indice di diversità di Shannon (SDI) (vedi "Analisi") calcolati per ogni quadrante. L'indice descrive il diverso grado di eterogeneità delle coperture del suolo secondo il *CORINE Land Cover* (livello 2). Per l'area di studio l'indice ricopre l'intervallo di valori compresi tra 0,64 e 1,77 e assume un valore medio di 1,156. Il valore più basso registra il quadrante più omogeneo come copertura del suolo mentre quello più elevato il quadrante con la più alta eterogeneità.

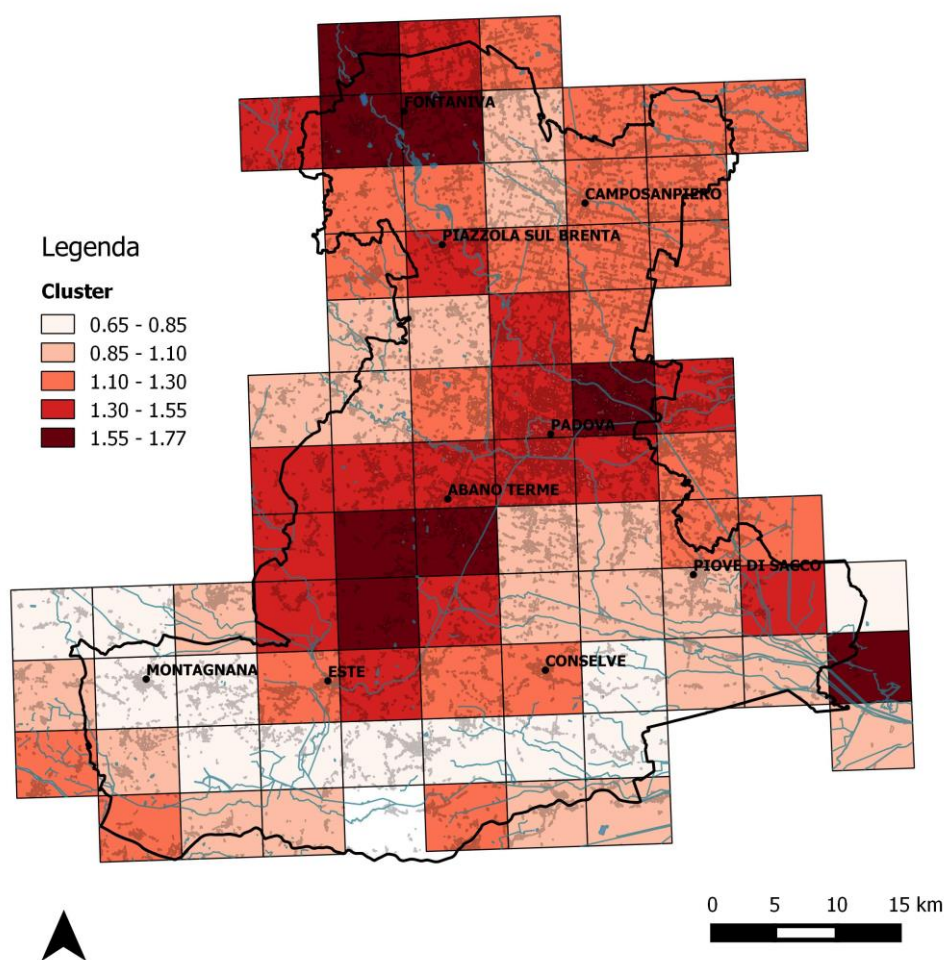


Fig. 3.8. Rappresentazione del valore dell'indice di diversità di Shannon osservato per i quadranti dell'area di studio.

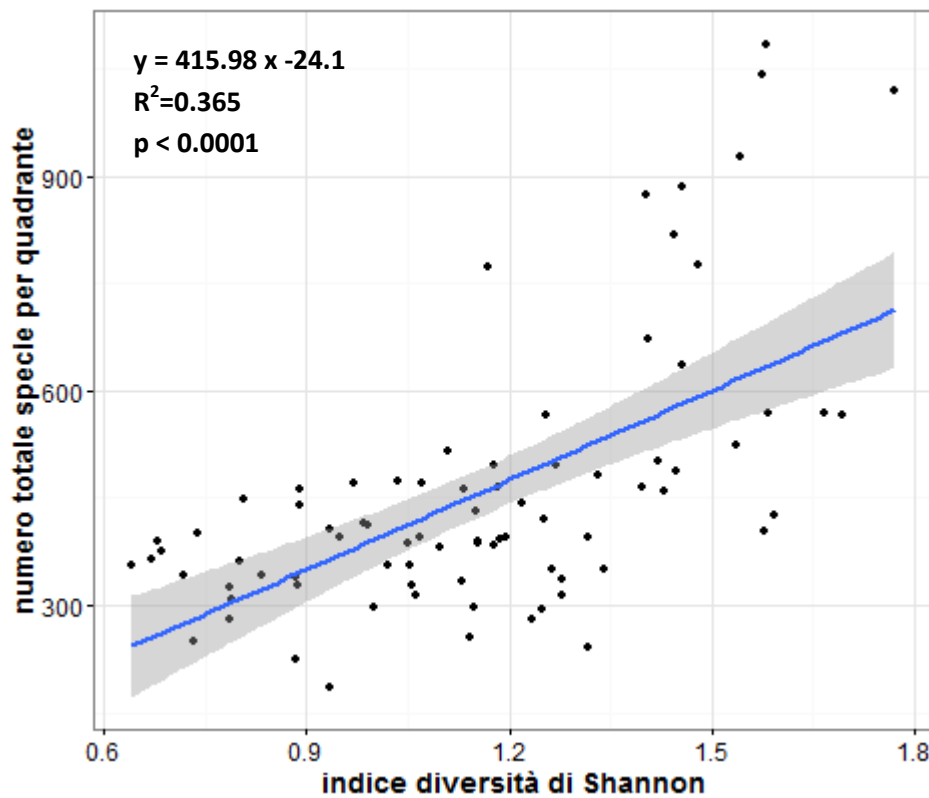


Fig. 3.9 Relazione della ricchezza floristica osservata per ogni quadrante in funzione dell'indice di diversità di Shannon (SDI).

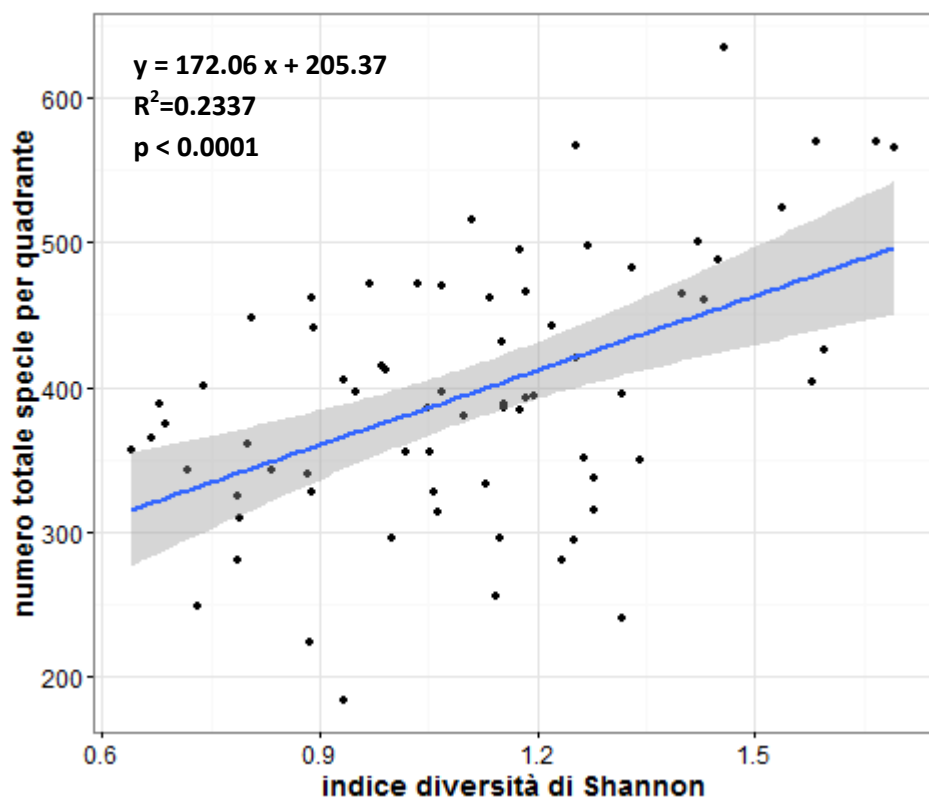


Fig. 3.10 Relazione della ricchezza floristica osservata per i quadranti di pianura della provincia in funzione dell'indice di diversità di Shannon (SDI).

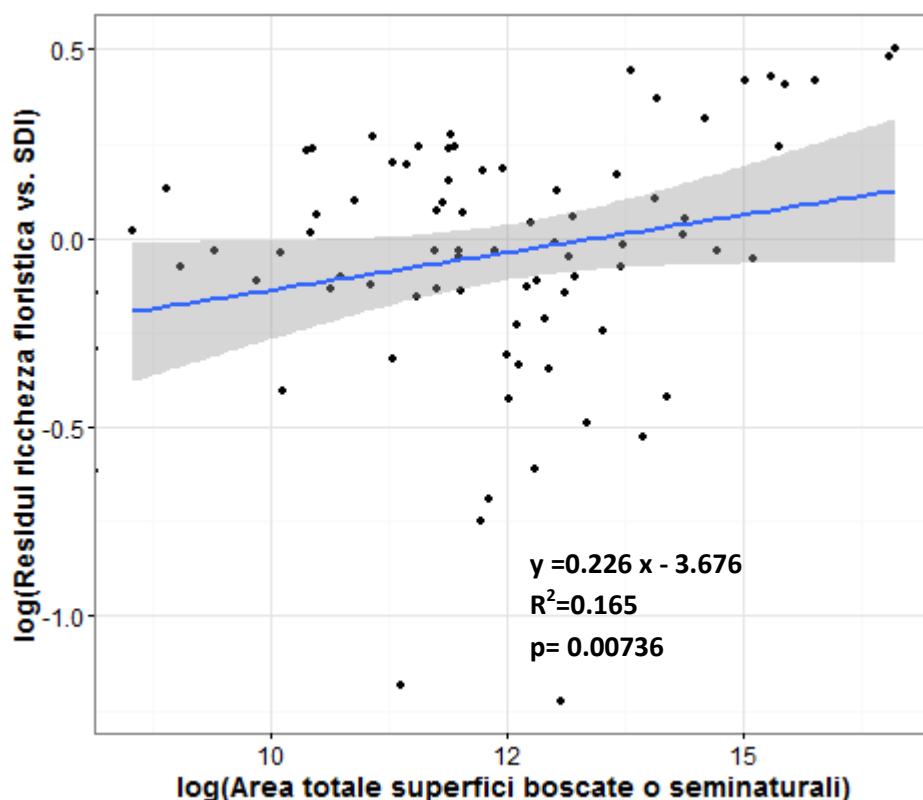


Fig. 3.11 Rappresentazione del log₁₀ dei residui osservati nella relazione illustrata in fig. 3.9 in funzione log₁₀ dell'area totale della categoria "superfici boscate e ambienti seminaturali".

Tabella 3 Modello di regressione lineare tra la ricchezza floristica, l'indice di diversità di Shannon e l'area delle "superfici boscate e ambienti seminaturali".

	Estimate	Std. Error	t value	Pr	R ²	p-value
Intercept	4.6643	0.1879	24.83	<0.0000000000000002***	0.413	3.61E-10
Indice diversità Shannon (Div_sh)	1.2219	0.2632	4.64	0.000014***		
Superfici boscate o seminaturali	0.0385	0.0116	3.31	0.0014**		

I grafici in figura 3.9 e in figura 3.10 mostrano la variazione della ricchezza floristica in funzione dell'indice di diversità di Shannon, nel primo caso osservati per tutti gli 81 quadranti mentre nel secondo osservando la relazione solo per i quadranti di pianura. La dispersione dei punti rispetto alla curva e dunque la distanza tra il valore osservato e il valore predetto dal modello è indicata dai residui di regressione che vengono illustrati in Fig. 3.12. Lo stesso modello statistico viene riportato in Tabella 3; il modello mostra la forte significatività

della relazione tra ricchezza floristica e l'indice di diversità di Shannon e l'influenza che l'area della categoria "Superfici boscate o seminaturali" riveste sulla relazione tra ricchezza floristica ed SDI.

3.5 Ricchezza floristica nelle aree urbane e nelle aree coltivate

È stata poi osservata, per i soli quadranti della pianura di Padova (escludendo i quadranti dei Colli Euganei) la variazione delle specie di flora autoctona in relazione all'estensione della superficie urbana (Fig. 3.12) e alla superficie coltivata (Fig. 3.13) per quadrante. Risulta esserci una correlazione significativa e positiva per la categoria superfici artificiali sia per le specie autoctone che per le specie alloctone. Per quanto riguarda le superfici coltivate invece, sia per le specie autoctone che per le specie alloctone si registra una correlazione negativa. Il numero delle specie autoctone ed alloctone pertanto risulta aumentare in concomitanza con un aumento delle superfici artificiali e diminuire all'aumentare delle superfici coltivate.

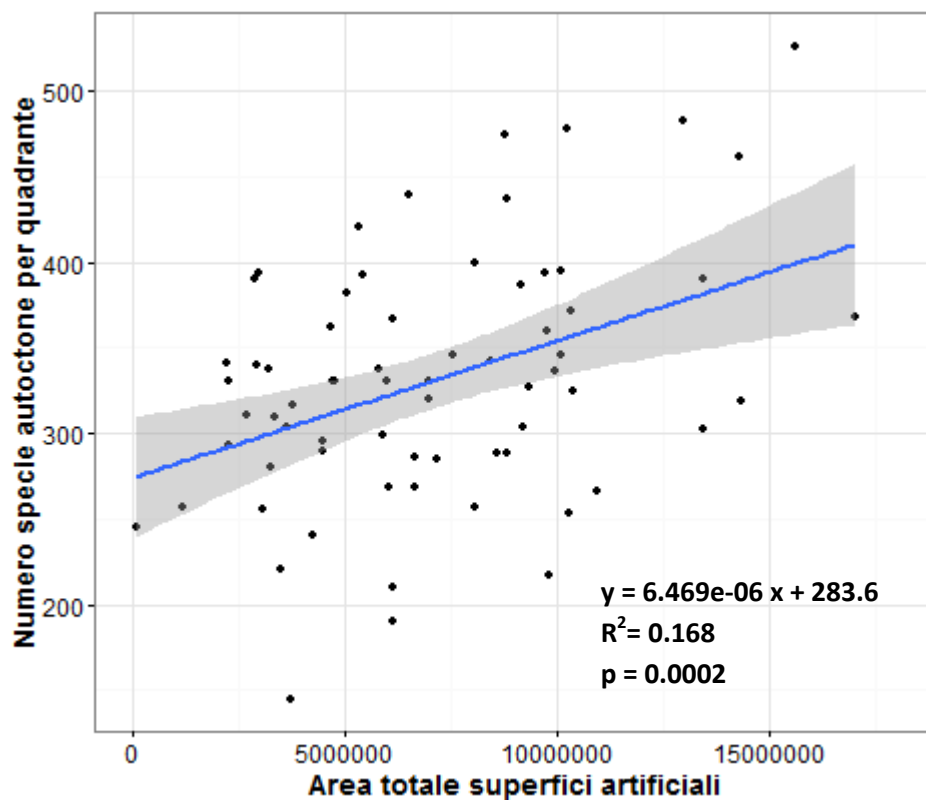


Fig. 3.12 Rappresentazione del numero di specie autoctone osservate per i quadranti della pianura in funzione delle superfici artificiali (m²).

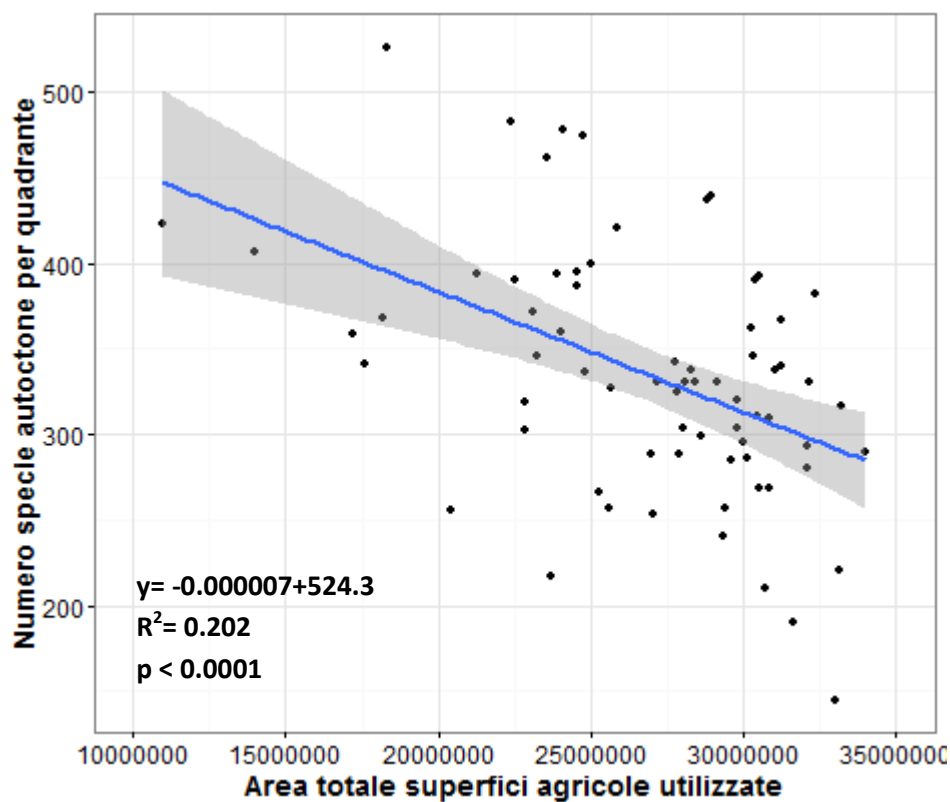


Fig. 3.13 Rappresentazione del numero di specie autoctone osservate per i quadranti della pianura in funzione delle superfici agricole utilizzate (m²).

4 Discussione

Al fine di discutere quanto emerso dai risultati, è opportuno premettere che la provincia di Padova si caratterizza per una forte urbanizzazione ed un territorio reso fortemente omogeneo dalle sue aree coltivate, mentre i Colli Euganei si distinguono dal resto della provincia, in primo luogo, per la diversità di ambienti, condizioni climatiche e stagionali che il gruppo collinare euganeo offre e, in secondo luogo, per la presenza di un impatto antropico relativamente inferiore.

La rappresentazione del numero di specie per ciascun quadrante in Fig. 3.1 offre un'eloquente visione d'insieme per un'interpretazione quantitativa sull'attuale distribuzione della flora della provincia di Padova. La pianura patavina mostra valori di ricchezza floristica decisamente inferiori a quelli dei Colli Euganei. La distribuzione delle specie vascolari, osservata sia per la sola componente alloctona, che per la flora totale, mostra variazioni analoghe: valori più contenuti per la pianura e valori più elevati per i Colli Euganei. All'aumentare del numero totale di specie vegetali per quadrante segue un aumento proporzionale del numero di specie alloctone per quadrante (Fig. 3.4). L'elevata biodiversità dei Colli Euganei è data non solo da una maggior ricchezza floristica rispetto alla pianura, ma anche da una maggior presenza di specie alloctone che nei Colli trovano più nicchie favorevoli. La maggiore presenza di alloctone in ambienti ricchi di specie è stata documentata anche da Stohlgren T.J. et al. (2003), in uno studio che ha riguardato la distribuzione delle specie autoctone ed alloctone in tutti i paesi degli Stati Uniti d'America. Sono risultate correlazioni positive e significative tra numero di autoctone e numero di alloctone per quasi tutti i paesi statunitensi. Dunque, gli ambienti più naturali come i Colli Euganei, secondo questa correlazione, non sarebbero esenti da invasioni di specie esotiche a differenza di quanto sostenuto da Tilmann (1999). La presenza significativa di

specie alloctone in queste zone è stata documentata anche da Sitzia et al. (2015) in uno studio sui boschi di neoformazione nei dintorni della città di Padova.

Gli 8 gruppi estratti dalla *cluster analysis* si distinguono per le classi di uso del suolo che caratterizzano i gruppi con proporzioni diverse (Fig. 3.7). Relativamente alle **superfici artificiali** nella provincia di Padova è possibile notare un gradiente tra i diversi gruppi di quadranti. Il gruppo 5 rappresenta i quadranti più urbanizzati della provincia, ovvero la zona del nucleo urbano di Padova. Per quanto concerne le **superfici agricole utilizzate** invece, il gruppo 5, assieme al gruppo 4, ha le maggiori superfici coltivate nella provincia patavina.

L'intensa urbanizzazione che caratterizza la provincia di Padova può essere riscontrabile anche osservando il grafico "a" in Fig. 3.7. Le superfici della classe di copertura "**territori boscati e ambienti seminaturali**" sono prossime allo 0 in tutta la provincia, eccezione fatta per i Colli Euganei. Il gruppo 6 della zona Colli si discosta significativamente da tutti gli altri, è costituito dai due quadranti più centrali dei colli e, rispetto alle aree più periferiche del gruppo, presenta superfici agricole molto meno estese ed una prevalenza della classe "**territori boscati e ambienti seminaturali**".

Le classi "**zone umide**" e "**corpi idrici**" risultano essere poco rappresentate nella provincia. Le uniche superfici che vi appartengono sono presenti in 4 quadranti confinanti con la laguna di Venezia e appartenenti ai gruppi 7 ed 8. La flora tipica degli ambienti lacustri e salini dunque è rappresentata solamente dai cluster 7 ed 8.

Le specie indicatrici della flora (Tabella 2) sono selezionate come piante che presentano il legame più stretto con il gruppo di appartenenza e la relazione meno significativa con gli altri gruppi. Per questo motivo solamente i gruppi 6, 7, 8 presentano delle specie indicatrici mentre gli altri gruppi sono privi di specie indicatrici a parità di indici di significatività. I gruppi privi di specie indicatrici

sono costituiti da quadranti le cui piante sono diffuse in quasi tutta l'area di studio e per questo non hanno un legame con il quadrante di appartenenza più significativo rispetto agli altri. I quadranti dei Colli invece ospitano un'abbondante flora tipica di quegli ambienti, presente unicamente in quelle zone della provincia e pertanto ad essi sono associate molte specie indicatrici. I gruppi 7 ed 8, si distinguono per maggiori estensioni, per la precisione assenti negli altri gruppi, di zone umide. A questi gruppi vengono infatti assegnate come specie indicatrici, piante tipiche di ambienti umidi, zone costiere e substrati salini. Pertanto le specie indicatrici dei Colli Euganei rivelano proprio un'alta proporzione di superfici boscate o seminaturali mentre le specie indicatrici individuate per i cluster dei quadranti della laguna indicano un'alta proporzione della categoria "zone umide". Le specie indicatrici dunque rispecchiano la composizione delle categorie di uso del suolo per la quale si caratterizzano i cluster e sono specie tipiche degli ambienti che rappresentano maggiormente il relativo gruppo estratto dall'analisi cluster. In tal senso, queste diventano indicatrici di un determinato tipo di paesaggio quale determinata composizione di coperture del suolo che si distingue dagli altri quadranti sulla base dell'analisi *cluster*. Questo nesso permette di associare ad un'osservazione su scala ridotta come il censimento di una specie, un'indicazione su scala maggiore, ovvero la scala del quadrante e del relativo *cluster* di appartenenza. Una specie indicatrice esprime il tipo di paesaggio che caratterizza quel *cluster*.

La relazione tra la ricchezza floristica e l'indice di diversità di Shannon è risultata significativa. Aver testato questa relazione ha permesso di valutare l'affidabilità dei rilievi floristici e dell'atlante della flora vascolare padovana. L'indice di diversità di Shannon infatti, esprimendo l'eterogeneità di un territorio offre anche un'indicazione sul numero di specie che ci si attende di rilevare in un ambiente rispetto ad un altro; quadranti con un basso indice di diversità fanno

presumere una flora con poche specie mentre quadranti con indice di diversità più alto dovrebbero ospitare un maggior numero di specie.

L'indice di diversità di Shannon applicato al paesaggio ha evidenziato delle aree in cui l'eterogeneità delle coperture del suolo è relativamente maggiore (Fig. 3.8): Colli Euganei, nucleo urbano di Padova ed il tratto del Fiume Brenta compreso tra Tezze sul Brenta e Fontaniva. L'indice di diversità di Shannon esprime il livello di eterogeneità del paesaggio in termini di copertura del suolo, ma non misura quanto naturale sia un quadrante rispetto ad un altro; questo perché nella sommatoria delle proporzioni di ogni classe di copertura non viene attribuito un peso per ciascuna classe in funzione del grado di naturalità della stessa.

I Colli Euganei e l'area urbana di Padova hanno valori di SDI confrontabili, mentre il differente grado di naturalità della zona collinare rispetto alla città di Padova è evidente (Fig. 3.8). Nella porzione destra del grafico in Fig. 3.9 dal valore 1,4 di SDI, si riscontra una maggior dispersione dei punti rispetto all'asse delle y; dispersione dovuta proprio all'attribuzione di valori elevati di SDI per quadranti con valori di ricchezza floristica molto diversi tra loro. I quadranti del nucleo urbano padovano, pur non essendo confrontabili con i Colli Euganei per grado di naturalità, registrano comunque un'elevata eterogeneità nelle coperture di uso del suolo (vedi paragrafo 4.2).

Inoltre, considerando la variazione dello stesso SDI per i soli quadranti di pianura si osserva (Fig. 3.10) la permanenza di una relazione significativa tra SDI e la ricchezza floristica. L'indice di diversità di Shannon dunque è risultato essere un buon predittore della ricchezza floristica presente nella provincia di Padova.

Si è cercato poi di individuare la variabile che spieghi la dispersione dei punti rispetto alla curva. Il modello (Tabella 3) indica un debole effetto delle superfici boscate sui residui della regressione tra ricchezza floristica ed SDI. Dunque si può affermare che la ricchezza floristica della provincia di Padova è influenzata in primo luogo dall'indice di diversità di Shannon e, in maniera più marginale, dalla categoria "territori boscati e ambienti seminaturali".

Analizzando la variabilità del numero di specie autoctone in funzione delle superfici urbanizzate per le sole aree pianeggianti della provincia (escludendo dunque i Colli Euganei) è interessante notare come i quadranti con la maggior estensione di aree urbanizzate presentino un numero di specie più alto (Fig. 3.12). Anche Deutschewitz et al. (2003) hanno riscontrato lo stesso andamento notando che, nonostante le città rappresentino luoghi con disturbi medio-alti, le aree urbane possono ospitare condizioni decisamente migliori rispetto ad “ampie e monotone aree agricole intensive”. A tal proposito infatti, il grafico in Fig. 3.13 illustra una riduzione del numero di specie autoctone passando dai quadranti con meno superfici coltivate a quelli con le estensioni maggiori di aree agricole. In generale si osserva come le condizioni ambientali relativamente più favorevoli nella città assecondino maggiori presenze di specie della flora locale e, essendo correlate, anche un numero più elevato di specie esotiche; d'altra parte invece la monotonia delle zone più ricche di aree coltivate risulta sfavorevole sia per la flora autoctona, che per quella alloctona.

5 Conclusioni

Il presente studio offre un quadro di sintesi della variabilità della ricchezza floristica all'interno della Provincia di Padova. È stata osservata e ribadita la naturale difformità di ricchezze floristiche tra le zone dei Colli Euganei e la restante pianura. La componente alloctona della flora padovana presenta variazioni nel numero di specie analoghe rispetto alle variazioni della componente autoctona. All'aumentare della ricchezza floristica infatti, quasi linearmente, aumenta anche il numero di specie alloctone che tocca il valore massimo nella zona dei Colli Euganei. Le aree boscate, caratterizzate da frequenti residui di naturalità, non risultano essere esenti da invasioni di specie esotiche. La variazione nell'eterogeneità della copertura del suolo, espressa dall'indice di diversità di Shannon, è stata osservata e confrontata con la distribuzione della flora, mostrando una relazione significativa tra le due variabili sulla quale si basa l'affidabilità dell'atlante floristico realizzato. Nell'ambito della relazione tra ricchezza floristica e indice di diversità di Shannon, le superfici boscate e gli ambienti seminaturali risultano avere un effetto, seppur contenuto, sui residui di questa regressione. Per le sole zone di pianura, l'eterogeneità nella copertura del suolo, superiore in città rispetto alle aree coltivate, sembra favorire un numero di specie maggiore nei quadranti con le superfici artificiali più estese, rispetto alle zone dominate dalle superfici coltivate. Le specie indicatrici, estratte dai cluster di copertura del suolo, risultano essere specie tipiche degli ambienti appartenenti alla categoria di copertura del suolo più rappresentativa nel cluster ed in questo senso, diventano indicatrici di un determinato tipo di paesaggio.

6 BIBLIOGRAFIA

Alard, D., Poudevigne, I. (1999). Factors controlling plant diversity in a rural landscape: a functional approach. *Landscape and Urban Planning*, 46(1), 29-39.

ARPAV. (2013). Carta dei suoli della provincia di Padova. La Grafica Faggian, Campodarsego.

Béguinot, A. (1909). Flora padovana, ossia prospetto floristico e fitogeografico delle piante vascolari indigene inselvatichite o largamente coltivate. Coop. Tip. e Tip. del Seminario.

Celesti-Grapow, L., Pretto, F., Brundu, G., Carli, E., Blasi, C. (2009). Contributo tematico alla Strategia Nazionale per la Biodiversità. Le invasioni di specie vegetali in Italia. Palombi e Partner S.r.l., Roma.

Celesti-Grapow, L., Pretto, F., Carli, E., Blasi, C. (2010). Flora vascolare alloctona e invasiva delle regioni d'Italia. Università La Sapienza, Roma.

Crawley, M. J. (2007). *The R book*. John Wiley Sons, Chichester.

Dauber, J., Hirsch, M., Simmering, D., Waldhardt, R., Otte, A., Wolters, V. (2003). Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 98(1), 321-329.

De Cáceres, M., Legendre, P., Moretti, M. (2010). Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*, 119(10), 1674-1684.

Deuschewitz, K., Lausch, A., Kühn, I., & Klotz, S. (2003). Native and alien plant species richness in relation to spatial heterogeneity on a regional scale in Germany. *Global Ecology and Biogeography*, 12(4), 299-311.

Di Napoli R., Marino D., Genghini M., Fanelli C., Foglia P., Vituliano S., Zumpano C. (2001). Biodiversita' E Sviluppo Rurale: Programma D'iniziativa Comunitaria LEADER 2, Comunicazione CEE 94/C/180/12 Dell'1/7/1994. Roma: INEA.

Franco, D. (2000). Paesaggio, Reti ecologiche ed agroforestazione: Il ruolo dell'ecologia del paesaggio e dell'agroforestazione nella riqualificazione ambientale e produttiva del paesaggio. Il Verde Editoriale, Milano.

Franklin, J. F. (1993). Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes?. *Ecological applications*, 3(2), 202-205.

Forman, R. T., Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. 619 pp. John Wiley & Sons, New York.

Forman, R. T. (1995). *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge university press.

Green, B. H. (1990). Agricultural intensification and the loss of habitat, species and amenity in British grasslands: a review of historical change and assessment of future prospects†. *Grass and Forage Science*, 45(4), 365-372.

Honnay, O., Piessens, K., Van Landuyt, W., Hermy, M., Gulinck, H. (2003). Satellite based land use and landscape complexity indices as predictors for regional plant species diversity. *Landscape and urban planning*, 63(4), 241-250.

Jung, M., LecoS — A python plugin for automated landscape ecology analysis, *Ecological Informatics*, Volume 31, January 2016, Pages 18-21, ISSN 1574-9541, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.11.006>.

Luoto, M., Toivonen, T., Heikkinen, R. K. (2002). Prediction of total and rare plant species richness in agricultural landscapes from satellite images and topographic data. *Landscape Ecology*, 17(3), 195-217.

Mack, R. N., Simberloff, D., Mark Lonsdale, W., Evans, H., Clout, M., Bazzaz, F. A. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological applications*, 10(3), 689-710.

Masin, R., Tietto, C. (2006). Flora Vascolare della Provincia di Padova. *Natura Vicentina*, 9, 7-103.

Masin, R., Scortegagna, S. (2012). Flora alloctona del Veneto centro-meridionale (province di Padova, Rovigo, Venezia e Vicenza–Veneto-NE Italia). *Natura Vicentina*, 15, 5-54.

McKinney, M. L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *BioScience*, 52(10), 883-890.

McKinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban ecosystems*, 11(2), 161-176.

Mooney, H. A., Hobbs, R. J. (2000). Global change and invasive species: where do we go from here. *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington, DC, 425-434.

Moser, D., Zechmeister, H. G., Plutzer, C., Sauberer, N., Wrabka, T., Grabherr, G. (2002). Landscape patch shape complexity as an effective measure for plant species richness in rural landscapes. *Landscape Ecology*, 17(7), 657-669.

Pausas, J. G., Carreras, J., Ferré, A., Font, X. (2003). Coarse-scale plant species richness in relation to environmental heterogeneity. *Journal of Vegetation Science*, 14(5), 661-668.

Pyšek, P. (1993). Factors affecting the diversity of flora and vegetation in central European settlements. *Vegetatio*, 106(1), 89-100.

Primack, R. B., Carotenuto, L. (2003). *Conservazione della natura*. Zanichelli, Bologna.

Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6(2), 93-107.

Sitzia, T., Campagnaro, T., Weir, R. G. (2015). Novel woodland patches in a small historical Mediterranean city: Padova, Northern Italy. *Urban Ecosystems*, 1-13.

Smith, T. M., Smith, R. L. (2009). *Elementi di Ecologia*. Pearson Paravia Bruno Mondadori SpA, Torino.

Stohlgren, T. J., Barnett, D. T., Kartesz, J. T. (2003). The rich get richer: patterns of plant invasions in the United States. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(1), 11-14.

Tilman, D. (1999). The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles 101. *Ecology*, 80(5), 1455-1474.

Trentanovi, G. (2008). Biodiversità nel paesaggio rurale: relazioni tra struttura e flora delle siepi della Saccisica (Padova, Nord Italia). Tesi di laurea magistrale in Scienze forestali e ambientali. Dipartimento Tesaf. Università degli Studi di Padova

Ward, J. H., Jr. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.

SITI WEB CONSULTATI

www.actaplantarum.org

www.arpa.veneto.it

dryades.units.it/euganei

idt.regione.veneto.it/app/metacatalog

www.plants.usda.gov

www.theplantlist.org

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento speciale lo devo a Roberto Masin per la sua immensa disponibilità.

Grazie a Thomas Campagnaro per gli utili consigli.

Grazie a tutti coloro che mi sono stati vicini durante il lungo percorso universitario aiutandomi a raggiungere questo traguardo.