



Università  
Ca' Foscari  
Venezia

Corso di Laurea Magistrale  
(Ordinamento ex D.M. 270/2004)  
in Scienze Ambientali

Tesi di Laurea

**Individuazione delle aree ad elevato valore  
naturalistico e valutazione dei servizi  
ecosistemici in ambiente rurale Veneto:  
un'analisi a scala di paesaggio con l'utilizzo di metodologie GIS**

**Relatore**

Prof. Carlo Giupponi

**Correlatore**

Dott. Fabio Cian

**Laureanda**

Marta Bonato

Matricola 853758

**Anno Accademico**

2015 / 2016



## RIASSUNTO

La perdita di biodiversità è attualmente una problematica in continua crescita. È essenzialmente dovuta all'impatto di molteplici azioni antropiche (distruzione o frammentazione dell'habitat, inquinamento, sovra-sfruttamento delle risorse, cambiamenti climatici) e interessa tutti gli ecosistemi a livello globale.

Il focus di questo studio è l'ambiente rurale: le aree agricole gestite in modo tradizionale, in passato, hanno largamente favorito la formazione di habitat molto diversi tra loro, in grado di supportare una vasta biodiversità in specie. Tuttavia i cambiamenti avvenuti, da una parte con l'affermarsi dell'agricoltura intensiva, e dall'altra con l'abbandono delle aree agricole più isolate, hanno determinato la perdita di molte delle caratteristiche di questi habitat e la conseguente scomparsa degli organismi associati. Con essi vengono meno anche una serie di servizi ecosistemici che sono solitamente forniti dai sistemi agricoli e la cui persistenza dipende dal mantenimento della biodiversità ecosistemica. In questo contesto diventa quindi importante riuscire a salvaguardare le aree agricole che ancora adesso sono detentrici di alti livelli di biodiversità, le cosiddette aree agricole ad alto valore naturalistico (HNVf).

In questo lavoro si è voluto fare un'analisi a scala di paesaggio proprio relativamente alla presenza delle HNVf e alla loro fornitura potenziale di servizi ecosistemici, per osservare come questi elementi siano influenzati dall'intensità dell'uso del suolo da parte dell'uomo. L'area di studio è, in particolare, una porzione centrale del Veneto, scelta per la sua rappresentatività dell'ambiente della Pianura Padana veneta.

Prima di tutto è stata analizzata la composizione del paesaggio, inteso non come un arrangiamento di patches che si ripetono nello spazio, ma come un territorio continuo caratterizzato dalla successione graduale di ambienti urbani, agricoli e naturali, definita sulla base dell'intensità dell'uso del suolo. Questo è stato possibile, partendo dalla cartografia dell'uso del suolo, attraverso l'utilizzo di strumenti di analisi della densità che permettono di trasformare i valori misurati in specifici punti in dati continui. Successivamente sono state individuate le aree ad alto valore naturalistico presenti all'interno dell'ambiente rurale appena definito. Infine è stata analizzata e valutata la fornitura potenziale di servizi ecosistemici, usando degli indici associati alle classi Corine di copertura e uso del suolo.

I risultati permettono di vedere quali siano le relazioni tra la presenza di servizi ecosistemici e l'intensità antropica dell'uso del suolo, e allo stesso tempo di verificare la capacità delle aree agricole ad alto valore naturalistico nel fornire questi servizi, estrapolando delle informazioni sicuramente utili per i decision makers coinvolti nella pianificazione del paesaggio, al fine di favorire la biodiversità e salvaguardare quindi gli ambienti rurali che producono una maggiore quantità di servizi ecosistemici.

## ABSTRACT

The loss of biodiversity is, at present, a continuously growing issue. It is essentially due to the impact of multiple anthropic actions (habitat destruction or fragmentation, pollution, overexploitation of resources, climate changes) and affects all the ecosystems at a global level. The focus of this paper is on the rural environment; the agricultural areas managed in a traditional way, in the past, have largely fostered the development of habitats very different from each other, which are able to support a vast biodiversity. However, the changes that have occurred - on the one hand with the affirmation of intensive agriculture, on the other with the abandonment of the most isolated areas - have determined the loss of several of these habitats' features and the consequent disappearance of the correlated organisms. With them, a set of ecosystem services fails too, which are usually supplied by the agricultural systems, whose persistence depends upon the maintenance of the ecosystem biodiversity. Therefore, in such context it becomes important to safeguard the agricultural areas that still hold high levels of biodiversity, the so called High Nature Value farmland (HNVf).

In this study a landscape level analysis has been made, precisely related to the presence of HNVf and their potential supply of ecosystem services, in order to observe how these elements are influenced by the intensity of the exploitation of the soil by humans. The area of research is, in particular, a central portion of Veneto region, chosen for its representativeness of the Po valley environment.

First of all, it has been analysed the composition of the landscape, intended not as an arrangement of patches repeated in the space, but rather as a continuous territory characterized by a gradual succession of urban, rural and natural environments, defined on the basis of the intensity of the soil employment. This has been possible, starting from the soil usage cartography, through the adoption of density analysis instruments which allow to transform the measured values in specific points into continuous data. Subsequently, the areas having a high natural value have been identified in the rural environment just described. Lastly, it has been analysed and evaluated the potential supply of ecosystem services, using the indexes associated to the Corine land cover and usage classes.

The results allow to see which are the relations between the presence of ecosystem services and anthropic intensity of the soil exploitation, and at the same time verify the agricultural areas' capacity to provide these services, inferring some information surely useful for decision makers involved in the landscape planning, in order to foster the biodiversity and safeguard the rural environments which produce a greater amount of ecosystem services.

# INDICE

INTRODUZIONE .....	1
<b>1. BIODIVERSITA' E SERVIZI ECOSISTEMICI .....</b>	<b>3</b>
1.1. Definizioni: biodiversità, ecosistemi e servizi ecosistemici .....	3
1.2. Perdita di biodiversità: cause e conseguenze .....	7
1.3. Politiche a tutela della biodiversità .....	11
<b>2. BIODIVERSITÀ E SERVIZI ECOSISTEMICI IN AMBIENTE RURALE .....</b>	<b>14</b>
2.1. Agroecosistemi e servizi ecosistemici connessi .....	14
2.2. Aree agricole ad alto valore naturalistico .....	16
<b>3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>20</b>
3.1. Inquadramento generale: la Pianura Padano-Veneta .....	20
3.2. Area di studio .....	22
<b>4. MATERIALI E METODI .....</b>	<b>27</b>
4.1. Materiali: software e dati di partenza.....	27
4.2. Metodi .....	33
4.2.1. Creazione del gradiente urbano – rurale – naturale sulla base della copertura del suolo.....	33
4.2.2. Integrazione dei dati della copertura del suolo con i dati dell'intensità delle pratiche agricole .....	39
4.2.3. Valutazione della fornitura dei servizi ecosistemici .....	41

5. ANALISI DEI RISULTATI.....	43
5.1. Identificazione dei cluster lungo il gradiente urbano – rurale – naturale .....	43
5.1.1. Confronto con l’analisi di un numero inferiore di PCs.....	52
5.1.2. Individuazione delle Aree Agricole ad Elevato Valore Naturalistico sulla base della copertura del suolo .....	57
5.2. Individuazione delle Aree Agricole ad Elevato Valore Naturalistico integrando i dati della copertura del suolo con l’intensità delle pratiche agricole.....	60
5.3. Valutazione della quantità dei servizi ecosistemici forniti dall’ambiente rurale.....	67
BIBLIOGRAFIA.....	75
Allegato I: Metadati .....	80
Allegato II: Schema dei metodi utilizzati.....	83
Allegato III: Script R .....	84



## INTRODUZIONE

L'ambiente rurale tradizionale, caratterizzato dall'impiego di pratiche agricole poco intensive, dalla presenza di elementi semi-naturali e di forti legami con i sistemi sociali ed economici locali, può essere considerato come la massima integrazione tra ambiente naturale e attività antropica (Birks, 1988). Per queste sue caratteristiche l'ambiente rurale tradizionale è detentore di alti livelli di biodiversità ed è anche in grado di fornire un'elevata quantità di servizi ecosistemici.

Sia a livello generale che, in particolare, nella Pianura Padano-Veneta, l'area di studio di questo elaborato, lo sviluppo urbano e industriale assieme all'intensificazione delle pratiche agricole hanno portato alla scomparsa di questi ambienti chiave, contribuendo alla perdita di biodiversità a cui si sta assistendo a livello globale. Tra le strategie messe in campo, attraverso le politiche europee (PAC e Piani di Sviluppo Rurale), per cercare di bloccare questa tendenza c'è anche l'individuazione, la tutela e l'implementazione di quelle aree agricole considerate ad *Alto Valore Naturalistico (HNVf)*, ovvero quelle "aree in cui l'agricoltura è la forma principale d'uso del suolo ed è associata ad un'alta diversità di specie e di habitat" (Andersen et al, 2003). L'obiettivo di questa tesi si inserisce proprio all'interno di questo contesto: si vogliono infatti esplorare alcuni metodi utili per individuare le HNVf, basandosi su dati relativi alla copertura del suolo e alle pratiche agricole, elaborati con metodologie GIS. L'individuazione si baserà quindi su criteri di naturalità dell'ambiente rurale nel primo caso e di intensità delle pratiche agricole adottate nel secondo.

Data l'estensione dell'area di studio, l'analisi verrà condotta a scala di paesaggio; i dati discreti da cui si parte verranno interpolati per tutta la superficie presa in considerazione in modo da avere delle informazioni continue, che permettano di evidenziare le tendenze generali che si hanno a livello di paesaggio, a loro volte dovute alle varie relazioni presenti tra gli elementi ambientali.

Dopo aver individuato le aree agricole ad alto valore naturalistico si andrà a valutare quale sia il loro legame con la fornitura di alcuni servizi ecosistemici. Le HNVf sono state infatti descritte come aree associate ad un alto livello di biodiversità, perciò si vuole verificare se questa

condizione le renda maggiormente favorevoli alla fornitura dei SE rispetto alle altre aree agricole.

Nei primi capitoli viene quindi introdotto il tema della biodiversità, le cause e le conseguenze della sua perdita, sia a livello generale che in particolare in ambiente rurale, ma anche le politiche che si sono e si stanno mettendo in pratica al fine di tutelarla. Viene anche approfondita l'importanza della diversità biologica come base per la continua fornitura dei servizi ecosistemici, esplorando in particolare quelli che possono essere forniti dagli agroecosistemi. Successivamente vengono invece descritti i materiali e i metodi usati per raggiungere gli obiettivi della tesi e sono riportati i vari risultati emersi.

I risultati permettono di evidenziare le relazioni tra l'intensità antropica dell'uso del suolo e delle pratiche agricole e la presenza di potenziali aree agricole ad alto valore naturalistico nel territorio della Pianura Padano-Veneta, e a sua volta la relazione tra queste e la fornitura di servizi ecosistemici. Ciò consente di estrapolare delle informazioni sicuramente utili per i decision makers coinvolti nella pianificazione del paesaggio, al fine di proteggere gli ambienti rurali con maggiori elementi di naturalità e con una minore intensità delle pratiche agricole, con il fine ultimo di favorire la biodiversità.

# 1. BIODIVERSITA' E SERVIZI ECOSISTEMICI

## 1.1. Definizioni: biodiversità, ecosistemi e servizi ecosistemici

Per definire e descrivere biodiversità, ecosistemi e servizi ecosistemici il principale punto di riferimento è sicuramente il Millennium Ecosystem Assessment (MA), un progetto di ricerca internazionale che si è sviluppato tra il 2001 e il 2005 con lo scopo di individuare lo stato degli ecosistemi globali, valutare le conseguenze dei cambiamenti negli ecosistemi sul benessere umano e fornire una valida base scientifica per la formulazione di azioni necessarie alla conservazione e all'uso sostenibile degli ecosistemi. Dal loro report (Millennium Ecosystem Assessment 2005) si può ricavare la definizione di biodiversità come *“la variabilità tra gli organismi viventi di ogni origine, compresi gli ecosistemi terrestri, marini ed altri ecosistemi acquatici e i complessi ecologici di cui fanno parte; ciò include la diversità nell’ambito delle specie e tra le specie e la diversità degli ecosistemi”*. La definizione fa quindi riferimento a tre tipologie di diversità biologica: la diversità genetica, specifica ed ecosistemica. La *diversità genetica* si riferisce alla variazione dei geni entro la specie, ed essa è alla base e garantisce la diversità agli altri due livelli, in quanto permette di rispondere ai cambiamenti ambientali e assicurare la continuità delle popolazioni. La *diversità specifica* si riferisce alla presenza di specie diverse in un territorio, e viene facilmente valutata attraverso la ricchezza in specie e tenendo conto dei tassi di estinzione. Infine la *diversità ecosistemica* si riferisce alla differenziazione degli ambienti fisici, dei raggruppamenti di organismi, piante, animali e microrganismi e delle interazioni che si stabiliscono tra di loro. Risulta quindi importante conservare la biodiversità ad ogni livello, perché conservare un ecosistema è importante per conservare le specie che ci vivono, e permettere la riproduzione e la ricombinazione dei caratteri genetici; contemporaneamente conservare la diversità genetica entro una specie permette di conservare la specie stessa e il ruolo che svolge nell’ecosistema, e di conseguenza l’ecosistema stesso.

L’ecosistema è definito come un *“complesso dinamico di comunità di piante, animali e microorganismi e il loro ambiente abiotico che interagiscono come un’unità funzionale”* (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Questa definizione dà quindi due informazioni:

prima di tutto dice che un ecosistema è formato da due componenti, quella abiotica (es: atmosfera, clima, suolo, acqua, ecc.) e quella biotica che vive al suo interno, e poi che un ecosistema è caratterizzato da molteplici interazioni. Ci sono quelle dei singoli individui, che rispondono all'ambiente fisico in cui si trovano, e allo stesso tempo lo modificano, diventandone parte; quelle delle popolazioni, composte da individui appartenenti alla stessa specie che interagiscono tra di loro; e quelle delle comunità, formate da popolazioni diverse, anche loro interagenti l'una con l'altra (Smith and Smith 2009). Tutte queste interazioni sono di fondamentale importanza per il corretto funzionamento dell'ecosistema e dei suoi processi, quali i flussi di materia ed energia e il ciclo dei nutrienti, e permettono di offrire all'uomo e in generale all'ambiente circostante una serie di beni e servizi, detti appunto ecosistemici.

I servizi ecosistemici sono stati definiti dal MA (Millennium Ecosystem Assessment 2005) come i *“benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano”* e sono stati classificati in quattro principali categorie (figura 1.1). Ci sono prima di tutto i servizi di supporto, che comprendono la formazione del suolo, il ciclo dei nutrienti e la produzione primaria, i quali sostengono e permettono la fornitura di tutti i servizi appartenenti alle altre tre categorie.

I servizi di approvvigionamento, forniscono i beni veri e propri come ad esempio il cibo, sia derivante da sistemi organizzati come agricoltura, allevamento e acquacoltura, sia da fonti selvatiche come la raccolta di frutti selvatici e la cacciagione. Comprendono anche il legname, utilizzato come materiale per l'edilizia, ma anche come combustibile, e le fibre (cotone, lino, canapa, iuta, lana, seta). Altro importante bene di questa categoria è l'acqua, la cui fornitura può essere considerata anche un servizio di supporto, data la sua rilevanza per lo sviluppo della vita. Servizi di approvvigionamento sono anche le risorse genetiche, ovvero geni e informazioni genetiche usate per la riproduzione di piante e animali, prodotti biochimici usati in medicine naturali e prodotti farmaceutici e infine le risorse ornamentali.

I servizi di regolazione rappresentano i benefici derivanti dalla regolazione dei processi ecosistemici, come la regolazione della qualità dell'aria, quando ad esempio gli ecosistemi contribuiscono ad estrarre sostanze chimiche dall'atmosfera, e del clima, agendo sulla distribuzione delle precipitazioni, mitigando gli effetti dei gas effetto serra presenti in atmosfera, o ancora riducendo i danni causati dai rischi naturali che vengono esasperati dai

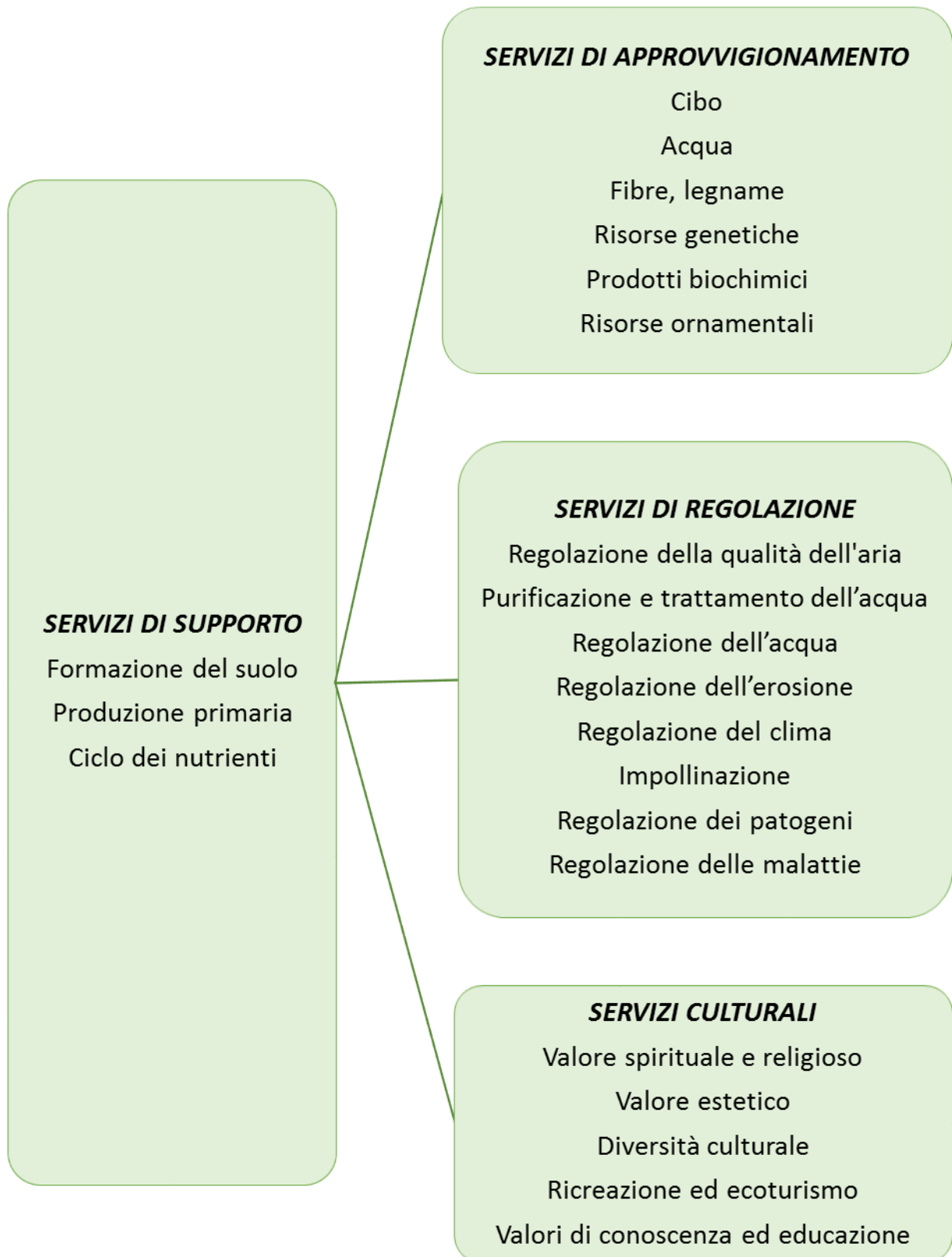


Figura 1.1. Classificazione dei Servizi Ecosistemici

cambiamenti climatici. Gli ecosistemi possono contribuire alla regolazione dell'acqua (portata, ricarica degli acquiferi, alluvioni) e anche alla sua purificazione, filtrando e decomponendo i rifiuti organici o altre sostanze derivanti dai processi del suolo. Possono controllare l'erosione, ad esempio compattando il suolo con la copertura vegetale. Tra i servizi di regolazione compaiono anche l'impollinazione e la regolazione dei patogeni e delle malattie che infettano sia le colture vegetali e il bestiame, sia l'uomo.

Infine ci sono i servizi culturali che includono la diversità culturale, i valori spirituali e religiosi, i valori di conoscenza ed educazione, il valore estetico e il valore ricreativo di un ecosistema. Si tratta quindi di servizi non materiali, ma che nel complesso portano ad un arricchimento intellettuale e spirituale, dell'identità culturale, delle relazioni sociali e del senso di appartenenza nei confronti di uno specifico luogo o ecosistema.



Figura 1.2. Relazione tra Servizi Ecosistemici e benessere umano (fonte: MA, 2005)

Per quanto riguarda il benessere umano, questo è diviso in 5 componenti. Prima di tutto, affinché si realizzi il benessere per l'individuo deve esserci una certa libertà di scelta ed azione, che dia la possibilità di raggiungere ciò che ognuno valuta necessario e desiderabile. Questa

componente sta quindi alla base del benessere, ed è la condizione necessaria affinché si concretizzino anche gli altri aspetti, che sono: sicurezza (personale, di accesso alle risorse e rispetto ai disastri naturali), materiale essenziale per condurre una buona esistenza (ovvero cibo sufficiente, vestiario, riparo e mezzi di sussistenza adeguati), salute (che è legata alla possibilità di vivere in un ambiente con aria e acqua salubre) e infine buone relazioni sociali (caratterizzate da coesione sociale, mutuo rispetto e aiuto). La figura 1.2 mostra la relazione tra servizi ecosistemici e benessere umano, ed evidenzia con frecce di spessore diverso, la diversa intensità con cui ogni categoria di servizi ecosistemici impatta sulle differenti componenti del benessere.

## 1.2. Perdita di biodiversità: cause e conseguenze

La perdita di biodiversità è un fenomeno in continua crescita. Nel Living Planet Report (WWF 2014) viene illustrato come negli ultimi quaranta anni, dal 1970 al 2010, c'è stato un generale decremento pari al 52% in migliaia di popolazioni di specie vertebrate. In particolare si è assistito ad un decremento del 39% per specie terrestri e marine, e ad un decremento del 76% per le specie d'acqua dolce (figura 1.3). Questi valori di perdita di biodiversità sono stati quantificati utilizzando il LPI (Living Planet Index), un indice in grado di misurare il trend dello stato generale della biodiversità. Il LPI è calcolato usando i trends in 10.380 popolazioni di più di 3.038 specie di vertebrati (pesci, anfibi, rettili, uccelli e mammiferi): questi gruppi di specie vengono monitorati per molti anni permettendo così di avere una certa mole di dati disponibili al fine di valutare lo stato delle specifiche popolazioni e i loro trends nel tempo.

Le cause di perdita di biodiversità comprendono: perdita di habitat, introduzione di specie invasive, sovrasfruttamento delle risorse, inquinamento e cambiamenti climatici (quest'ultime due forzanti sono in continua crescita). La perdita di habitat è dovuta in primis alla distruzione o rimozione di habitat (soprattutto foreste) che vengono rimpiazzati da altri, quali sistemi agricoli, tessuti urbani e infrastrutture. L'abbandono dell'habitat o la diminuzione della sua qualità in seguito, ad esempio, a degradazione o erosione del suolo, sono ulteriori cause di perdita di habitat. La diretta conseguenza di questi fenomeni risulta essere la scomparsa di interi ecosistemi, oppure, nel caso di habitat che rimangono parzialmente intatti, la loro frammentazione; questo origina ecosistemi in grado di sostenere un minor numero di specie,

maggiormente distanziati fra loro e con una minore area centrale (*core area*) rispetto all'area marginale, risultando più esposti alle pressioni esterne. Le popolazioni di piante e animali sono così costrette a vivere sotto queste pressioni o a trovare un nuovo habitat, aumentando, in entrambi i casi, la loro vulnerabilità e causando una potenziale perdita di biodiversità.

L'introduzione di specie alloctone o invasive può avvenire in maniera volontaria o accidentale, e in ogni caso fa sì che queste entrino in competizione con le specie endemiche, determinando una loro perdita e una conseguente omogeneizzazione del biota. Lo sovrasfruttamento delle risorse è dovuto alla caccia non correttamente regolamentata, che può portare anche all'estinzione di intere specie. L'inquinamento è legato soprattutto ai pesticidi e fertilizzanti usati in agricoltura, ai prodotti chimici, alle acque reflue e ai liquami rilasciati dalle industrie, dagli insediamenti urbani e dagli allevamenti intensivi, da gas tossici emessi da fabbriche e automobili: questi inquinanti quando entrano in ambiente vanno a degradare gli habitat, impedendo la sopravvivenza delle specie. Infine i cambiamenti climatici sono dovuti all'aumento dell'effetto serra, causato dall'aumento della CO<sub>2</sub> atmosferica rilasciata dalle attività umane. Il conseguente aumento delle temperature medie portano ad un'alterazione della localizzazione geografica delle condizioni adatte per una data specie, e in questo senso rappresenta una forma di distruzione dell'habitat, e a delle variazioni fenologiche, ovvero variazioni del periodo vegetativo, riproduttivo e di reclutamento, che però non risultano più sincronizzate con i cicli biologici, portando all'insuccesso delle specie. In linea generale comunque i cambiamenti climatici si sommano a tutti i fattori visti in precedenza andando ad amplificare l'alterazione e la perdita degli habitat e andando a favorire le popolazioni alloctone.

La figura 1.4 illustra l'importanza delle varie cause di declino della biodiversità, che vede ai primi posti lo sfruttamento delle risorse attraverso caccia e pesca (sia intenzionale per cibo e sport, sia accidentale) e la perdita o degradazione dell'habitat. Seguono i cambiamenti climatici, le specie invasive e l'inquinamento. In particolare per gli ambienti e le specie terrestri la maggiore causa di perdita di biodiversità è la perdita di habitat dovuto all'uso umano per l'agricoltura, lo sviluppo urbano e la produzione di energia. Quando perdita e degradazione di habitat si sommano alle pressioni della caccia gli effetti risultano ancora più



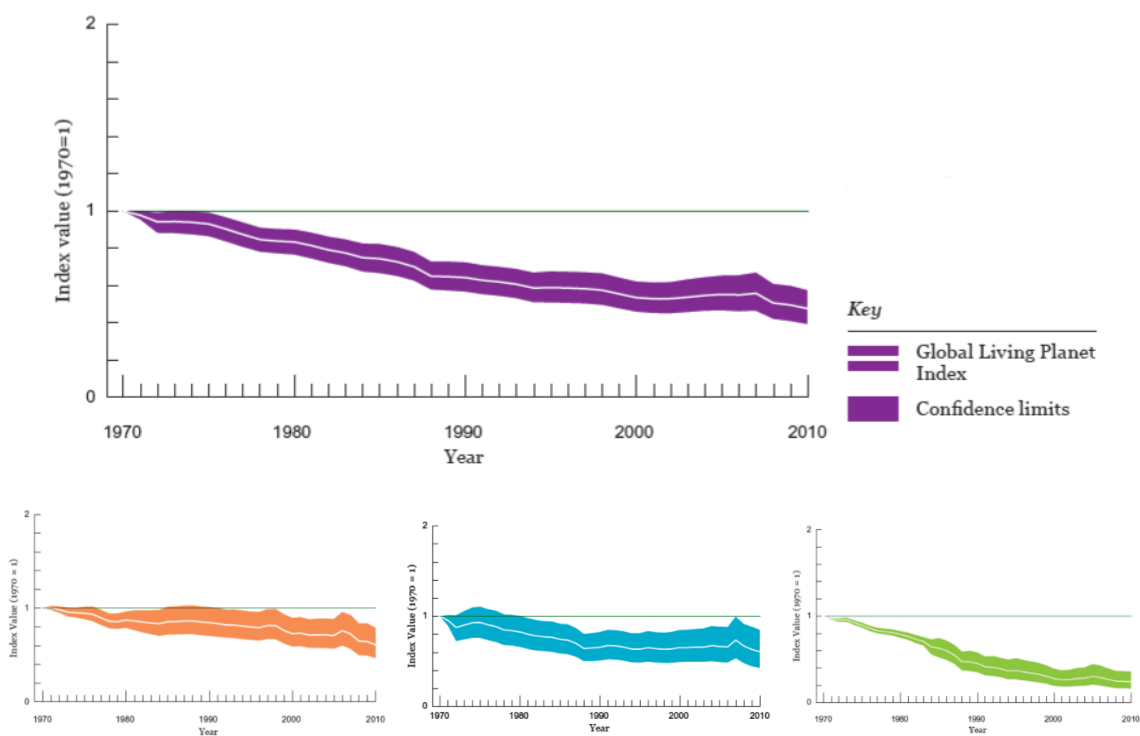


Figura 1.3. Declino della biodiversità totale e suddivisa in ecosistema terrestre, marino e d'acqua dolce (fonte: WWF, 2014)

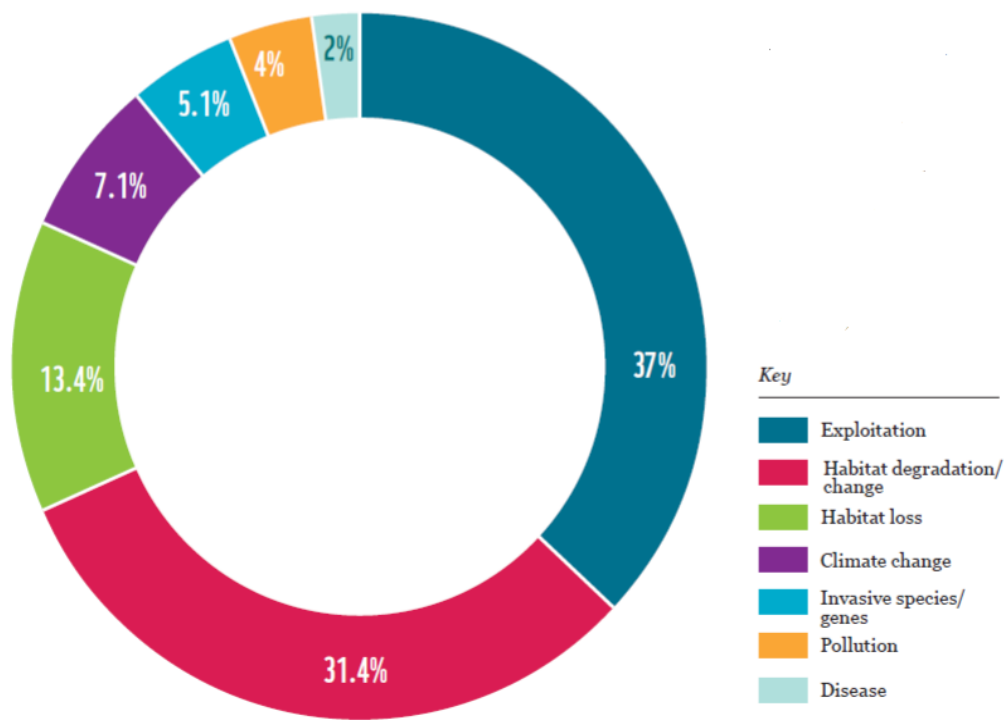


Figura 1.4. Principali cause della perdita di biodiversità (fonte: WWF, 2014)

devastanti. Per gli ambienti d'acqua dolce invece i principali drivers sono sempre perdita e degradazione dell'habitat, ma anche specie invasive e inquinamento, per gli ambienti marini svetta sopra tutti lo sfruttamento incontrollato delle risorse ittiche.

A causare la perdita di biodiversità concorrono anche diversi driver indiretti: cambiamenti demografici (popolazione e la sua distribuzione spaziale), economici (reddito pro capite, flussi di capitale, commercio nazionale) o individuali (scelte che gli individui fanno riguardo a cosa e quanto consumare) possono causare la compromissione degli ecosistemi in seguito all'eccessiva domanda di alcuni servizi ecosistemici; ad esempio, la crescente domanda di cibo dovuta alla crescita demografica in corso a scala mondiale porta alla conversione di alcuni ecosistemi, come le foreste, in agroecosistemi, o al sovra sfruttamento di agroecosistemi già esistenti portandoli ad uno stato degradato, come nel caso di terreni agricoli altamente erosi e compattati (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Infine anche i cambiamenti scientifici e tecnologici (investimenti nella ricerca e sviluppo, adozione di nuove tecnologie) possono portare a sfruttare con maggiore intensità alcuni ecosistemi.

Tra le conseguenze della perdita di biodiversità c'è la diminuzione della resilienza delle specie a livello ecosistemico, ovvero della loro capacità di ritornare alle condizioni iniziali a seguito di un disturbo esterno. Per cui mentre un ecosistema ben gestito riduce i rischi e la vulnerabilità, gli ecosistemi degradati li peggiorano, aumentando i rischi di alluvioni, piene, cattivi raccolti e malattie (Millennium Ecosystem Assessment 2005). La perdita di biodiversità a livello ecosistemico va anche a limitare il ruolo svolto dalle specie nell'ecosistema, andando a modificare in modo significativo il funzionamento dell'ecosistema stesso, la sua capacità di sostenere e mantenere i processi e i popolamenti naturali senza l'intervento umano e la sua capacità di fornire i servizi ecosistemici. Ad esempio lo sovrasfruttamento delle risorse o l'alterazione di un habitat vanno a diminuire i servizi di approvvigionamento forniti da un ecosistema, l'inquinamento diminuisce invece la capacità di smaltire grandi quantità di inquinanti, perdendo così la sua capacità di detossificare i suoli (servizio di regolazione).

Ne consegue quindi che mantenere la biodiversità è importante innanzitutto per difendere un valore intrinseco, ma anche per conservare specie ed interi ecosistemi e permettere il loro pieno sfruttamento, anche da parte dell'uomo. Perché ciò avvenga è sempre più necessario che le tematiche ambientali vengano affrontate all'interno di politiche gestionali.

### 1.3. Politiche a tutela della biodiversità

Il documento internazionale chiave per quanto riguarda la conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità nel pianeta è la *Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD)*. La CBD è uno dei documenti fuoriusciti dalla prima conferenza Mondiale dei capi di Stato sull'Ambiente (United Nations Conference on Environment and Development - UNCED), tenutasi a Rio de Janeiro tra il 3 e il 14 giugno 1992, conosciuta anche con i nomi di Eco '92 e Earth Summit, ma generalmente chiamata la *Conferenza di Rio*. La Convenzione sulla Diversità Biologica è stata in realtà adottata a Nairobi il 22 maggio 1992, aperta alla firma dei paesi durante la Conferenza di Rio ed infine è entrata in vigore il 29 dicembre 1993. Attualmente la Convenzione conta 196 parti.

L'aspetto innovativo di questa convenzione, è che copre la biodiversità a tutti i livelli: ecosistemi, specie e risorse genetiche. Infatti, mentre precedentemente le convenzioni o gli accordi internazionali avevano degli ambiti precisi entro i quali lavorare (ad esempio delle liste di specie da proteggere), la CBD si applica a tutti gli organismi viventi della terra, sia selvatici sia selezionati dall'uomo. L'obiettivo generale della Convenzione sulla Diversità Biologica è quello di incoraggiare azioni che porteranno ad un futuro sostenibile, e questo viene reso possibili attraverso 3 principali punti:

1. conservazione della biodiversità partendo dal livello di gene fino a quelli di ecosistema;
2. uso durevole e sostenibile della biodiversità;
3. giusta ed equa ripartizione dei benefici derivanti dall'utilizzo delle risorse genetiche.

È importante notare come la Convenzione esprima solamente degli obiettivi generali, ma lascia ai vari paesi il compito di determinare gli obiettivi specifici ed inserirli poi negli strumenti di pianificazione, nei programmi e nelle politiche settoriali a livello nazionale (Buffa 2015). Con questa convenzione la biodiversità ha acquistato grande rilevanza anche a livello politico, permettendo che la sua salvaguardia si integri con le politiche sociali ed economiche. Nel 2002 all'Aja, in Olanda, è stata organizzata la *sesta Conferenza delle Parti (COP6)*, chiamata anche Rio +10. Organizzata appunto 10 anni dopo la Conferenza di Rio aveva lo scopo di discutere lo stato di attuazione delle misure pianificate alla prima COP e di mettere a punto un Piano Strategico al fine di orientare la sua ulteriore attuazione a livello globale, nazionale e regionale. Questo piano strategico prende il nome di *Obiettivo 2010 sulla Biodiversità*, ed è

un accordo formale che i Governi di tutto il mondo si sono impegnati a mantenere per ridurre significativamente il tasso di perdita di biodiversità entro il 2010, in modo “da assicurare la continuità dei suoi usi vantaggiosi attraverso la conservazione e l'uso sostenibile delle sue componenti e la ripartizione giusta ed equa dei benefici derivanti dall'utilizzo delle risorse genetiche” (ISPRA 2010). Questo obiettivo è stato poi confermato dai capi di stato al World Summit on Sustainable Development (WSSD – in italiano Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile) tenutosi nello stesso anno a Johannesburg, in Sudafrica, ed è stato inoltre accolto come un nuovo obiettivo nel quadro dei Millennium Development Goals, una dichiarazione firmata nel settembre del 2000 e che attualmente comprende 8 obiettivi generali (tra cui combattere la fame, ridurre le mortalità infantile, permettere un'istruzione universale, ecc.). Questo obiettivo è stato in seguito ripreso dall'IUNC che ha lanciato l'iniziativa internazionale Countdown 2010, con lo scopo di dare maggiore risalto all'azione.

Nell'ottobre 2010 alla COP10 a Nagoya, in Giappone viene adottato un nuovo *Piano Strategico per la Biodiversità 2011-2020* con nuovi obiettivi per il periodo post-2010, i Target di Aichi. Il piano prevede 20 obiettivi specifici da raggiungere entro il 2015 o il 2020, raggruppati secondo 5 obiettivi strategici: risolvere le cause della perdita di biodiversità aumentando il rilievo della biodiversità all'interno dei programmi di governo e nella società; ridurre le pressioni dirette sulla biodiversità e promuoverne l'uso sostenibile; migliorare lo stato della biodiversità attraverso la salvaguardia degli ecosistemi, delle specie e della diversità genetica; aumentare i benefici derivanti dalla biodiversità e dai servizi ecosistemici per tutti; aumentare l'attuazione attraverso la pianificazione partecipata, la gestione delle conoscenze ed il capacity building ([www.cbd.int](http://www.cbd.int)). Obiettivi e target comprendono sia aspirazioni di specifici obiettivi da raggiungere a livello globale, sia indicazioni di riferimento per l'identificazione di obiettivi nazionali, per cui le Parti sono invitate a individuare i loro target all'interno di questo quadro di riferimento flessibile.

I target internazionali sono stati ripresi a livello europeo all'interno della *EU Biodiversity Strategy to 2020*. Nel maggio 2011 l'Unione Europea ha infatti adottato una strategia composta da 6 targets e 20 azioni (tabella 1.1.) che mira ad arrestare la perdita di biodiversità e dei servizi ecosistemici in Europa entro il 2020, proteggendo specie e habitat, mantenendo e ripristinando ecosistemi sani, ricchi in biodiversità e che provvedano a servizi multipli, migliorando le pratiche di gestione agricola e forestale, rendendo la pesca più sostenibile e

combattendo le specie aliene invasive. Nel contempo si prefigge anche di contribuire alla lotta per fermare la perdita di biodiversità a livello globale ([www.biodiversity.europa.eu](http://www.biodiversity.europa.eu)).

Tabella 1.1. Obiettivi EU Biodiversity Strategy to 2020

<b>Obiettivo 1</b>	<b>Proteggere specie e habitat</b> L'UE deve garantire l'attuazione delle direttive Habitat e Uccelli.
<b>Obiettivo 2</b>	<b>Mantenere e ripristinare gli ecosistemi</b> L'UE si prefigge di mantenere e migliorare i servizi degli ecosistemi, oltre a ripristinare gli ecosistemi degradati (almeno il 15% entro il 2020) tramite l'integrazione di un'infrastruttura verde nella pianificazione dell'uso territoriale.
<b>Obiettivo 3</b>	<b>Raggiungere pratiche di gestione agricola e forestale più sostenibili</b> Gli strumenti previsti nell'ambito della PAC dovrebbero contribuire ad estendere al massimo le superfici agricole coltivate a prati, seminativi e colture permanenti che sono oggetto di misure inerenti alla biodiversità entro il 2020. Nello stesso periodo saranno attuati piani di gestione forestale o strumenti equivalenti per tutte le foreste di proprietà pubblica e per le aziende forestali di dimensioni superiori a una determinata superficie.
<b>Obiettivo 4</b>	<b>Rendere la pesca più sostenibile e i mari più puliti</b> Le misure adottate nel quadro della riforma della politica comune della pesca dovrebbero permettere di conseguire il rendimento massimo sostenibile entro il 2015.
<b>Obiettivo 5</b>	<b>Combattere le specie aliene invasive</b>
<b>Obiettivo 6</b>	<b>Contribuire ad evitare la perdita di biodiversità a scala globale</b> L'UE deve intensificare il suo contributo alla lotta contro la perdita di biodiversità a livello mondiale mantenendo gli impegni assunti in occasione della 10 <sup>a</sup> conferenza delle parti (COP 10), raggiungendo gli obiettivi fissati dal Piano Strategico Mondiale per la Biodiversità 2011-2020 e mobilitando le risorse di finanziamento ulteriori per affrontare la sfida della protezione della biodiversità nel mondo.

## 2. BIODIVERSITÀ E SERVIZI ECOSISTEMICI IN AMBIENTE RURALE

### 2.1. Agroecosistemi e servizi ecosistemici connessi

Gli agroecosistemi possono essere definiti come degli ecosistemi più o meno fortemente manipolati e alterati dall'azione umana con lo scopo di stabilirci delle produzioni agricole (Gliessman 2006). Pur presentando flussi di energia e materiali e interazioni trofiche alterati dall'influenza dell'uomo, di base gli agroecosistemi rispondono agli stessi processi, strutture e caratteristiche degli ecosistemi naturali, e quindi fanno affidamento e contemporaneamente forniscono importanti servizi ecosistemici (figura 2.1). Per sostenersi, infatti, gli agroecosistemi dipendono da numerosi servizi di supporto e regolazione. Struttura e fertilità del suolo, sono fattori determinanti nel definire dove le differenti tipologie di agricoltura possono svolgersi, e quale sarà la qualità e la quantità degli output. Il ciclo dei nutrienti permette di mantenere la fertilità del suolo, ed è legato alla presenza di vari microorganismi (batteri, funghi, attinomiceti) che, ad esempio, fissano l'azoto dall'atmosfera o liberano i nutrienti dalla materia organica detritica. Anche le piante non coltivate possono rifornire di nutrienti i terreni agricoli durante il maggese, per questo è auspicabile una gestione agricola che comprenda la rotazione colturale (Zhang et al. 2007).

La ritenzione dei nutrienti è fondamentale invece per mantenerli in luogo e disponibili per le piante; è favorita dalla presenza di piante di copertura tra i cicli di coltivazione, dalla presenza di fasce tampone che evitano un'eccessiva erosione da parte dei fiumi e dall'attuazione di pratiche agricole che minimizzino la loro dispersione. Fornitura e purificazione dell'acqua, sono servizi di regolazione necessari per garantire acqua pulita e disponibile in quantità adeguata alle necessità della coltura. Le foreste in questo ambito possono svolgere un ruolo importante nello stabilizzare il flusso d'acqua, nel favorire l'infiltrazione, nel ridurre il deflusso superficiale e la salinizzazione del suolo; anche la vegetazione riparia può concorrere a migliorare la qualità dell'acqua e ad attenuare le alluvioni. Insetti o uccelli sono alla base di vari servizi ecosistemici che supportano gli agroecosistemi, come la decomposizione di rifiuti prodotti da altri animali, riciclando così azoto, l'impollinazione e il controllo di patogeni. Per favorire la sopravvivenza degli insetti e degli uccelli è però necessario avere a disposizione risorse di cibo e habitat, limitrofi all'ecosistema agricolo, in cui questi possano nutrirsi e

riprodursi. Infine gli agroecosistemi dipendono dalla regolazione atmosferica, in modo da avere un regime di temperature e precipitazioni adatto alle coltivazioni, e di abbassare la frequenza e la severità di fenomeni catastrofici (Zhang et al. 2007).

Risulta evidente che molti di questi servizi ecosistemici sono a loro volta influenzati dalla presenza e dal funzionamento di altri ecosistemi, per questo risulta fondamentale condurre studi e proporre piani di gestione a livello di paesaggio piuttosto che di singolo agroecosistema.

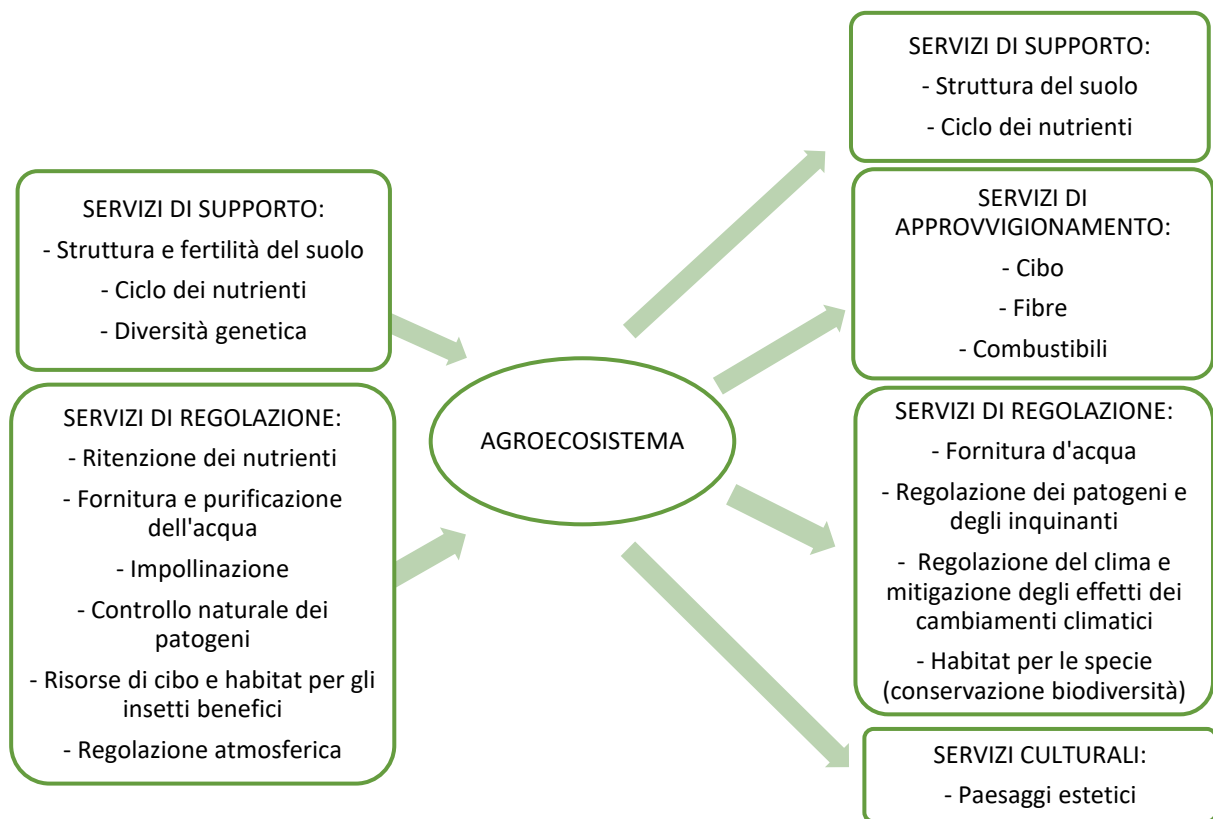


Figura 2.1. Servizi ecosistemici per e dall'agricoltura

Allo stesso tempo, gli agroecosistemi sono in grado di fornire diversi servizi ecosistemici, che si estendono ben oltre la produzione di cibo, fibre, biocombustibili, medicinali e prodotti farmaceutici (servizi di approvvigionamento). Infatti, i sistemi agricoli forniscono anche alcuni servizi di supporto, contribuendo alla conservazione della struttura del suolo e al ciclo degli elementi nutritivi, e numerosi servizi di regolazione, quali la regolazione della fornitura d'acqua e dei processi idrologici locali, la regolazione dell'abbondanza degli elementi nocivi e la detossificazione dei prodotti chimici inquinanti introdotti dall'uomo, il controllo del

microclima locale e la mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici. Gli agroecosistemi possono fornire anche servizi culturali, se viene considerato il valore estetico che può emergere dal paesaggio rurale. Infine l'ecosistema agricolo permette la conservazione di habitat diversificati, che supportano la presenza di varie specie e quindi un'elevata biodiversità (Dale and Polasky 2007, ISPRA 2010).

Il mantenimento della biodiversità ecosistemica, la tipologia e la quantità di servizi forniti dai sistemi agricoli non è però cosa scontata, e può variare molto a seconda delle pratiche di gestione adottate e dei sistemi agricoli impiegati. Talvolta pratiche poco sostenibili possono andare a diminuire la biodiversità e i servizi che un agroecosistema di norma produrrebbe, andando ad impattare gli ecosistemi connessi oltre che a svantaggiare gli agroecosistemi stessi (Dale and Polasky 2007). Generalmente, invece, ai sistemi agricoli più estensivi sono associate pratiche agricole che hanno una maggiore capacità di fornire beni rispetto ai sistemi agricoli più altamente produttivi. Queste tipologie di sistemi agricoli tra l'altro permettono di fornire anche servizi di natura sociale od economica, quali lo sviluppo di economie rurali vitali e prospere (Servadei 2015).

## 2.2. Aree agricole ad alto valore naturalistico

L'evento sempre più attuale della perdita di biodiversità, ampiamente descritto nel capitolo precedente, ha colpito anche gli agroecosistemi. Negli ultimi 50 anni dello scorso secolo si è assistito ad importanti fenomeni che hanno nell'insieme abbassato il grado di biodiversità delle aree agricole. Si ha, da una parte, l'affermarsi dell'agricoltura intensiva, caratterizzata dall'applicazione di modelli ad elevati input ed elevata produttività, con l'uso di prodotti chimici di sintesi per la fertilizzazione e per il controllo dei nemici delle colture (ISPRA 2010). A questi alti livelli di disturbo solo poche specie riescono ad adattarsi, con una conseguente perdita di biodiversità (Brambilla et al. 2014).

Dall'altra parte si ha l'abbandono delle aree agricole più isolate, caratterizzate da condizioni sfavorevoli dal punto di vista socio-economico, in seguito allo spostamento di gran parte delle attività produttive dalle campagne alle città. Questo ritorno alla naturalità non controllata comporta oltre ad un generale degrado anche l'insediamento di specie alloctone, che nel complesso porta ad una diminuzione della biodiversità. Questi cambiamenti hanno quindi



determinato la perdita di molte delle caratteristiche di questi habitat e la conseguente scomparsa degli organismi associati. Con essi vengono meno anche i servizi ecosistemici solitamente forniti dai sistemi agricoli e la cui persistenza dipende dal mantenimento della biodiversità ecosistemica (ISPRA 2010).

Il massimo di biodiversità si ha invece dove c'è un medio livello di disturbo, ovvero dove l'agricoltura è comunque presente, ma viene portata avanti con tecniche tradizionali, che non apportano troppe pressioni al territorio. Ecco allora che, nell'abito dello studio e del mantenimento della biodiversità e dei servizi ecosistemici in ambiente rurale, particolare importanza rivestono le *aree agricole ad alto valore naturalistico* (HNVf). Le HNVf sono state definite da Andersen come "aree dove l'agricoltura è la principale (normalmente anche la dominante) forma d'uso del suolo e dove l'agricoltura ospita (o è associata) a un'alta diversità di specie e di habitat, oppure ospita specie la cui preservazione costituisce particolare attenzione e impegno in Europa" (Andersen et al, 2003). Lo stesso autore identifica 3 tipologie principali di HNVf:

*Tipo 1.* Terreno agricolo con una elevata copertura di vegetazione semi-naturale.

*Tipo 2.* Terreno agricolo dominato da agricoltura a bassa intensità o da un mosaico di aree semi-naturali e coltivate e caratterizzate da tipici elementi strutturali di piccola scala.

*Tipo 3.* Terreno agricolo sul quale sono presenti specie rare o una elevata proporzione di una specie animale e/o vegetale europea o mondiale.

Le tre tipologie non si escludono l'una con l'altra. Anzi alcune aree agricole di tipo 2 possono essere parzialmente semi-naturali, e questo le qualifica anche di tipo 1. Sia le aree agricole di tipo 1 che di tipo 2 possono poi supportare diverse specie di interesse conservazionistico a livello europeo o mondiale e questo le qualifica anche di tipo 3 (Paracchini et al. 2008). Si può anche dire che è proprio "la combinazione di un appropriato uso del suolo e del paesaggio (stato) insieme ad un'appropriata gestione (forza determinante) a creare le condizioni affinché un sistema agricolo sia ad alto valore naturale" (Cooper et al., 2007).

Riprendendo le definizioni delle varie tipologie, si può quindi riassumere che le aree agricole ad alto valore naturalistico siano caratterizzate da:

- presenza di vegetazione semi-naturale (prati stabili e pascoli);
- uso del terreno a bassa intensità (tipico dei sistemi estensivi);

- diversità di uso e copertura del suolo;
- presenza di elementi strutturali come siepi, filari, muretti a secco, ruscelli e boschetti;
- presenza di aree non coltivate che fungono da riparo per la fauna selvatica.

Questi criteri possono essere usati come indicatori per permettere l'identificazione delle aree ad elevato valore naturalistico all'interno del paesaggio rurale; in particolare nella fase analitica di questo elaborato verranno usati la presenza di vegetazione semi-naturale e la bassa intensità nell'uso del terreno.

Le caratteristiche sopra elencate garantiscono la formazione, all'interno delle aree agricole ad alto valore naturalistico, di habitat molto diversi tra di loro, in grado quindi di supportare una vasta biodiversità in specie (ISPRA 2010), capace a sua volta di fornire un'ampia gamma e quantità di servizi ecosistemici. Ma oltre a risultare importanti dal punto di vista naturalistico ed ecosistemico, queste aree contribuiscono anche alla sostenibilità economica delle aree rurali e alla ricchezza del tessuto sociale e del paesaggio (Trisorio, Povellato, and Borlizzi 2011). Tutte queste motivazioni hanno portato a dare sempre un maggiore importanza a livello normativo all'individuazione e alla gestione delle HNVf, con il fine ultimo di assicurare la biodiversità e i servizi ecosistemici, pur massimizzando la produttività delle aree agricole e assicurando lo sviluppo socio-economico delle aree rurali. La conservazione e implementazione delle aree agricole ad alto valore naturalistico è infatti inserita tra le azioni da promuovere per raggiungere il Target 3 della EU Biodiversity Strategy to 2020, che, come visto in precedenza, si prefissa di *“Incrementare il contributo dell'agricoltura e della silvicoltura al mantenimento e al rafforzamento della biodiversità”*.

Particolare sostegno in questo campo arriva dal Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020, il cosiddetto secondo pilastro della Politica Agricola Comune. Sebbene il concetto delle HNVf sia presente all'interno della PAC dal 1984, la loro conservazione è stata formalmente inserita all'interno del periodo programmatico 2007-2013 ed è stata ulteriormente implementata per l'attuale periodo 2014-2020. Si fa riferimento in particolare alla quarta priorità del programma di Sviluppo Rurale che ha come obiettivo quello di *“Preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi connessi all'agricoltura e alla silvicoltura”* e tra le focus area la *“salvaguardia, ripristino e miglioramento della biodiversità, compreso nelle zone Natura 2000 e nelle zone soggette a vincoli naturali o ad altri vincoli specifici, nell'agricoltura ad alto valore naturalistico, nonché dell'assetto paesaggistico dell'Europa”* ([www.politicheagricole.it](http://www.politicheagricole.it)). In

linea generale il PSR si propone di realizzare le sue 6 priorità attraverso 18 misure che possono contribuire a una o più specifiche priorità e focus area, che nel complesso “incoraggiano la diffusione di sistemi colturali attuati nel rispetto dell’ambiente e di pratiche di gestione e investimenti nelle aree rurali che possono favorire la fornitura di beni pubblici e di servizi ecosistemici” (Servadei 2015).

In quest’ottica quindi, studi riguardanti le aree agricole ad alto valore naturalistico, la loro individuazione e valorizzazione sono importanti per dare sostegno e risalto a queste azioni e politiche gestionali, permettere una loro implementazione e favorirne l’attuazione.

### 3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

#### 3.1. Inquadramento generale: la Pianura Padano-Veneta

La Pianura Padano-Veneta è la porzione nord-orientale della Pianura Padana, delimitata a nord-ovest dalle Prealpi venete, a nord-est dal fiume Tagliamento, a est dal Mar Adriatico in corrispondenza della Laguna di Venezia e sud dal fiume Po. Non ci sono comunque vere catene montuose a separare la Pianura Padano-Veneta dalla restante pianura, per cui le due risultano praticamente unite.

Come il resto della Pianura Padana anche la Pianura Padano-Veneta è di origine alluvionale. Il suo assetto contemporaneo è il risultato dell'azione di numerosi corsi d'acqua che hanno, in successivi tempi geologici e storici, asportato e apportato sedimenti fluviali al bacino marino costiero che occupava l'odierna Pianura Padana. In particolare lo scioglimento dei ghiacciai avvenuto successivamente alla glaciazione Wurm, che si concluse circa 18000 anni fa, ha liberato una gran quantità d'acqua in tempi geologicamente brevi comportando l'erosione dei grandi corpi morenici. I materiali erosi a monte o in prossimità dei depositi morenici situati all'inizio delle vallate furono trasportati verso il mare e hanno originato gli attuali depositi superficiali affioranti.

La formazione della Pianura Padano-Veneta dipende in particolare dai processi sedimentari legati all'azione dei fiumi alpini Adige, Brenta, Piave, Tagliamento e dei fiumi prealpini. Questi corpi idrici hanno portato alla formazione di quattro grandi sistemi deposizionali, i "megaconoidi" alluvionali (megafan), dei depositi di forma convessa che presentano una tipica forma a ventaglio (figura 3.1). Si collocano allo sbocco in pianura dei corsi d'acqua, ovvero dove non risultano più costretti nel loro corso e possono espandersi, perdendo così competenza di trasporto e depositando una grande quantità di sedimento. La forma può essere più o meno grande ed avere un rilievo più o meno accentuato a seconda dello spazio di accomodamento, della pendenza della pianura su cui si appoggia e della grandezza del corso d'acqua che l'ha originata (Castiglioni 1986). Se i fiumi che li hanno originati sono dei corsi d'acqua principali, caratterizzati da una elevata portata, i "megaconoidi" si estendono fino alla pianura costiera. Essi si sviluppano per tutta la porzione di pianura interessata dal corso d'acqua e presentano una riduzione di granulometria mano a mano che la quota si abbassa: la parte iniziale del conoide è così costituita da ghiaie, che progressivamente lasciano il posto

a materiali più fini, costituiti da ghiaie e sabbie con digitazioni limose e argillose ([www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)) e infine vengono sostituite da un'alternanza di materiali a granulometria fine (limi, argille e frazioni intermedie) con sabbie a variabile percentuale di materiali più fini (sabbie limose, sabbie debolmente limose, limi sabbiosi, ecc.).

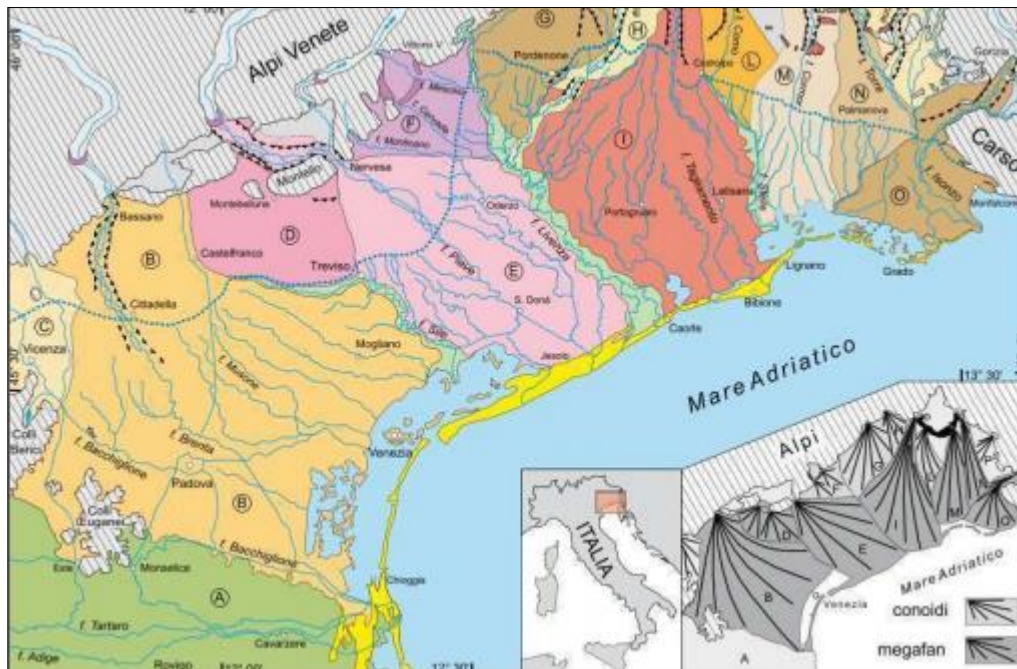


Figura 3.1. Schema dei sistemi deposizionali tardo quaternari della pianura veneto-friulana (da Fontana et al, 2008) A. Pianura dell'Adige – B. Megafan del Brenta – E. Megafan di Nervesa – I. Megafan del Tagliamento

La natura dei terreni appena descritti, insieme all'altitudine e al regime delle acque divide la Pianura Padano-Veneta in due zone, l'alta e la bassa pianura.

L'alta pianura si estende dai piedi delle Prealpi per 5-15 km ed è detta anche pianura asciutta: il suolo infatti è composto da sabbie e ghiaie, ha una permeabilità elevata e non riesce a trattenere l'acqua piovana. In questo modo le acque si infiltrano nel sottosuolo per una decina di metri fino ad incontrare uno strato di materiale impermeabile, e si uniscono a formare un grande acquifero freatico, detto anche Acquifero Indifferenziato. Grazie a queste caratteristiche l'alta pianura viene considerata l'area di ricarica dell'intero sistema idrogeologico (Arpav and Regione Veneto 2008). Sulle rocce impermeabili l'acqua scorre fino al punto in cui ha la possibilità di riaffiorare dalla falda freatica, che diminuendo di altitudine si è progressivamente avvicinata alla superficie del suolo, dando origine alla fascia delle

risorgive, una porzione di territorio a sviluppo est-ovest, che ha un'ampiezza che varia dai 5 ai 10 km. La confluenza di una serie di aste permette all'acqua di incanalarsi in piccole corsi d'acqua, che scorrendo a breve distanza tra loro danno origine ai fiumi di risorgiva, tra cui i più importanti sono il Sile, il Dese, il Marzenego, il Bacchiglione, il Timochio, il Tartaro e il Menago.

In corrispondenza della linea delle risorgive inizia la bassa pianura, detta anche pianura irrigua: il suolo è composto da materiale più fine, che è impermeabile o poco permeabile. In queste condizioni le acque hanno la possibilità appunto di riemergere in superficie e di ristagnare originando facilmente paludi e acquitrini.

La suddivisione in alta e bassa pianura corrisponde anche ad una differenziazione nella copertura vegetale spontanea del terreno: l'alta pianura a causa della scarsità d'acqua costituisce zona adatta per lo sviluppo della brughiera, mentre la bassa pianura per la foresta. In particolare l'associazione forestale climax della pianura Padana risulta essere il quercocarpinetto, ovvero una foresta composta da farnia (*Quercus robur*) e carpino bianco (*Carpinus betulus*). Tuttavia con il tempo si è assistito ad una scomparsa o drastica contrazione della vegetazione naturale tipica della pianura, sostituita da un paesaggio urbano di tipo residenziale o produttivo e da uno agrario intensivo ed altamente semplificato, così che oggi l'ambiente tipico planiziale è limitato ai boschi relitti (Ruffo 2001).

### 3.2. Area di studio

All'interno dell'ampio contesto della Pianura Padano-Veneta, l'area di studio specifica (figura 3.2) è stata definita sulla base di una selezione comunale, precisamente di 177 comuni appartenenti alle provincie di Padova, Vicenza, Verona e Venezia (tabella 3.1).

Quest'area, che presenta una superficie totale pari a circa 4.000 km<sup>2</sup>, è stata scelta per la sua rappresentatività dell'attuale paesaggio della Pianura Padano-Veneta: sono infatti presenti centri urbani sia di piccola che grande estensione, che nel complesso occupano il 20% della superficie di studio (percentuale calcolata sulla base della copertura della classe CLC al primo livello) e le aree agricole, soprattutto a carattere intensivo, sono largamente diffuse in tutta

Tabella 3.1. Comuni selezionati nell'area di studio

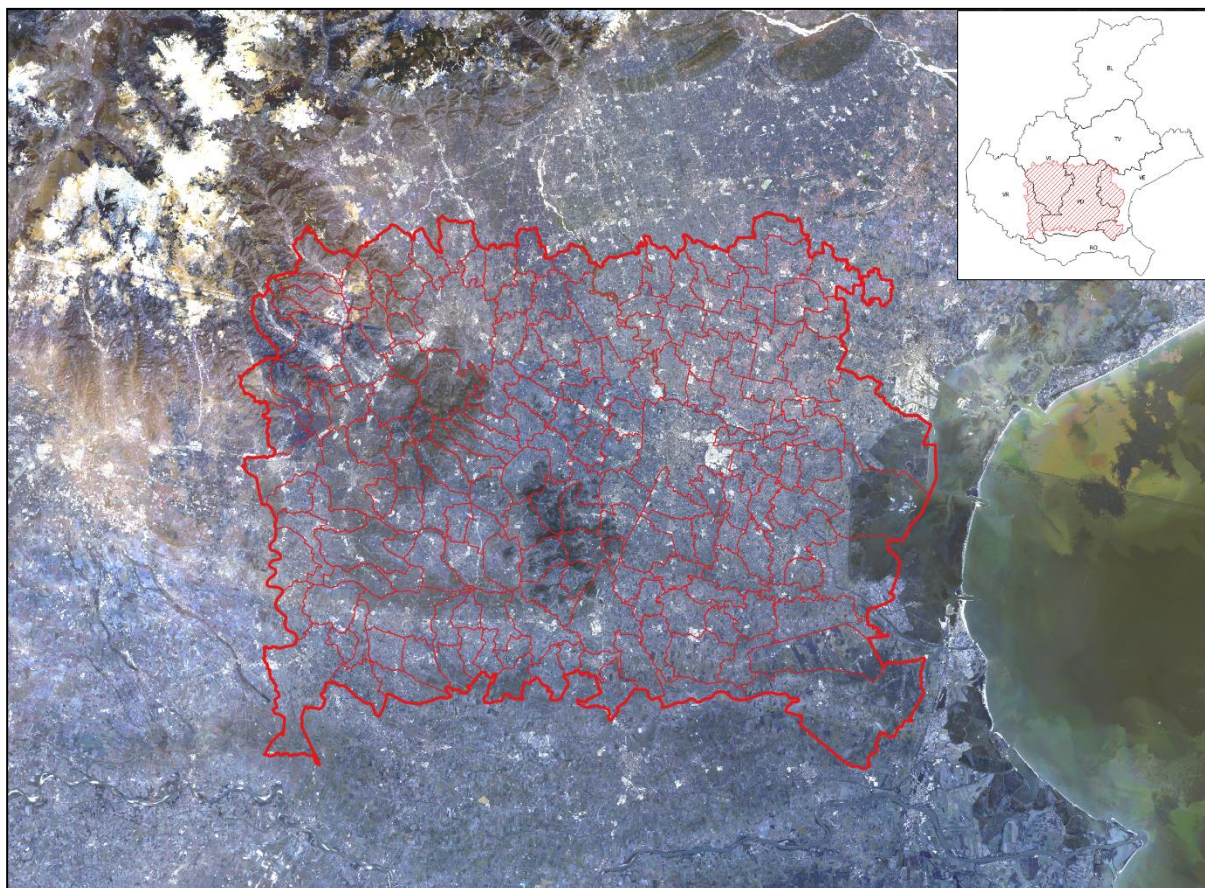
<b>Padova</b>	Abano Terme	Cervarese Santa Croce	Montegrotto Terme	Santa Margherita d'Adige
	Agna	Cinto Euganeo	Noventa Padovana	Santangelo di Piove di Sacco
	Albignasego	Codevigo	Ospedaletto Euganeo	Sant'Elena
	Anguillara Veneta	Conselve	Padova	Saonara
	Arquà Petrarca	Correzzola	Pernumia	Selvazzano Dentro
	Arre	Curtarolo	Piazzola sul Brenta	Solesino
	Arzergrande	Due Carrare	Piombino Dese	Stanghella
	Bagnoli di Sopra	Este	Piove di Sacco	Teolo
	Baone	Galzignano Terme	Polverara	Terrassa Padovana
	Battaglia Terme	Gazzo	Ponso	Torreglia
	Borgoricco	Grantorto	Ponte San Nicolò	Trebaseleghe
	Bovolenta	Legnaro	Pontelongo	Tribano
	Brugine	Limena	Pozzonovo	Urbana
	Cadoneghe	Loreggia	Rovolon	Veggiano
	Campo San Martino	Lozzo Atestino	Rubano	Vighizzolo d'Este
	Campodarsego	Maserà di Padova	Saccolongo	Vigodarzere
	Campodoro	Massanzago	Saletto	Vigonza
	Camposampiero	Megliadino San Fidenzio	San Giorgio delle Pertiche	Villa del Conte
	Candiana	Megliadino San Vitale	San Giorgio in Bosco	Villa Estense
	Carceri	Merlara	San Pietro in Gù	Villafranca Padovana
	Cartura	Mestrino	San Pietro Viminario	Villanova di Camposampiero
	Casale di Scodosia	Monselice	Santa Giustina in Colle	Vo'
	Casalserugo	Montagnana		

<b>Vicenza</b>	Agugliaro	Castegnero	Longare	Orgiano
	Albettonne	Castelgomberto	Lonigo	Poiana Maggiore
	Alonte	Chiampo	Montebello Vicentino	Quinto Vicentino
	Altavilla Vicentina	Cornedo Vicentino	Montecchio Maggiore	San Germano dei Berici
	Arcugnano	Costabissara	Montegalda	Sarego
	Arzignano	Creazzo	Montegaldella	Sossano
	Asigliano Veneto	Dueville	Monteviale	Sovizzo
	Barbarano Vicentino	Gambellara	Monticello Conte Otto	Torri di Quartesolo
	Bolzano Vicentino	Gambugliano	Montorso Vicentino	Trissino
	Brendola	Grancona	Mossano	Vicenza
	Brogliano	Grisignano di Zocco	Nanto	Villaga
	Caldogno	Grumolo delle Abbadesse	Nogarole Vicentino	Zermeghedo
	Camisano Vicentino	Isola Vicentina	Noventa Vicentina	Zovencedo
	Campiglia dei Berici			

<b>Venezia</b>	Campagna Lupia	Dolo	Mirano	Santa Maria di Sala
	Campolongo Maggiore	Fiesso d'Artico	Noale	Scorzè
	Camponogara	Fossò	Pianiga	Stra
	Cavarzere	Mira	Salzano	Vigonovo
	Cona			

<b>Verona</b>	Albaredo d'Adige	Cologna Veneta	Monteforte d'Alpone	San Bonifacio
	Arcole	Legnago	Pressana	Terrazzo
	Bevilacqua	Minerbe	Roncà	Veronella
	Bonavigo	Montecchia di Crosara	Roveredo di Guà	Zimella
	Boschi Sant'Anna			





*Figura 3.2. Area di studio*

l'area (circa il 70%); nonostante gli alti livelli di antropizzazione del territorio sussistono ancora alcune zone a carattere principalmente naturale. Queste zone corrispondono in parte alla vegetazione presente lungo le aste fluviali e le zone umide, ma la maggior porzione è legata alla presenza nel territorio dei colli Euganei e dei monti Berici.

I colli Euganei si sono originati dalla commistione di fenomeni sedimentari, con deposizione di fanghiglie calcaree e microrganismi, e vulcanici, sia a carattere effusivo che esplosivo, entrambi avvenuti quando ancora erano sommersi rispetto alla superficie del mare. Successivamente, in seguito all'emersione e agli apporti alluvionali che diedero origine alla formazione della Pianura Padana, fenomeni erosivi hanno asportato le coperture sedimentarie più tenere mettendo in risalto i corpi vulcanici ([www.parcocollieuganei.com](http://www.parcocollieuganei.com)).

Nei Colli Euganei è presente un numero elevato di specie vegetali, e soprattutto sono presenti a stretto contatto specie adatte al caldo e altre di carattere montano; questo a causa delle variazioni climatiche che si sono succedute durante l'ultimo milione di anni e della morfologia dei rilievi, responsabile di microclimi e biotopi contrastanti. Sui terreni vulcanici rupestri



esposti a sud sono così presenti specie a basso fusto per lo più sempreverdi che formano la pseudomacchia mediterranea. Nei versanti vulcanici rivolti invece a nord, su terreno fresco e profondo si sviluppa invece il bosco di castagno con il relativo sottobosco e qualche traccia di flora alpina. Nel terreno poco profondo e asciutto, tipico dei versanti esposti a mezzogiorno, si estende invece il bosco di querce termofile, il più intatto dal punto di vista naturalistico. Nella zona meridionale dei colli sono presenti prati aridi derivanti dall'abbandono di aree coltivate e pascoli poco produttivi e in evoluzione verso la ricostituzione della boscaglia originaria. L'abbandono dei terreni coltivati, assieme all'eccessivo sfruttamento del territorio, hanno però favorito la diffusione della robinia, una specie alloctona introdotta per scopi ornamentali, che crea boscaglie monotone caratterizzate da una ridotta biodiversità in specie. I monti Berici si sono formati in seguito a fenomeni deposizionali di sabbie e fanghi in ambiente marino, come testimoniano le rocce carbonatiche di cui sono prevalentemente composti e i frammenti di gusci di molluschi che si trovano al loro interno. Come per i colli Euganei, le variazioni climatiche avute in passato e la molteplicità di ambienti presenti permettono la sussistenza di specie sia termofile che microterme. Si ha così un ambiente rupestre, arido ed esposto al sole in cui riescono a sopravvivere poche specie legnose, che lascia poi il posto salendo verso le quote più elevate all'ostrioquerceto, costituito dalla prevalenza del carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), che è la formazione più diffusa sui monti Berici. Nelle aree più settentrionali e sui versanti esposti a nord, su terreni profondi e freschi, è invece sopravvissuto il castagneto. L'ambiente di pianura, che circonda i monti insinuandosi lungo le valli principali, e quello di bassa collina è stato invece largamente modificato dall'intervento dell'uomo, che ha eliminato la vegetazione spontanea originaria per creare vaste zone coltivabili. Alcune di queste aree presentano ancora elementi vegetazionali residuali, ma dove l'intervento dell'uomo è stato più intenso si sono diffuse maggiormente le specie esotiche.

Nonostante il vasto territorio agricolo sia caratterizzato in prevalenza da pratiche intensive, che semplificano il paesaggio, è comunque possibile riscontrare alcune porzioni di naturalità rappresentati dai prati stabili, situati soprattutto nella zona nord-occidentale dell'area di studio, quindi in corrispondenza del basso vicentino e alto padovano. I prati stabili, ovvero le formazioni erbacee che non hanno mai subito il dissodamento, si distinguono dai prati avvicendati (coltivazioni che nella pratica delle rotazioni seguono il frumento o l'orzo) per la notevole varietà di specie che presentano rispetto all'uniformità dei secondi. I prati stabili

sono quindi importanti per la naturalità del territorio in quanto habitat per varie specie, anche rare, ma allo stesso tempo perché conservano un patrimonio genetico utilizzabile per il miglioramento delle piante coltivate, permettono di proteggere il suolo dall'erosione e infine caratterizzano il paesaggio rurale.

Rivestono una certa importanza per quanto riguarda la naturalità del paesaggio rurale anche le colture annuali associate a colture permanenti, i sistemi colturali e particellari complessi e le colture agrarie con presenza di spazi naturali (formazioni vegetali, naturali, boschi, lande, cespuglieti, bacini d'acqua, rocce nude), che nel complesso rappresentano aree miste o mosaici di piccoli appezzamenti che permettono la formazione di molteplici habitat (Di Somma 2011).

## 4. MATERIALI E METODI

### 4.1. Materiali: software e dati di partenza

L'analisi del paesaggio e gli obiettivi di questo studio sono stati condotti e raggiunti utilizzando delle metodologie GIS (Geographic Information System) e, in particolare, usando il software open source QGIS 2.18.1 Las Palmas. Per alcune elaborazioni sono stati poi utilizzati diversi plugin:

- GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), che permette la gestione e l'analisi dei dati georeferenziati, l'elaborazione delle immagini, la produzione di grafici e mappe, la modellazione spaziale e la visualizzazione 3D ([grass.osgeo.org](http://grass.osgeo.org)). In questo elaborato è stato utilizzato per la conversione di raster in geometrie puntuali.
- Zonal Statistics Plugin, che permette di calcolare diversi valori (somma, media, mediana, ecc.) dei pixel che ricadono all'interno di una geometria poligonale.
- Semi-Automatic Classification Plugin, che permette la classificazione semi-automatica, ma anche supervisionata, di immagini provenienti dal remote sensing, e fornisce diversi strumenti per il pre-trattamento delle immagini, la post-elaborazione delle classificazioni e il calcolo raster ([plugins.qgis.org](http://plugins.qgis.org)).

Presente come plugin di QGIS, ma utilizzato in questo caso come piattaforma autonoma, c'è SAGA GIS, acronimo di System for Automated Geoscientific Analyses. La piattaforma presenta un set di moduli che nel complesso permettono di fare sia semplici operazioni di dati (import/export) che sofisticate analisi vettoriali o raster e operazioni geostatistiche ([www.saga-gis.org](http://www.saga-gis.org)).

Infine è stato utilizzato R, un software anch'esso open source per l'analisi statistica dei dati ([www.R-project.org](http://www.R-project.org)), con lo scopo di operare la Principal Component Analysis.

Con il fine, quindi, di raggiungere gli obiettivi dello studio, i software sopra descritti sono stati utilizzati per importare e analizzare diversi dati di partenza.

### *La mappa della Copertura del Suolo*

La mappa della Copertura del Suolo è una cartografia in formato vettoriale e scala 1:10000, reperita dall'Infrastruttura dei Dati Territoriali della Regione Veneto. È quindi una mappa di grande dettaglio spaziale disponibile uniformemente su tutto il Veneto.

È stata creata sulla base dell'interpretazione a video delle ortofoto digitali a colori AGEA datate 2012, o meglio, attraverso la fotointerpretazione sono stati aggiornati geometricamente e tematicamente i poligoni che nell'arco temporale di riferimento (2007-2012) hanno subito delle trasformazioni di uso del suolo di entità superiore a 0,16 ha, considerata l'unità minima di trasformazione (<http://idt.regione.veneto.it>), basandosi quindi sulla precedente cartografia della Copertura del Suolo creata nel 2007. Per l'aggiornamento della mappa si è cercato di integrare anche altre fonti informative geografiche d'uso e copertura del suolo, anche se non omogenee dal punto di vista della scala di rappresentazione, della geometria, della proiezione geografica e dell'epoca di aggiornamento, e in formato sia vettoriale che raster (es. CTRN, PRG, PAT, DSM e anche fonti non convenzionali come Google Earth e Open Street Map).

Le caratteristiche di copertura e uso del suolo sono descritte sulla base della classificazione CORINE Land Cover (CLC), l'iniziativa nata a livello europeo specificamente per il rilevamento e il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela ambientale ([www.ispra.it](http://www.ispra.it)). La CORINE Land Cover a livello europeo presenta una risoluzione 1:100000; essendo la mappa della copertura e dell'uso del suolo della Regione Veneto caratterizzata da una maggiore risoluzione, ciò la rende più adatta per uno studio a livello regionale, rispetto ad una cartografia europea.

La cartografia della Copertura del Suolo ritagliata per l'area di studio ha originato poligoni appartenenti a 38 differenti classi CLC al III livello (tabella 4.1), che sono quelle prese in considerazione per le elaborazioni successive.

Tabella 4.1. Classi CLC III livello presenti nell'area di studio

<b>Classe CLC</b>	<b>Legenda</b>
111	Zone residenziali a tessuto continuo
112	Zone residenziali a tessuto discontinuo e rado
113	Tessuto urbano speciale
121	Aree industriali, commerciali ed infrastrutturali
122	Reti stradali, ferrovie e infrastrutture tecniche
123	Aree portuali
124	Aeroporti
131	Siti di estrazione mineraria
132	Discariche
133	Cantieri
134	Aree in attesa di una destinazione d'uso
141	Aree verdi urbane
142	Aree ricreative e sportive
211	Seminativi in aree non irrigue
212	Seminativi in aree irrigue
221	Vigneti
222	Frutteti e frutti minori
223	Oliveti
224	Altre colture permanenti
231	Prati stabili (foraggiere permanenti)
232	Superfici a prato permanente ad inerbimento spontaneo, comunemente non lavorata
241	Colture temporanee associate a colture permanenti
242	Sistemi colturali e particellari complessi
311	Boschi di latifoglie
312	Boschi di conifere
321	Pascoli naturali
322	Brughiere e cespuglieti
323	Aree a vegetazione sclerofille
331	Spiagge, dune e sabbie
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
333	Aree con vegetazione rada
411	Paludi interne
412	Torbiere
421	Paludi salmastre
422	Saline
511	Corsi d'acqua, canali e idrovie
512	Bacini d'acqua
521	Lagune

### *Censimento Agricoltura 2010 ISTAT*

Con il fine di investigare l'impatto dell'intensità delle pratiche agricole sulla presenza o assenza delle aree agricole ad alto valore naturalistico sono stati ricavati alcuni dati dal 6° Censimento generale dell'agricoltura condotto da ISTAT. Il censimento è partito il 24 ottobre 2010 e, a differenza dei censimenti precedenti, in cui sono state censite le aziende di qualsiasi dimensione, per il 2010 il regolamento europeo ha stabilito di rilevare soltanto le aziende agricole e zootecniche i cui terreni si estendano al di sopra di una dimensione. L'indagine non ha utilità solamente informativa sulla struttura del sistema agricolo e zootecnico, a livello nazionale, regionale e locale, ma ha anche impatto sullo sviluppo delle politiche agricole nazionali e comunitarie, che verranno sviluppate per sostenere la produzione agricola degli Stati Membri.

Le informazioni sono organizzate in due temi di primo livello: i dati riferiti al centro aziendale e quelli riferiti al comune di localizzazione dei terreni/allevamenti. I dati relativi al centro aziendale sono suddivisi in sei sottotemi di secondo livello: struttura delle aziende agricole, coltivazioni, allevamenti, manodopera, altre attività e serie storiche; i dati relativi al comune di localizzazione dei terreni/allevamenti sono suddivisi in due sottotemi di secondo livello: coltivazioni per ubicazione ed allevamenti per ubicazione ([www.istat.it](http://www.istat.it)). In entrambi i casi i dati liberamente accessibili on line sono presenti a livello comunale e non di singola azienda. Per lo scopo di questo lavoro sono stati utilizzati i dati riferiti al centro aziendale; in particolare sono stati estratti ed elaborati i dati relativi a:

- tecniche di lavorazione dei seminativi
- modalità di avvicendamento dei seminativi
- volume di acqua irrigua
- unità di bestiame adulto (UBA)

A questo punto è bene specificare che, essendo i dati rilevati per singola azienda agricola, essi si riferiscono ad essa nella sua unitarietà; ciò significa che si riferiscono al comune in cui tale centro aziendale si colloca, anche se i terreni effettivi sono presenti in altri comuni. È un fattore da tenere in considerazione, in quanto, in alcuni casi, i valori possono sbilanciarsi a favore o contro alcuni comuni.

### *Immagine satellitare dal Landsat8*

Il satellite spaziale Landsat8, l'ottavo appunto del programma Landsat, dal 2013, anno di lancio, permette la registrazione continua del cambiamento attraverso le superfici della Terra. Documenta infatti i processi naturali come le eruzioni vulcaniche, il ritiro dei ghiacciai, le inondazioni e gli incendi boschivi, così come anche i processi antropici quali l'espansione urbana, l'irrigazione delle colture e il disboscamento delle foreste.

Orbita ad una distanza di 705 km sopra la Terra, impiegando 16 giorni a rilevare tutta la superficie terrestre. Contiene due sensori: l'Operational Land Imager (OLI), che fornisce 8 bande multispettrali dalla risoluzione di 30 metri ed una banda pancromatica dalla risoluzione di 15 metri, e il Thermal Infrared Sensor (TIRS), che fornisce due bande termali dalla risoluzione di 100 metri, ricampionate poi a 30 metri per la distribuzione dei dati (<https://landsat.usgs.gov/landsat-8>). In particolare le bande 2, 3 e 4 rappresentano rispettivamente il blu, verde e rosso, ovvero le bande del visibile. Le immagini satellitari sono riportate nella proiezione UTM (Universal Transverse Mercator), utilizzando WGS84 come sistema di riferimento.

In questo elaborato è stata estratta da Google Earth Engine un'immagine satellitare proveniente appunto dal Landsat8 (Landsat 8 Top of Atmosphere Reflectance, path 192, row 28 e 29, cloud cover < 40%) e datata 2015, con lo scopo di rasterizzare i layer vettoriali di partenza sulla base della sua risoluzione.

### *La matrice relativa all'analisi della fornitura dei servizi ecosistemici*

La matrice utilizzata in questo studio per analizzare la fornitura di servizi ecosistemici è così strutturata: l'asse delle x presenta la lista dei servizi ecosistemici presi in considerazione (attualmente 11 servizi di regolazione, 14 di approvvigionamento e 6 culturali), l'asse delle y l'elenco delle tipologie di uso del suolo prendendo in considerazione le classi CLC al terzo livello. Per ciascuna classe di uso del suolo è stato assegnato un valore di fornitura di ciascun servizio ecosistemico (Burkhard et al. 2014; Jacobs et al. 2015).

Per il calcolo dei singoli valori per tipo di uso del suolo sono state usate diverse tipologie di dati: statistiche, risultati dei modelli, conoscenze degli esperti, risultati delle interviste, monitoraggi e altre sorgenti di dati. I valori sono stati poi classificati, usando appropriate classi

di intervallo, in 6 categorie che vanno da 0 (fornitura non rilevante) a 5 (massimo di rilevanza di fornitura). Questa classificazione tra 0 e 5 permette di rendere i vari servizi ecosistemici, normalmente misurati con diversi indicatori e unità, facilmente confrontabili tra di loro.

Per le operazioni di valutazione è stato preso in considerazione un ipotetico “normale” paesaggio europeo durante il periodo estivo prima della raccolta (Burkhard et al. 2014) . Questo periodo temporale è stato scelto dagli esperti che hanno compilato la matrice perché considerato il più appropriato per poter valutare al meglio alcuni servizi di approvvigionamento e culturali. Per altri studi la matrice può però essere aggiustata aggiungendo altre classi di uso del suolo o altri servizi ecosistemici, al fine di riflettere al meglio le peculiarità del territorio analizzato.

Andando nel dettaglio, la matrice di fornitura dei servizi ecosistemici dipende fortemente dall’impatto umano sugli ecosistemi: così foreste, zone umide e corpi idrici presentano valori particolarmente elevati, mentre il territorio urbano, con l’eccezione di alcuni servizi culturali, mostra un basso potenziale nella fornitura di servizi ecosistemici, che comporterà una forte dipendenza dai territori limitrofi. Per quanto riguarda le aree agricole, queste presentano un alto potenziale di servizi ecosistemici di approvvigionamento, e uno altrettanto interessante relativo ai servizi di regolazione, con alcune differenze a seconda della tipologia di gestione dei sistemi agricoli.

In realtà quando si parla di fornitura di servizi ecosistemici è bene differenziare tra potenziale di fornitura e flusso di fornitura: il primo indica l’ipotetico massimo di fornitura dei servizi ecosistemici, il secondo indica il reale output di servizi ecosistemici in un dato periodo. Nel caso dei sistemi agricoli questa differenza è facilmente intuibile soprattutto per i servizi di approvvigionamento, il cui valore risulterebbe molto basso dato che il periodo temporale considerato è antecedente la raccolta (Burkhard et al. 2014).

Molto spesso i flussi di servizi ecosistemici forniti dagli ecosistemi, soprattutto gli agroecosistemi, non sono abbastanza elevati da riuscire ad incrociare la domanda, e si interviene quindi con degli input addizionali di natura antropica (fertilizzazione, pesticidi, tecniche, lavoro e conoscenze). Motivo per cui nel calcolo del valore della fornitura potenziale di servizi ecosistemici sono stati presi in considerazione anche alcuni di questi input, in modo da riflettere meglio la condizioni e i flussi di servizi ecosistemici.



## 4.2. Metodi

### 4.2.1. Creazione del gradiente urbano – rurale – naturale sulla base della copertura del suolo

Il primo obiettivo della tesi è quello di individuare le aree agricole ad alto valore naturalistico all'interno dell'area di studio, o meglio le classi di pixel associabili alle aree HNVf presenti lungo un gradiente urbano – rurale – naturale che caratterizza il paesaggio. Il presupposto di questo studio infatti è quello di pensare al paesaggio non come un arrangiamento di patches che si ripetono in modo sparso nello spazio, ma come un territorio continuo caratterizzato dalla successione graduale di ambienti urbani, agricoli e naturali. La successione è stata definita sulla base dell'intensità dell'uso e copertura del suolo, ovvero dalla densità con cui le patches appartenenti alla stessa tipologia sono presenti nell'area studiata.

Il primo passaggio prevede quindi la creazione di questo gradiente, e la metodologia che verrà illustrata in seguito è già stata utilizzata dagli autori Vizzari, Antognelli e Sigura in un caso di studio in territorio francese (Vizzari, Antognelli, et al. 2015) e un altro in Umbria (Vizzari, Sigura, and Antognelli 2015); si vuole quindi provare ad applicare lo stesso metodo nell'area della Pianura Padano-Veneta presa in considerazione.

In ambiente GIS la creazione del gradiente urbano – rurale - naturale è possibile attraverso l'utilizzo di tecniche di gridding e in particolare avvalendosi di uno strumento di analisi della densità, il *Kernel Density Estimation*, che permette di trasformare i valori di densità misurati in specifici punti in dati continui, rendendo come output un paesaggio graduale (Vizzari, Antognelli, et al. 2015).

In pratica per ogni pixel viene applicata una finestra mobile, che stima la densità della variabile presa in analisi, in accordo con una funzione kernel e con un raggio di analisi. Per questo studio è stata usata una funzione quartica (Vizzari, Antognelli, et al. 2015; Vizzari, Sigura, et al. 2015) che dà come output un raster con valori che si estendono gradualmente tra 1 (massima densità) e 0 (minima densità) a seconda della presenza più o meno abbondante, all'interno dell'area definita dal raggio di analisi, di elementi appartenenti alla stessa tipologia (figura 4.1).

Per quanto riguarda il raggio di analisi, questo è un fattore molto importante perché permette di decidere a che scala viene analizzato il fenomeno: un raggio piccolo, mette infatti in

evidenza gli effetti più localizzati, gli alti e bassi nella distribuzione; l'utilizzo di un raggio maggiore evidenzia invece i trend più generali nella disposizione del paesaggio (Vizzari, Antognelli, et al. 2015). È consigliabile quindi fare varie prove con diversi raggi, al fine di esplorare le differenze che si creano e trovare poi quello che si ritiene più appropriato per lo scopo dello studio.

Gli indicatori di densità associati all'urbanizzazione, all'agricoltura e alla natura sono stati calcolati usando il KDE sulle classi di uso e copertura del suolo, derivanti da una riclassificazione della mappa della copertura del suolo della Regione Veneto, sulla base delle classi CLC. Come si può vedere nella tabella 4.2 sono state individuate 7 tipologie ambientali: tessuto urbano, terreno a seminativi, colture permanenti, pascoli e aree agricole eterogenee, foreste, aree semi-naturali, zone umide e corpi idrici, che si riferiscono rispettivamente alla componente urbana, rurale e naturale del paesaggio.

*Tabella 4.2. Riclassificazione delle classi CLC per il calcolo degli indicatori di densità*

<b>Tipologia di paesaggio</b>	<b>Classi CLC</b>	<b>Riclass.</b>
Tessuto urbano	111, 112, 121, 122, 123, 124, 131, 132, 133, 141, 142	1
Terreno a seminativi	211, 212, 213	2
Colture permanenti	221, 222, 223	3
Pascoli e aree agricole eterogenee	231, 241, 242, 243, 244	4
Foreste	311, 312, 313, 324	5
Aree semi-naturali	321, 322, 323, 331, 332, 333, 334, 335	6
Zone umide e corpi d'acqua	411, 412, 511, 512	7

Per poter applicare il Kernel Density Estimation è necessario però partire da geometrie puntuali, per cui al fine di calcolare la densità delle varie tipologie ambientali, la mappa vettoriale riclassificata dell'uso e consumo del suolo è stata prima rasterizzata sulla base della risoluzione del Landsat8 e poi, utilizzando il plugin GRASS, convertita in punti, rappresentanti i centroidi dei pixel.

Ottenuti i 7 layer puntuali separati, il KDE è stato applicato usando il plugin SAGA GIS, scegliendo come raggi di analisi 60, 150, 300, 450, 600, 1200 metri, quindi rispettivamente 2, 5, 10, 15, 20 e 40 volte la dimensione del pixel iniziale.

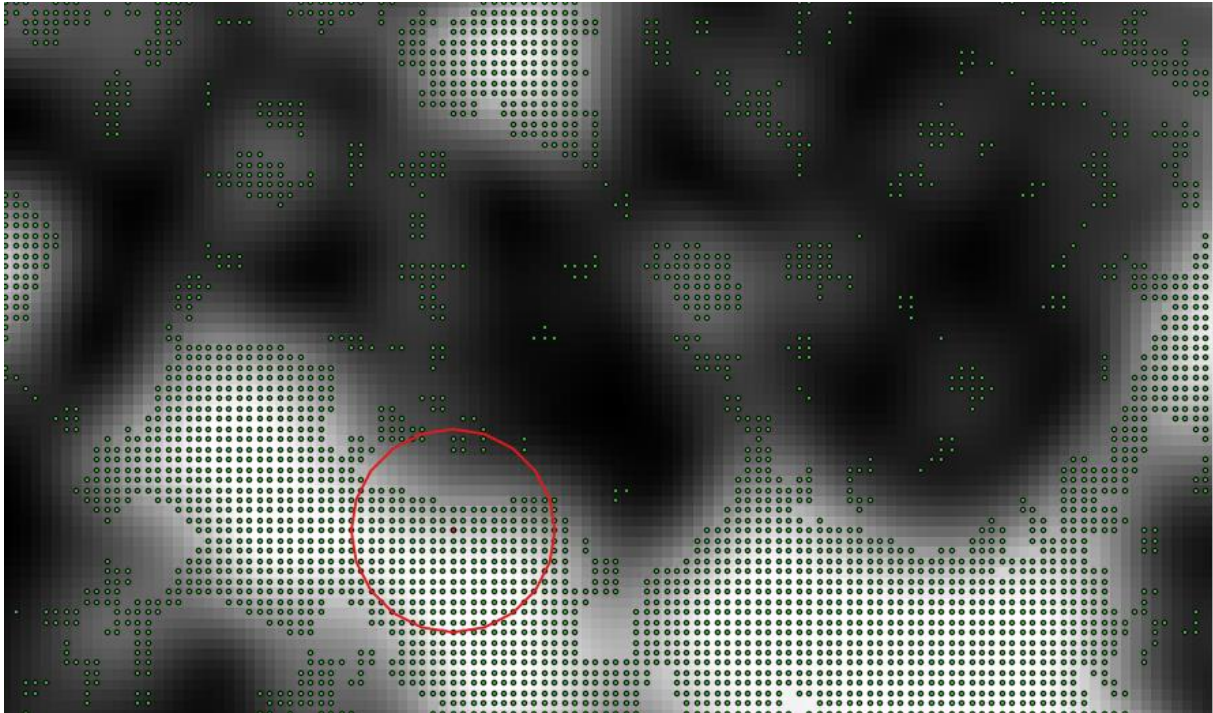


Figura 4.1. Dettaglio del raster della densità. Considerando la superficie definita dal raggio di analisi pari a 300 metri (cerchio in rosso): in presenza di un'elevata quantità di geometrie puntuali appartenenti alla stessa tipologia si ottengono alti valori di densità (rappresentati in bianco), al diminuire della presenza di geometrie puntuali diminuiscono anche gradualmente i valori di densità (rappresentati in grigio e poi nero).

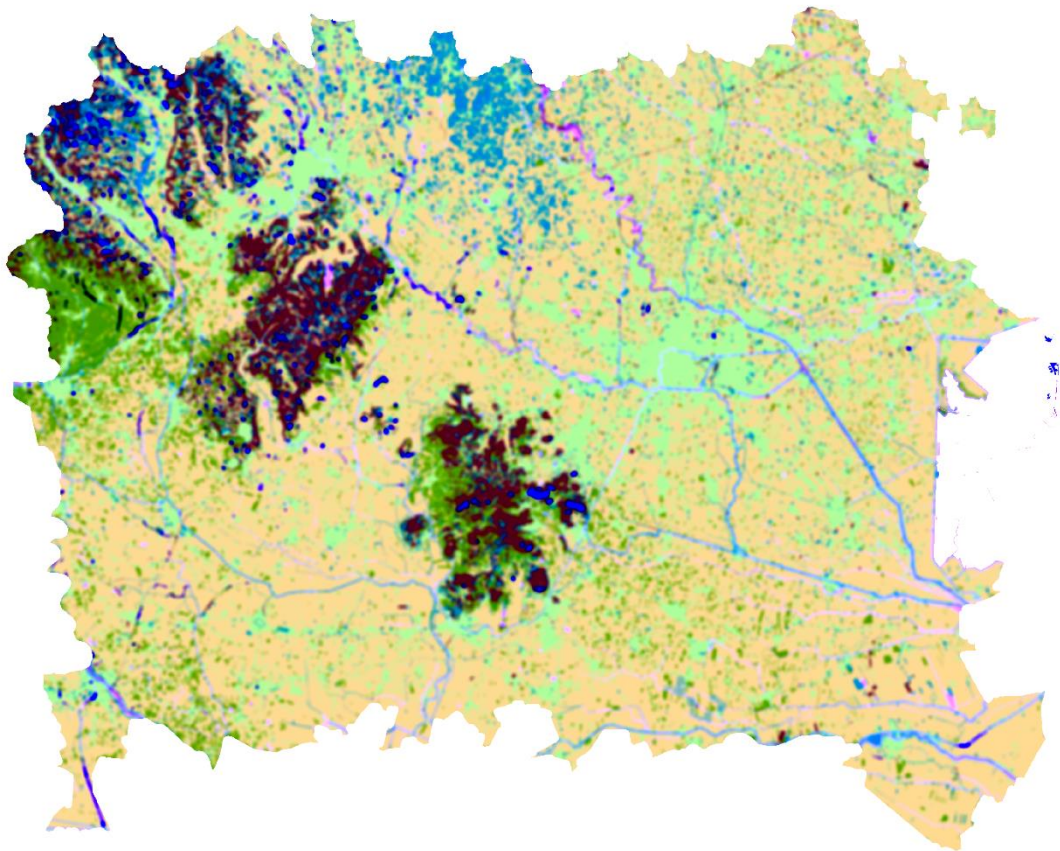
Ai bordi dell'area di studio la densità non viene però calcolata correttamente perché il raggio del kernel prende in analisi una superficie in cui parzialmente non sono presenti dati puntuali, con il rischio di ribassare la densità effettiva dei pixel ai margini. Per questo motivo i raster della densità sono stati ritagliati facendo rientrare il contorno di 300 metri, in modo da essere certi che il valore di densità di tutti i pixel corrisponda a quello reale.

I 7 layer raster risultanti dal KDE sono stati analizzati congiuntamente, ponendo ogni layer su una banda separata, e sono stati poi analizzati per mezzo della *Principal Component Analysis* (PCA) al fine di ridurre la variabilità dovuta alla correlazione tra gli indicatori (Vizzari, Sigura, et al. 2015).

La *Principal Component Analysis* è una tecnica usata per semplificare il numero di dati multivariati in un numero di variabili inferiori. La sua idea centrale è infatti quella di ridurre la dimensione del dataset di partenza, nel quale c'è un vasto numero di variabili correlate, mantenendo al contempo il massimo contenuto informativo presente in tutte le variabili

originali (Jolliffe 1986). Questa riduzione viene raggiunta trasformando in un nuovo set di variabili, le componenti principali (PCs), che non sono correlate tra loro, e che sono ordinate in modo che le prime contengano la maggior parte della variabilità presente in tutte le variabili originarie; al contrario le ultime PCs identificano la direzione in cui c'è la minima variazione. In linea generale più è elevato il valore di correlazioni tra le variabili, minore è il numero di PCs richieste per avere una gran quantità di informazioni.

Il raster risultante (figura 4.2) è costituito da tante Componenti Principali (PCs) quante sono le bande di partenza, con le informazioni riorganizzate in modo da porre la maggior parte nelle prime componenti. Nell'usare le PCs per successive elaborazioni è quindi importante controllare la percentuale di informazione presente in ciascuna componente, in modo da mantenere una quantità significativa di dati; ma anche vedere la correlazione di ogni banda con ogni PCs è fondamentale, per evitare, ad esempio, di tralasciare componenti con poche informazioni ma appartenenti tutte ad un'unica banda di partenza.



*Figura 4.2. Raster risultante dalla Principal Component Analysis*

Le Componenti Principali vengono elaborate attraverso la *Cluster Analysis* per ottenere i gruppi che rappresentino possibilmente le principali tipologie di paesaggio. Questo metodo è comunemente usato per descrivere i dati multivariati, ovvero dati formati da almeno due componenti, in termine di gruppi o clusters che sono caratterizzati da forte somiglianza interna e dalla massima diversità con gli altri gruppi (Johnson et al 2002).

Sulla base del tipo del metodo utilizzato per raggruppare i vari dati si individuano due diverse tecniche di clustering. Il *clustering gerarchico* mira a costruire una gerarchia di cluster attraverso una strategia agglomerativa con un approccio “bottom up”, in cui si parte inserendo ciascun elemento in un cluster differente e si procede poi accorpando gradualmente i cluster a due a due, oppure una strategia divisiva con un approccio “top down” in cui tutti gli elementi si trovano inizialmente in un singolo cluster che viene man mano suddiviso in sotto-cluster.

Il *clustering partizionale*, detto anche non gerarchico o k-clustering, definisce invece l'appartenenza di un elemento ad un gruppo utilizzando la sua distanza da un punto rappresentativo del cluster, il centroide. Il k-clustering è un metodo iterativo, per cui l'appartenenza di un elemento ad un cluster viene rivalutata ad ogni step, sulla base dei centroidi di ogni cluster; questo significa che ogni elemento può essere assegnato ad un cluster e riassegnato ad un altro in uno step successivo dell'analisi, nel caso risultasse più vicino al centroide di quest'ultimo cluster. Questi passaggi vengono ripetuti finché nessuna unità cambia più cluster di appartenenza.

L'algoritmo principale del clustering partizionale è il k-means. L'ISODATA clustering analysis (Iterative Self-Organising Data Analysis Technique), usato in questo studio, è una variante del k-means che è solitamente usata per la classificazione di immagini digitali. Come il k-means questa tecnica organizza i dati all'interno di un certo numero di gruppi sulla base della vicinanza ai centroidi dei clusters, mentre diversamente da questa ISODATA non richiede di indicare il numero di cluster che si vogliono ottenere, permettendo di crearne il numero che risulta più adatto per descrivere il paesaggio preso in analisi.

Gli studi di riferimento (Vizzari, Antognelli, et al. 2015; Vizzari, Sigura, et al. 2015) elaborano con ISODATA tutte e 7 le risultanti PCs della Principal Component Analysis, che esprimono il 100% della varianza. La PCA però solitamente viene usata proprio per ridurre le variabili di partenza, per cui in questo elaborato, pur seguendo la metodologia proposta, la Cluster

Analysis verrà eseguita anche prendendo in considerazione solo alcune delle PCs, per verificare se si ottengono risultati uguali o più definiti anche considerando una minore quantità di informazioni di partenza, ma al contempo anche un minor rumore di fondo.

#### 4.2.2. Integrazione dei dati della copertura del suolo con i dati dell'intensità delle pratiche agricole

Sempre con l'obiettivo di individuare le aree agricole potenzialmente ad alto valore naturalistico, si è voluto esplorare un metodo per integrare assieme i dati relativi alla copertura del suolo con quelli relativi all'intensità delle pratiche agricole. Questo approccio consente di valutare anche la pressione esercitata dall'agricoltura sull'ambiente, e in qualche modo contribuisce a validare o raffinare i risultati provenienti dall'approccio dell'uso del suolo (Trisorio et al. 2008, Trisorio et al. 2013).

In particolare sono state prese in considerazione le tecniche di lavorazione e quelle di avvicendamento dei seminativi, le unità bovine adulte (UBA) e il volume di acqua irrigua. La lavorazione dei terreni può essere convenzionale (aratura), di conservazione (lavorazione minima) o nessuna lavorazione; quest'ultime due corrispondono ad una bassa intensità delle pratiche agricole. L'avvicendamento dei seminativi può essere a monosuccessione, libero o a rotazione colturale; anche in questo caso le ultime due modalità indicano una bassa intensità delle pratiche agricole.

Le UBA hanno lo scopo di esprimere sinteticamente il carico zootecnico, in quanto considerano la quantità e la qualità (contenuto in azoto e fosforo) dei reflui zootecnici. L'intensità del carico zootecnico viene valutato come risultato del rapporto UBA/SAU (superficie agricola utile, misurata in ettari). Elevati carichi di bestiame indicano pratiche agricole molto intense, come anche l'utilizzo di ingenti volumi ( $m^3$ ) di acqua per l'irrigazione. Come detto in precedenza, questi dati sono stati estratti dal censimento ISTAT sull'agricoltura e sono disponibili a livello comunale. Ciascun dato di partenza è stato quindi rapportato alla corrispondente superficie di riferimento a livello comunale, in modo da poter rendere confrontabili tra loro i dati raccolti nei diversi comuni. Così la superficie di seminativi lavorata con tecniche convenzionali e quella interessata da monosuccessione è stata rapportata alla superficie comunale lavorata dei seminativi, le UBA sono state rapportate alla SAU comunale e il volume di acqua irrigua con la superficie agricola irrigata di ogni comune.

Nell'importare questi dati statistici su QGIS, per le successive elaborazioni, è stato fatto, usando il nome dei comuni come campo comune, un join tabellare con il layer della superficie di riferimento, quindi la superficie a seminativi per le tecniche di lavorazione e

l'avvicendamento colturale, mentre per le UBA e il volume d'acqua irrigua è stata scelta l'intera superficie agricola, corrispondente alla classe 2 del primo livello CLC.

Notato però che l'area di studio è caratterizzata soprattutto da tecniche convenzionali di lavorazione, ovvero quasi tutta la superficie risulterebbe ad alta intensità, si è deciso di non includere questo dato nei successivi passaggi, in quanto non dà informazioni utili per una successiva differenziazione delle aree agricole in cui le pratiche agricole sono meno intense e quindi di quelle aree agricole potenzialmente HNV.

Il metodo per la costruzione del gradiente dell'intensità dell'uso agricolo del suolo e delle pratiche agricole prevede, anche in questo caso, di analizzare prima di tutto la densità, di operare successivamente la PCA e infine di identificare i diversi clusters attraverso l'ISODATA Cluster Analysis.

Per quanto riguarda l'intensità della copertura del suolo, sono stati ripresi i raster della densità con raggio di analisi di 300 metri. Questi, come detto in precedenza, riportano in maniera continua per l'intera superficie di studio, i valori di densità, normalizzati tra 0 e 1, di ciascuna tipologia di copertura del suolo. Per i dati relativi alle pratiche agricole sono stati considerati i raster con i valori reali di partenza, normalizzandoli anche in questo caso tra 0 e 1, e anch'essi presenti con una distribuzione continua nell'area di studio.

Viene mantenuto sempre lo stesso procedimento, ma il raster in entrata per la PCA unisce tutte assieme le dieci variabili considerate, ovvero le sette tipologie di copertura del suolo più i tre dati statistici.



### 4.2.3. Valutazione della fornitura dei servizi ecosistemici

Si è già visto come i servizi ecosistemici siano importanti per il sostegno degli ecosistemi stessi e in quanto possono fornire benefici agli esseri umani, ma anche come i servizi ecosistemici per persistere necessitano di biodiversità ecosistemica. Come ultimo passaggio si è quindi voluta calcolare la quantità di servizi ecosistemici che viene fornita dall'ambiente rurale; l'obiettivo è quello di verificare se le aree agricole ad alto valore naturalistico, individuate sia attraverso l'approccio della copertura del suolo che con l'approccio dell'intensità delle pratiche agricole, ne forniscano in quantità superiore, come conseguenza dell'elevata biodiversità che le caratterizza.

In particolare si sono presi in analisi 6 servizi di regolazione (regolazione dei nutrienti, regolazione del clima locale, regolazione del flusso idrico e purificazione dell'acqua, regolazione degli inquinanti e regolazione dell'erosione), 2 servizi di approvvigionamento (produzione di cibo e fibre) e due servizi culturali (paesaggio estetico e diversità naturale). Utilizzando la matrice della fornitura dei SE (tabella 4.3) è stata assegnata a ciascuna classe CLC, partendo dalla mappa dell'uso e copertura del suolo, il corrispondente peso per ognuno dei servizi che si è scelto di prendere in considerazione. Per ogni servizio ecosistemico la mappa è stata rasterizzata e attraverso le statistiche zonali è stato possibile calcolare il valore medio per ogni cluster del paesaggio rurale (figura 4.3).

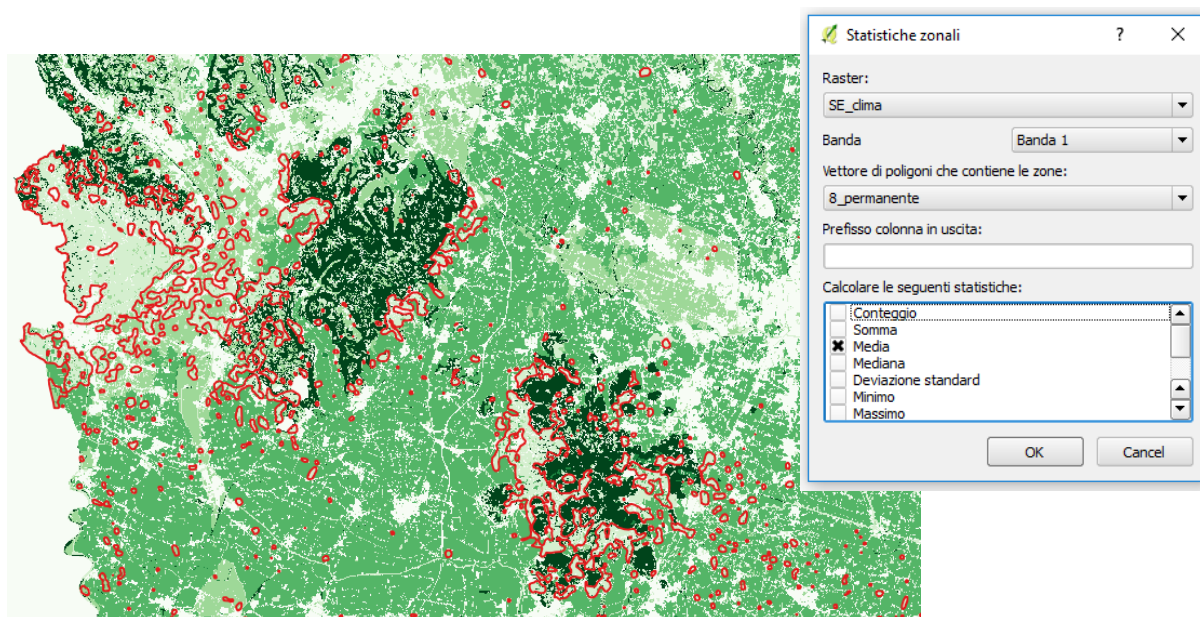


Figura 4.3. Esempio con dettaglio del raster della regolazione del clima con l'applicazione delle statistiche zonali per il cluster delle colture permanenti

Tabella 4.3. Matrice della fornitura potenziale dei servizi ecosistemi presi in considerazione per le classi CLC presenti nell'area di studio

		Regolazione nutrienti	Regolazione clima locale	Regolazione flusso idrico	Purificazione acqua	Regolazione inquinanti	Regolazione erosione	Fornitura cibo	Fornitura fibre	Estetica del paesaggio	Diversità naturale	
Classi Corine Land Cover	111	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	
	112	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	
	113	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	
	121	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
	122	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	123	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	
	124	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	132	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	141	2	2	2	2	2	2	2	0	0	3	1
	142	1	1	1	1	1	1	1	0	0	3	0
	211	1	2	2	0	0	0	2	5	5	1	0
	212	1	3	1	0	0	0	2	5	4	1	0
	221	1	1	1	0	1	1	1	4	0	2	0
	222	2	2	2	1	2	2	2	4	0	2	1
	223	1	1	1	1	1	1	2	4	0	2	0
	224	1	1	1	1	1	1	2	4	0	2	0
	231	1	1	1	0	1	1	4	0	0	2	1
	232	1	1	1	0	1	1	4	0	0	2	1
	241	1	2	1	0	1	1	2	2	5	1	0
	242	1	2	1	0	1	1	2	2	4	2	0
	311	5	5	3	5	5	5	4	0	1	5	5
	312	5	5	3	5	4	4	5	0	1	5	5
	321	5	2	1	3	2	2	5	0	0	4	3
	322	3	4	2	3	2	2	3	0	0	4	4
	323	2	2	1	1	1	1	3	0	1	3	4
	331	1	0	1	1	0	0	1	0	0	4	2
	332	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3	1
	333	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
	411	4	2	3	2	1	1	3	0	0	2	2
	412	4	4	4	4	4	4	2	0	0	2	4
421	2	1	1	1	1	1	2	0	0	2	2	
422	0	3	0	0	0	0	1	0	0	2	0	
511	3	1	3	3	0	0	5	0	0	4	3	
512	3	2	4	2	0	0	5	0	0	4	3	
521	3	1	4	2	0	0	5	0	0	4	3	

## 5. ANALISI DEI RISULTATI

### 5.1. Identificazione dei cluster lungo il gradiente urbano – rurale – naturale

La Cluster Analysis ha permesso la creazione delle varie classi di paesaggio, le cui variabili (la densità di ciascun layer iniziale) sono raggruppate sulla base della massima somiglianza interna.

Prima di tutto è stato necessario capire quale raggio fosse più adeguato per l'area studiata. Per questo motivo sono state fatte diverse prove, al fine di vedere quante classi si formavano di volta in volta e quanto i pixel di partenza combaciassero con la corrispondente classe di paesaggio formata in seguito alla Cluster Analysis.

Innanzitutto si nota un aumento del numero di classi all'aumentare del raggio: si sono infatti formate 10 classi per il raggio di 60 metri, 11 classi per il raggio di 150 metri, 12 classi per i raggi di 300 e 450 metri e 15 classi per i raggi di 600 e 1200 m (figura 5.1).

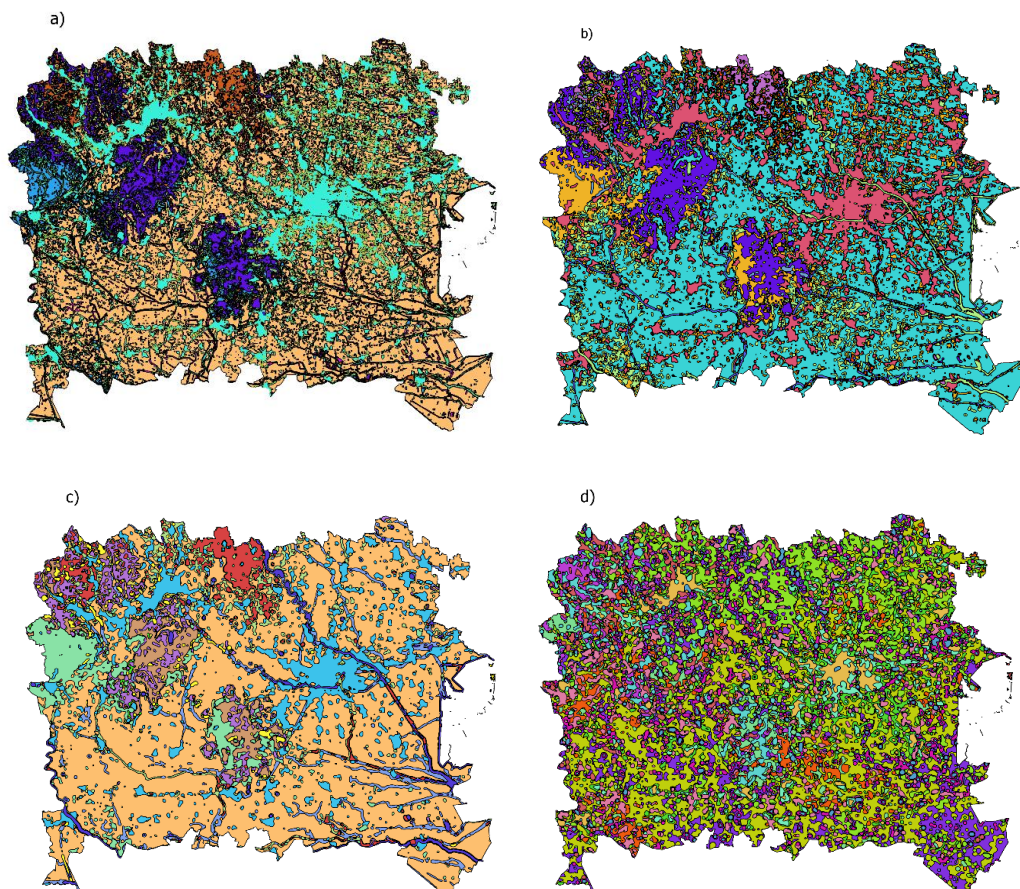


Figura 5.1. Rappresentazione grafica di alcune classi create analizzando il paesaggio con raggi di: a) 150 metri, b) 300 metri, c) 450 metri, d) 600 metri

Per quanto riguarda il secondo punto, il grafico (figura 5.2) riporta le percentuali di pixel di ciascun layer di partenza contenuti all'interno della rispettiva classe di paesaggio. I raggi più piccoli presentano delle percentuali sempre elevate, perché creano una superficie di analisi che prende spesso in considerazione, soprattutto nel caso dei layer più estesi, quasi solamente elementi appartenenti alla stessa tipologia; questo fa sì che l'analisi della densità rimanga abbastanza limitata e non estesa a livello di paesaggio, discordando quindi con gli obiettivi della tesi.

Al contrario con raggi molto grandi vengono prese in considerazione all'interno della superficie di analisi molte tipologie ambientali, creando una variabilità elevata per ciascun pixel, la quale rende difficile nel momento della Cluster Analysis aggregare i pixel sulla base della loro somiglianza. Si creano così molte classi in cui i pixel sono distribuiti, causando le basse percentuali che si riscontrano nel grafico.

Per la conformazione paesaggistica dell'area di studio e per la dimensione media dei suoi elementi i raggi intermedi risultano i più significativi per lo scopo dell'analisi. Per quasi tutti i layer, e in particolare considerando la mediana, si nota come l'andamento del grafico si mantenga stabile tra i 150 e i 450 metri, per cui si è deciso di scegliere come raggio ottimale quello che si piazza al centro, ovvero quello corrispondente a 300 metri.

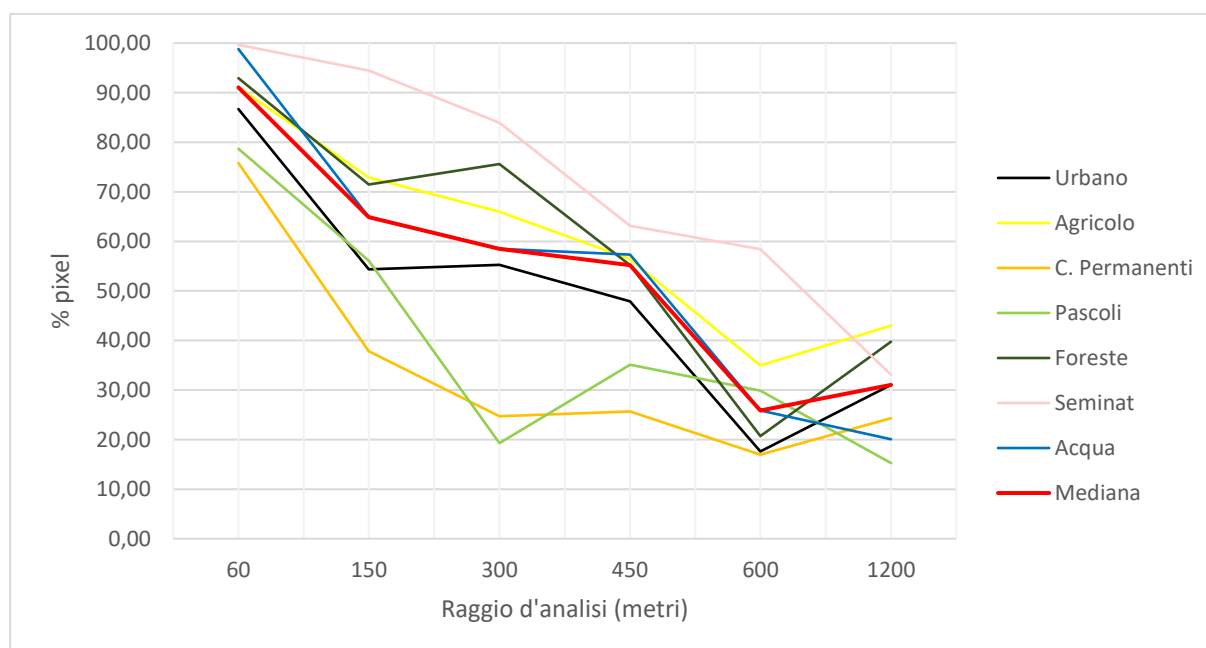


Figura 5.2. Percentuale di pixel di ciascuna tipologia di partenza appartenenti ai corrispondenti cluster per diversi raggi d'analisi.



Si discosta molto da questo andamento il layer dei pascoli ed aree agricole eterogenee, per cui si è andato a controllare nel dettaglio, facendo uno zoom su una porzione nord dell'area di studio, interessata dai prati stabili (figura 5.3). Come si può vedere a 150 e 450 metri i cluster che si creano comprendono un numero maggiore di patches della mappa della copertura del suolo rispetto al raggio di 300 metri; la classe che i crea con quest'ultimo raggio è comunque rappresentativa della tipologia di paesaggio analizzata, soprattutto se confrontata con le classi create a raggi maggiori.

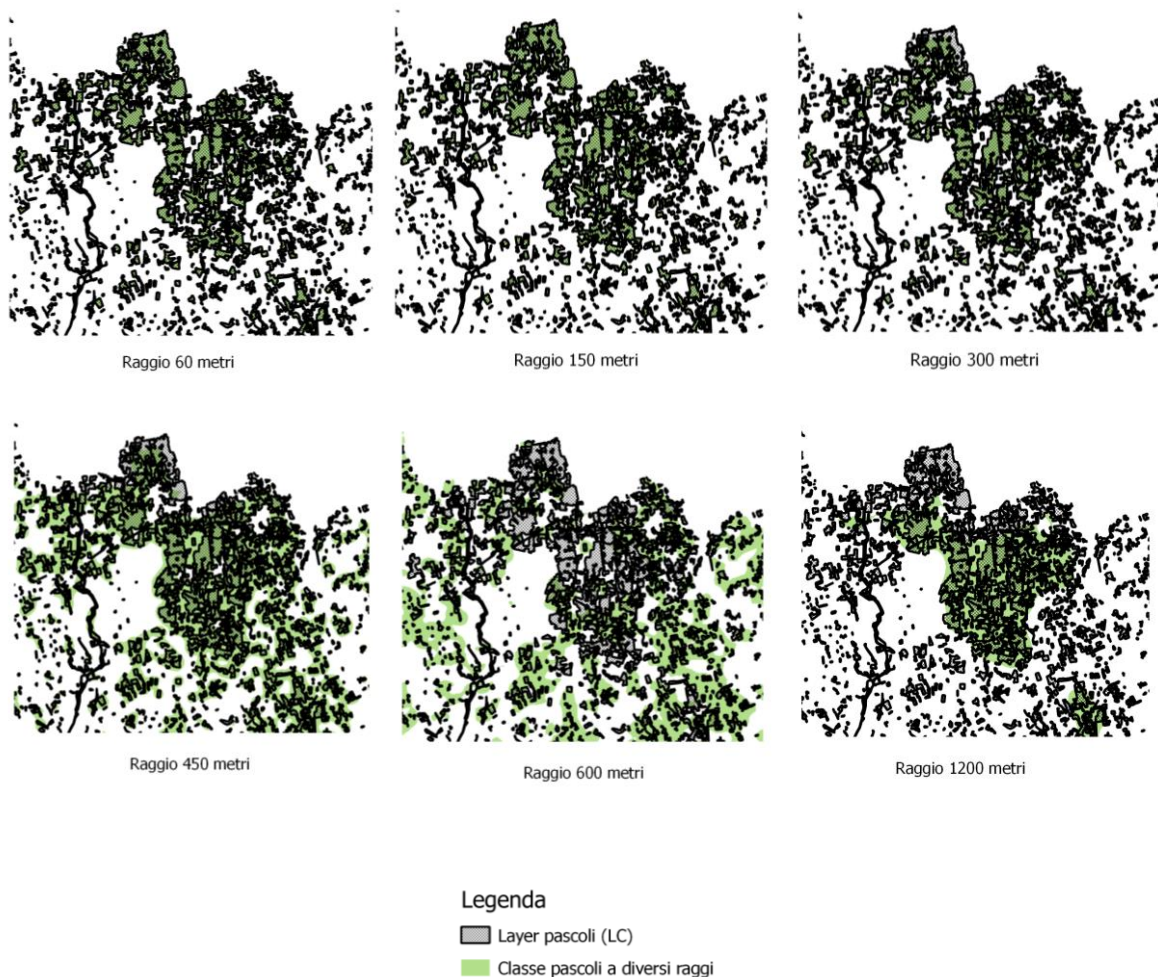


Figura 5.3. Dettaglio delle classi dei pascoli individuate con i diversi raggi d'analisi, confrontate con il corrispondente layer derivato dalla mappa di copertura del suolo

Definito quindi il raggio corretto, solamente per quest'ultimo è stata condotta un'analisi dettagliata dei dati, con il fine di identificare i vari clusters. Per questo passaggio si è andato a vedere quanti pixel dei 7 layer iniziali sono presenti in ciascun cluster (tabella 5.1). Questo in GIS è stato possibile creando una matrice che incrocia il raster dei cluster con quello dei layer iniziali, identificando univocamente i pixel di una data tipologia ambientale presenti in un dato cluster. Usando poi il plugin Semi-Automatic Classification è stato possibile quantificare automaticamente a quanto ammontano questi pixel.

Per la procedura di identificazione dei clusters si è tenuto conto delle percentuali di pixel appartenenti ai layer di partenza presenti in ciascun cluster (tabella 5.2), calcolate rispetto al numero totale dei pixel del rispettivo cluster. Queste permettono di identificare la tipologia delle varie classi: se c'è una sola percentuale molto elevata, o per così dire dominante, questa permetterà di identificare un ambiente pilastro; al contrario se più tipologie ambientali di partenza sono presenti con una percentuale elevata e simile si è in presenza di un ambiente di transizione tra due o più ambienti pilastri.

Soprattutto per identificare correttamente i cluster di transizione è importante prendere in considerazione anche in che cluster è presente il maggior numero di pixel per ogni layer di partenza, come si può vedere dalla figura 5.4. Tenendo conto solo delle percentuali si avrebbero dei risultati molto spesso sbilanciati in favore del layer dei seminativi, perché questo è di partenza molto esteso. Si è già visto in precedenza come il terreno classificato dalla CLC come seminativi corrisponde infatti al 70% dell'area di studio, e in termini di pixel il layer in questione ne contiene 2'435'864, cioè circa il 60% dei pixel totali.

Un'altra cosa da tenere in considerazione per una corretta identificazione è anche la consistenza, in termini di quantità di pixel, dei vari clusters. Infatti dei 4'168'997 pixel totali, più del 40% sono presenti in un unico cluster, il 4, e i restanti si suddividono principalmente in altre quattro classi. Questo significa che, se la percentuale di pixel di un layer risulta la più elevata per diversi cluster, sarà un dato rilevante nel caso di classi numericamente significative e andrà, probabilmente, ad identificare un ambiente pilastro, al contrario avrà un'importanza minore e indicherà un cluster di transizione.

Tabella 5.1. Numero di pixel dei layer di partenza appartenenti a ciascun cluster (raggio 300 m)

		Cluster												Tot
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Layer di partenza	Urbano	3982	493702	5148	112813	7756	23638	16363	27513	21984	31915	21007	127856	893677
	Seminativi	19546	70247	4868	1607246	14531	214428	53517	113583	23285	34646	19522	260445	2435864
	Perm.	958	6206	543	9818	9916	72988	3023	8208	22913	5809	143562	11448	295392
	Pascoli	27199	10480	44625	8687	4905	2999	15256	18327	18758	50000	5850	23952	231038
	Foreste	498	2157	1832	2905	13032	923	6256	6703	194086	15507	10060	2688	256647
	Seminat	109	154	82	351	11322	44	501	95	456	267	8	103	13492
	Acqua	1792	2485	104	3632	877	804	25096	7233	61	148	627	28	42887
	tot	54084	585431	57202	1745452	62339	315824	120012	181662	281543	138292	200636	426520	4168997

Tabella 5.2. Percentuale di pixel appartenenti ai layer di partenza presenti in ciascun cluster rispetto al numero totale di pixel del rispettivo cluster (raggio 300 m)

		Cluster												% tot
		% 1	% 2	% 3	% 4	% 5	% 6	% 7	% 8	% 9	% 10	% 11	% 12	
Layer di partenza	Urbano	7.36	84.33	9.00	6.46	12.44	7.48	13.63	15.15	7.81	23.08	10.47	29.98	7.36
	Seminativi	36.14	12.00	8.51	92.08	23.31	67.89	44.59	62.52	8.27	25.05	9.73	61.06	36.14
	Perm.	1.77	1.06	0.95	0.56	15.91	23.11	2.52	4.52	8.14	4.20	71.55	2.68	1.77
	Pascoli	50.29	1.79	78.01	0.50	7.87	0.95	12.71	10.09	6.66	36.16	2.92	5.62	50.29
	Foreste	0.92	0.37	3.20	0.17	20.91	0.29	5.21	3.69	68.94	11.21	5.01	0.63	0.92
	Seminat.	0.20	0.03	0.14	0.02	18.16	0.01	0.42	0.05	0.16	0.19	0.00	0.02	0.20
	Acqua	3.31	0.42	0.18	0.21	1.41	0.25	20.91	3.98	0.02	0.11	0.31	0.01	3.31
	tot	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

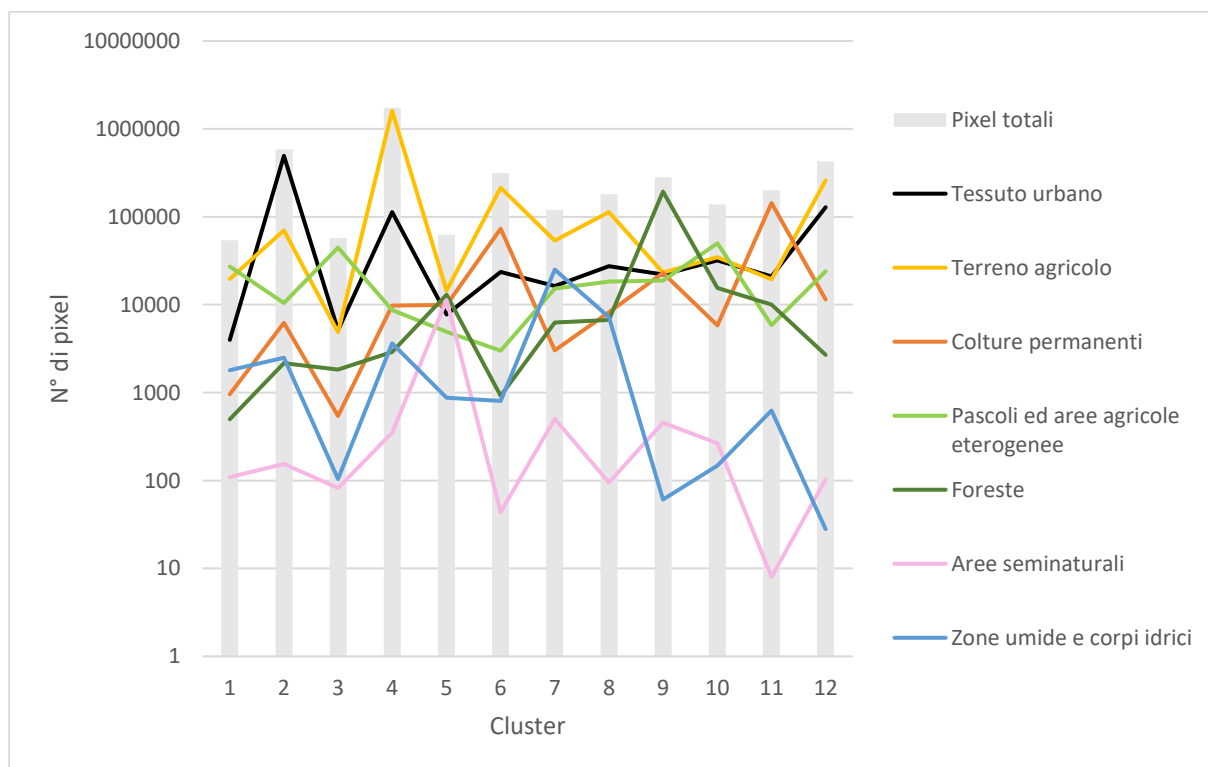


Figura 5.4. Grafico in scala logaritmica del numero di pixel dei layer di partenza appartenenti a ciascun cluster (raggio 300 m)

Utilizzando i due metodi sopra descritti i clusters 2, 3, 4, 9 e 11 sono stati identificati con facilità, infatti in quasi tutti questi casi il layer che rappresenta la percentuale maggiore del cluster, ha anche il maggior numero di pixel in quello stesso cluster. Il cluster 2 corrisponde al tessuto urbano, che copre le città di Padova, Vicenza e la rete urbana minore. Il cluster 4, il più esteso di tutti, comprende il terreno agricolo a seminativi. Il cluster 9 si sviluppa soprattutto in corrispondenza dei colli Euganei, dei monti Berici e della porzione nord-occidentale dell'area di studio, e rappresenta infatti le foreste. Infine il cluster 11 rappresenta l'ambiente a colture permanenti; è presente soprattutto in terreno veronese e in una porzione dei colli Euganei dove, in entrambi i casi, sono molto estesi i vigneti; inoltre contorna sia i colli che i monti Berici in corrispondenza dell'ambiente rurale che si sviluppa alla loro base. Il layer dei pascoli ed aree agricole eterogenee compone invece il 78% del cluster 3, andando così ad identificarlo sebbene sia qui presente solamente con la seconda quantità di pixel di partenza. Corrisponde alla porzione nord-occidentale dell'area di studio in cui sono effettivamente molto estesi i prati stabili.

Per i rimanenti cluster l'identificazione richiede più passaggi. Il cluster 1 è composto per il 50% dai pixel del layer pascoli e per il 36% da quelli del layer dei seminativi; rappresenta quindi l'ambiente di pascoli e zone eterogenee in transizione verso l'ambiente a seminativi; contorna infatti il cluster 3.

Nel cluster 5 le percentuali di terreni a seminativi, foreste e aree semi-naturali sono quasi a pari merito, tutte comprese tra il 18 e il 23%. Quasi tutti i pixel delle aree semi-naturali sono però presenti in questo cluster, quindi questo rappresenta l'ambiente principale in transizione verso l'ambiente a seminativi e di foresta.

Il cluster 6 è composto per il 68% da pixel del layer dei seminativi, mentre quasi tutti i rimanenti appartengono al layer colture permanenti (23% circa). In questa classe però il layer colture permanenti è presente con il secondo numero più elevato di pixel, quindi il cluster rappresenta l'ambiente delle colture permanente con transizione verso l'ambiente a seminativi.

Nel cluster 7 la percentuale maggiore appartiene al layer dei seminativi (44%), seguita dal layer dei corpi idrici (21%); quasi tutti i pixel appartenenti a quest'ultimo layer sono però presenti in questo cluster che quindi può essere identificato come ambiente acquatico e corrisponde infatti ai fiumi maggiori. Situazione simile si ha per il cluster 8 dove la percentuale maggiore di



pixel appartiene sempre al layer dei seminativi, ma quello dei corpi idrici è ugualmente ben rappresentato, anche se in quantità minore; il cluster può essere identificato come ambiente acquatico in transizione verso l'ambiente a seminativi e rappresenta infatti i fiumi minori. In linea generale tutti i corpi idrici, con il loro andamento lineare, presentano una densità minore rispetto all'ambiente circostante (nella maggior parte dei casi appunto terreno agricolo a seminativi) che spiega la sempre elevata presenza di pixel agricoli in questi due clusters; nel caso particolare di quelli minori, più sottili, questi non riescono a prevalere sul layer agricolo quindi compaiono solo come ambiente di transizione.

Il cluster 11 presenta le percentuali maggiori per i layer dei pascoli (36%) seguito da seminativi, urbano e foreste. In questo cluster è presente il maggior numero di pixel appartenenti al layer pascoli e il secondo maggiore del layer foreste, tipologie quindi che lo identificano come ambiente di transizione tra queste due classi pilastro. Contorna infatti le foreste dei colli Euganei e dei monti Berici, ma soprattutto è molto presente tra le foreste e i pascoli della porzione nord-occidentale dell'area di studio.

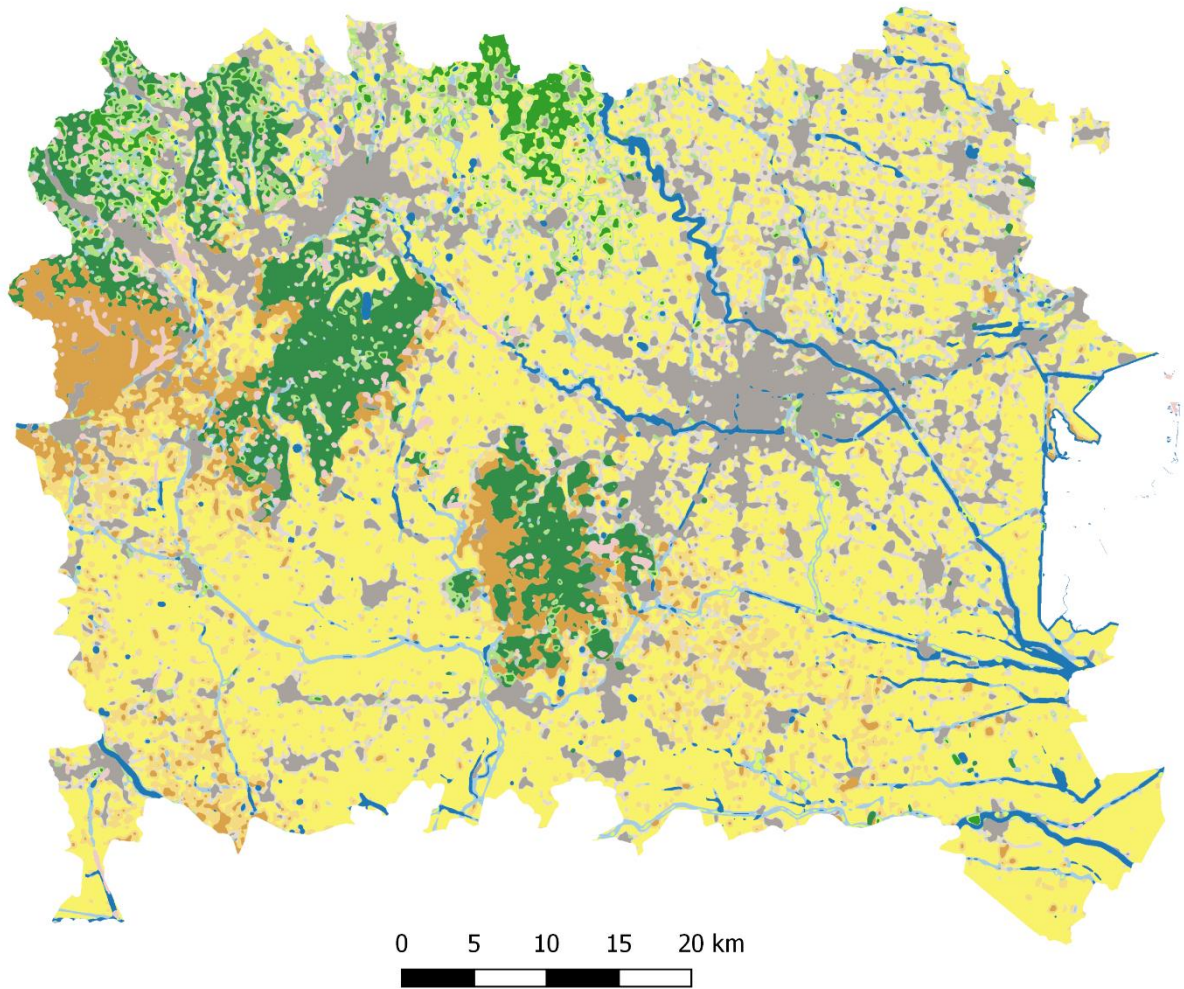
Infine il cluster 12 è praticamente composto dai soli layer terreno a seminativi (61%) e urbano (30%), e questa tendenza è confermata dal numero elevato di pixel appartenenti ai due layer presenti in questo cluster, che può essere identificato quindi come un ambiente di transizione tra i due.

La Kernel Density Estimation e la successiva Cluster Analysis hanno quindi dato origine a 12 classi, di cui 6 rappresentano degli ambienti pilastri e le restanti 6 degli ambienti di transizione. Rispetto alle 7 tipologie ambientali di partenza manca quindi un ambiente pilastro: quello delle aree semi-naturali. Questo succede perché già di partenza sono presenti in pochi e frammentati pixel (0,20% del totale) per cui ogni pixel presenta un basso valore di densità, che viene facilmente coperto dalle densità delle tipologie ambientali circostanti, con il risultato che non riescono a formare una loro classe pilastro.

Nella tabella 5.3 sono riepilogati i cluster pilastri e di transizione identificati grazie all'utilizzo delle matrici, mentre dalla figura 5.5 è possibile comprendere la loro disposizione spaziale.

Tabella 5.3. Identificazione dei cluster (300 m)

<b>Cluster</b>	<b>Descrizione</b>
<b>1</b>	Pascoli e aree agricole eterogenee con transizione verso il terreno a seminativi
<b>2</b>	Tessuto urbano
<b>3</b>	Pascoli ed aree agricole eterogenee
<b>4</b>	Terreno a seminativi
<b>5</b>	Aree semi-naturali con transizione verso il terreno a seminativi e le foreste
<b>6</b>	Colture permanenti con transizione verso il terreno a seminativi
<b>7</b>	Zone umide e corpi idrici
<b>8</b>	Corpi idrici con transizione verso il terreno a seminativi
<b>9</b>	Foreste
<b>10</b>	Pascoli ed aree agricole eterogenee con transizione verso le foreste
<b>11</b>	Colture permanenti
<b>12</b>	Terreno a seminativi con transizione verso il tessuto urbano



### Legenda

- Tessuto urbano
- Terreno agricolo - Tessuto urbano
- Terreno agricolo
- Colture permanenti - Terreno agricolo
- Colture permanenti
- Pascoli - Terreno agricolo
- Pascoli ed aree agricole eterogenee
- Pascoli - Foreste
- Foreste
- Aree seminaturali - Foreste - Agricolo
- Zone umide e corpi idrici
- Corpi idrici - Terreno agricolo

Figura 5.5. Risultato grafico dei cluster identificati (raggio di analisi 300 metri)

### 5.1.1. Confronto con l'analisi di un numero inferiore di PCs

In questa prima analisi è stato dunque considerato il paesaggio uscente dalla Cluster Analysis in seguito all'analisi di tutte e 7 le PCs. Si è voluto però andare a controllare gli eventuali cambiamenti a cui si assiste prendendo in considerazione solo una parte delle Componenti Principali uscenti dalla PCA, e quindi, di conseguenza, solo una porzione delle informazioni di partenza.

Dalla tabella delle statistiche (tabella 5.4) è possibile ricavare l'importanza delle Componenti Principali e la loro correlazione con ogni banda di partenza.

Tabella 5.4. Importanza delle Componenti Principali e correlazione di queste con ogni banda di partenza

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5	Comp. 6	Comp. 7
<b>Standard deviation</b>	0.2678671	0.1287729	0.08201344	0.06571089	0.04768431	0.016551191	0.0091358605
<b>Proportion of Variance</b>	0.7033856	0.1625564	0.06593635	0.04232818	0.02228978	0.002685427	0.0008181893
<b>Cumulative Proportion</b>	0.7033856	0.8659421	0.93187842	0.97420660	0.99649638	0.999181811	1.0000000000

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5	Comp. 6	Comp. 7
<b>Tessuto urbano</b>	-0.184	0.976					
<b>Terreno a seminativi</b>	-0.981	-0.189					
<b>Colture permanenti</b>			0.416	0.906			
<b>Pascoli ed aree agr. eterogenee</b>			0.211	-0.101	-0.967		
<b>Foreste</b>			0.879	-0.408	0.238		
<b>Aree seminaturali</b>							-0.999
<b>Zone umide e corpi idrici</b>						-0.997	

Scegliendo le prime 4 PCs si analizza il 97,4 % delle informazioni. Si ottengono però solamente 6 classi (tabella 5.5 e figura 5.6), in cui tessuto urbano, terreno a seminativi, colture permanenti e gli ambienti di transizione tra questi ambienti pilastri sono ben rappresentati, mentre foreste e pascoli sono condensati assieme al tessuto urbano nel cluster 1. I layers dei corpi idrici e delle aree seminaturali non sono invece nemmeno rappresentati.

Considerando invece le prime 5 o 6 PCs si prende in considerazione rispettivamente il 99,6 e 99,9% delle informazioni di partenza, e si creano 11 classi nel primo caso, 13 nel secondo. Confrontando questi risultati con i clusters del gradiente creato considerando tutte e 7 le PCs si nota che in tutti e tre i casi sono presenti i clusters pilastro, mentre ci sono alcune differenze tra i clusters di transizione. Con 5 o 6 PCs si forma un ambiente di foresta con transizione verso le colture permanenti non presente nel gradiente prima descritto, ma con 5 PCs non si ha un ambiente di foresta con transizione verso i pascoli presente invece negli altri due.

Le differenze più significative riguardano però i corpi idrici e le aree seminaturali. Considerando 5 componenti principali (tabella 5.6 e figura 5.7) i fiumi sono rappresentati in parte dal cluster di transizione tra pascoli e seminativi e in parte da quello tra corpi idrici e tessuto a seminativi; questo è dovuto, come detto anche in precedenza, alla bassa densità dell'elemento lineare. Non sempre poi vengono ben delineati, come succede in particolare nella parte nord dell'area di studio, dove sono presenti in maniera molto frammentata e coperti dai clusters agricoli o urbani.

Considerando 6 PCs (tabella 5.7 e figura 5.8) al contrario i fiumi sono molto netti e delineati, e rappresentati da un cluster pilastro corpi idrici e da uno di transizione tra corpi idrici e pascoli ed aree agricole eterogenee. Situazione simile anche considerando il 100% delle informazioni, in cui i fiumi sono rappresentati dal cluster dei corpi idrici e da quello di transizione tra corpi idrici e terreno a seminativi. Solamente in quest'ultima analisi vengono riportate le aree seminaturali, anche se in transizione con le foreste e il terreno a seminativi.

Questo succede perché le bande dei corpi idrici e delle aree seminaturali sono correlate rispettivamente alla penultima e ultima componente principale, per cui eliminando in percentuale una piccola parte di informazione si elimina in realtà quasi tutta quella relativa a questi ambienti.

Dunque pur avendo seguito per la stesura di questa tesi il procedimento proposto dallo studio di riferimento, potrebbe essere interessante prendere in considerazione per un'ulteriore analisi del paesaggio anche solo alcune delle PCs, nella misura in cui queste non comportino la scomparsa di classi importanti (es: i boschi aggregati all'urbano), ma di alcune componenti minori, generando un paesaggio di interesse che le contenga.

Tabella 5.5. Tabella e corrispondente grafico in scala logaritmica del numero di pixel dei layer di partenza appartenenti a ciascun cluster considerando 4 PCs

		Cluster						
		1	2	3	4	5	6	tot
Layer di partenza	Urbano	573991	85260	102987	48921	12394	70124	893677
	Seminativi	123088	129718	1556181	108107	344700	174070	2435864
	Perm.	22280	92	1429	225168	35939	10484	295392
	Pascoli	129174	19706	43290	24003	11455	3410	231038
	Foreste	202329	918	9750	40284	3361	5	256647
	Seminat	7996	345	1403	2717	707	324	13492
	Acqua	15717	2981	12712	4331	4856	2290	42887
	tot	1074575	239020	1727752	453531	413412	260707	4168997

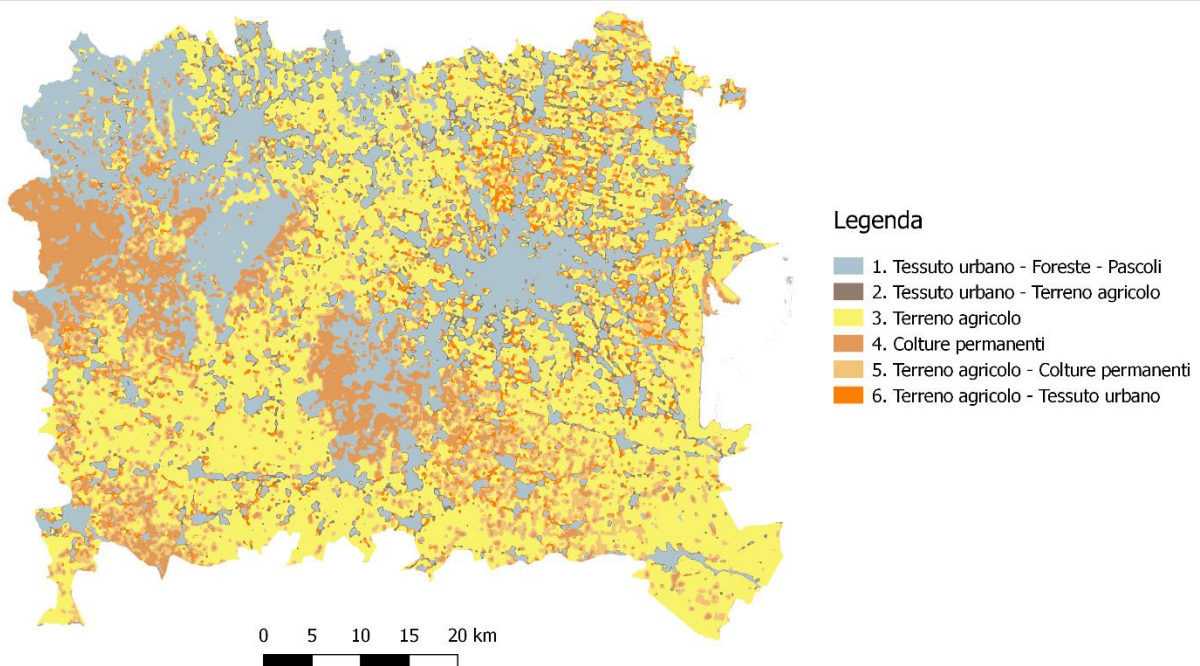
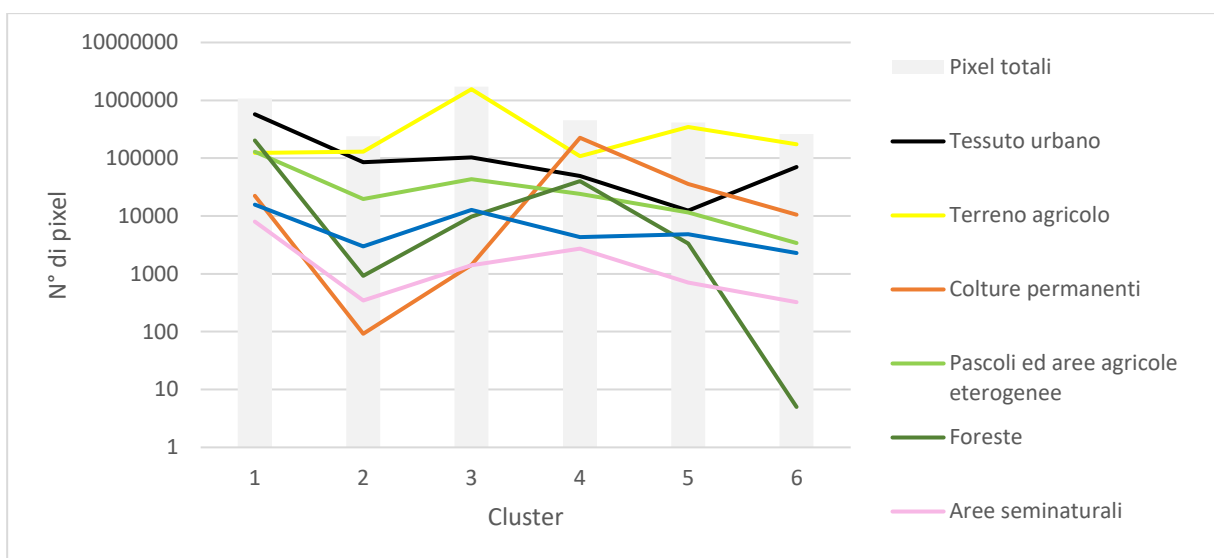


Figura 5.6. Risultato grafico dei cluster identificati considerando 4 PCs



Tabella 5.6. Tabella e corrispondente grafico in scala logaritmica del numero di pixel dei layer di partenza appartenenti a ciascun cluster considerando 5 PCs.

		Cluster											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	tot
Layer di partenza	Urbano	4386	449048	20234	57729	28208	15370	199478	31088	19973	52951	15212	893677
	Seminativi	5399	38005	39991	1410831	39122	299055	396962	83542	17198	84524	21235	2435864
	Perm.	564	2822	2682	4099	54731	47678	19237	7190	12293	1891	142205	295392
	Pascoli	44920	8834	64995	7919	9313	10126	4833	40971	20391	14774	3962	231038
	Foreste	1483	1287	7483	2334	23527	822	1252	8901	194816	8977	5765	256647
	Seminat	132	572	861	922	2080	543	461	2491	3739	1033	658	13492
	Acqua	482	3786	5715	7561	1671	4601	2970	10385	794	4342	580	42887
	tot	57366	504354	141961	1491395	158652	378195	625193	184568	269204	168492	189617	4168997

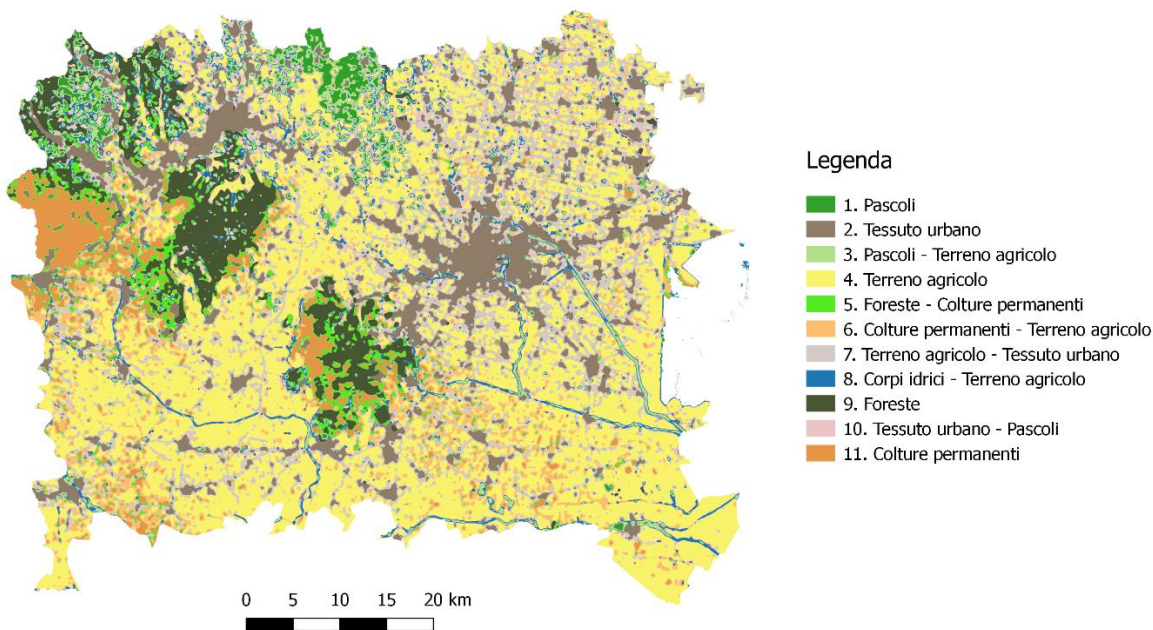
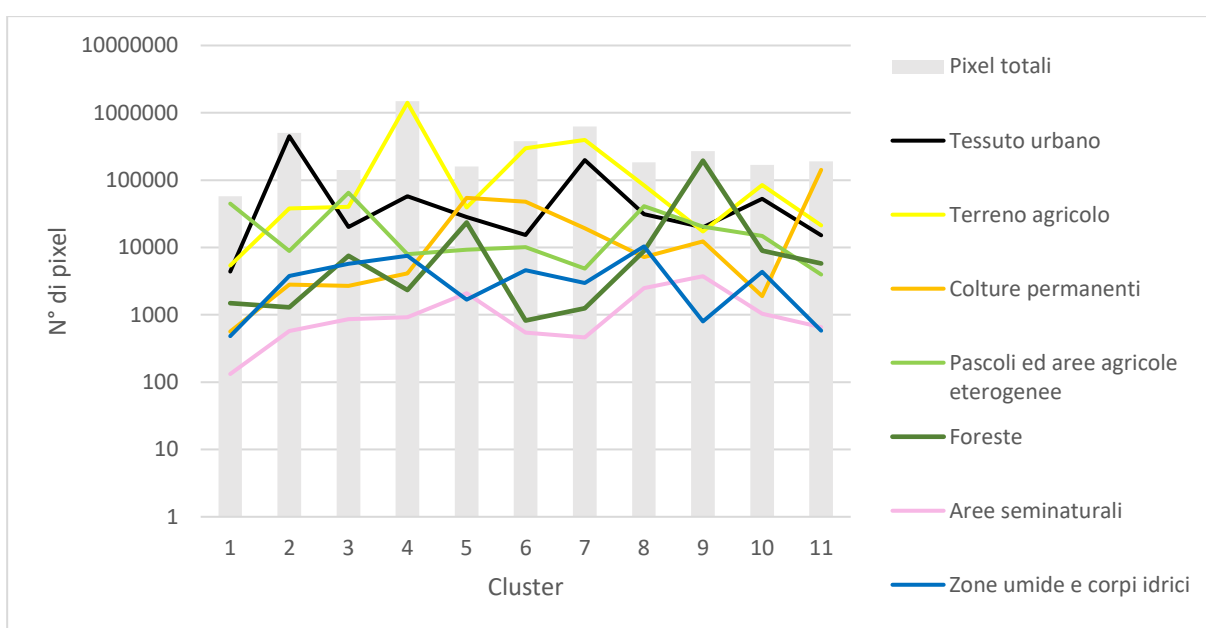


Figura 5.7. Risultato grafico dei cluster identificati considerando 5 PCs

Tabella 5.7. Tabella e corrispondente grafico in scala logaritmica del numero di pixel dei layer di partenza appartenenti a ciascun cluster considerando 6 PCs.

		Cluster													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	tot
Layer di partenza	Urbano	3249	461655	3208	129723	31898	2176	18122	17249	16418	33226	14447	12717	149589	893677
	Seminativi	9055	51330	2081	1739575	40330	36393	61858	55418	14969	16845	19063	127146	261801	2435864
	Perm.	558	3266	236	17010	53463	2804	3435	2908	10790	4056	137879	41954	17033	295392
	Pascoli	24646	7677	32149	12615	9171	18249	15669	23095	15498	46164	3642	169	22294	231038
	Foreste	924	1681	912	3330	27903	136	6461	2392	184768	16708	5448	2467	3517	256647
	Seminat	157	618	55	1070	2594	60	1678	820	3428	1536	638	96	742	13492
	Acqua	616	2338	23	5509	634	117	26670	5333	54	85	512	602	394	42887
	tot	39205	528565	38664	1908832	165993	59935	133893	107215	245925	118620	181629	185151	455370	4168997

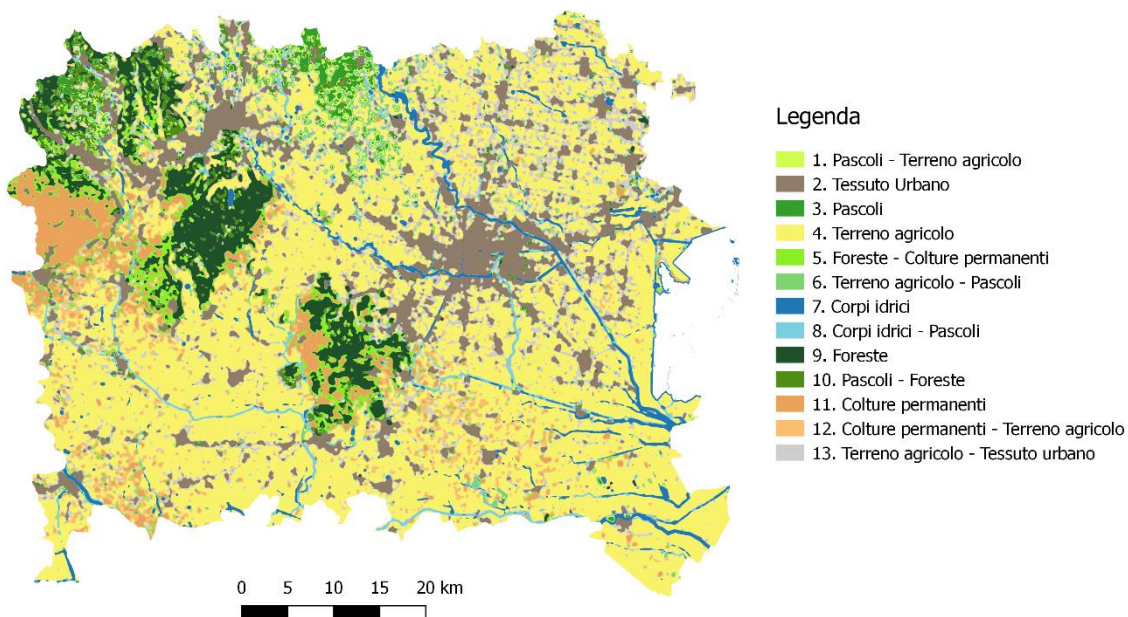
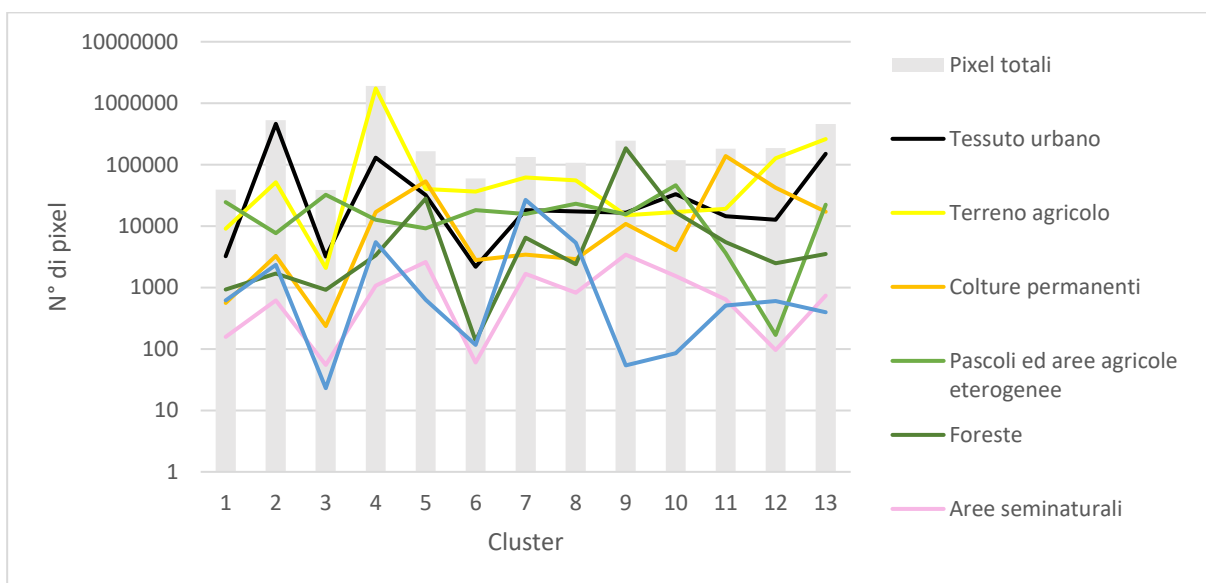


Figura 5.8. Risultato grafico dei cluster identificati considerando 6 PCs



### 5.1.2. Individuazione delle Aree Agricole ad Elevato Valore Naturalistico sulla base della copertura del suolo

Individuati ed identificati i cluster che descrivono il gradiente urbano – rurale - naturale del paesaggio preso in analisi, il successivo obiettivo era quello di assegnare o meno a ciascun cluster di ambiente rurale lo status di area agricola ad alto valore naturalistico, basandosi sulla tipologia di copertura del suolo.

Come primo passaggio sono stati mascherati tutti quei cluster non completamente appartenenti all'ambiente rurale, quindi il tessuto urbano, il terreno a seminativi con transizione verso il tessuto urbano e i corpi idrici.

Sono state invece ovviamente mantenute le classi del terreno a seminativi, delle colture permanenti e dei pascoli ed aree agricole eterogenee, con la classe di transizione tra gli ambienti pilastro pascoli – seminativi e quella tra acqua e seminativi. A queste si aggiungono anche i cluster delle foreste e delle aree semi naturali in transizione, che per la loro disposizione spaziale, prevalentemente colli Euganei e monti Berici, spesso si intrecciano con le aree destinate all'agricoltura.

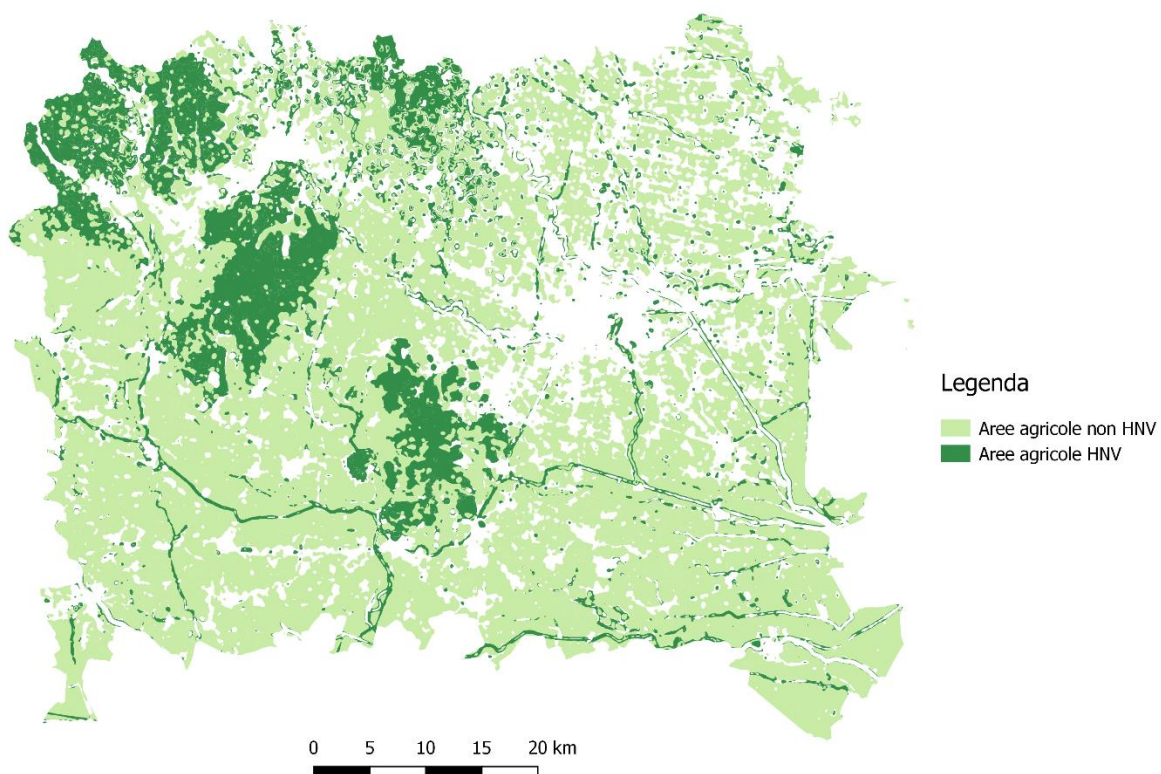
Queste ultime tipologie ambientali assieme ai pascoli e alle aree agricole eterogenee, sono la fonte principale di naturalità della porzione di Pianura Padano-Veneta studiata, costituendo quindi un elemento di riconoscimento delle aree agricole ad alto valore naturalistico. Questa assunzione è confermata anche dall'autrice Paracchini (Paracchini et al. 2008) che, nel suo studio di identificazione delle HNVf utilizzando l'approccio della copertura del suolo, indica come classi CLC associate ad un altro valore naturalistico delle aree agricole proprio quelle indicanti i prati stabili (2.3), le zone agricole eterogenee (2.4) e le zone semi naturali caratterizzate da vegetazione arbustiva/erbacea (3.2). Anche la classe di transizione tra acqua e terreno agricolo a seminativi è considerata ad elevata naturalità più che altro per la sua funzione di corridoio ecologico; garantisce infatti la connettività tra le varie possibili HNVf.

Mantenendo quindi le classi pascoli e foreste, più la classe di transizione tra questi due ambienti pilastro e quella di transizione tra acqua e seminativi come sicure aree agricole ad alto valore naturalistico, e considerando invece seminativi, colture permanenti e la classe di transizione colture permanenti – terreno a seminativi aree rurali non HNV, si sono poi sondate varie possibilità includendo o meno tra le HNVf le aree di transizione tra cluster considerati ad alto valore naturalistico e altri che non lo sono. Questo perché essendo aree di transito non

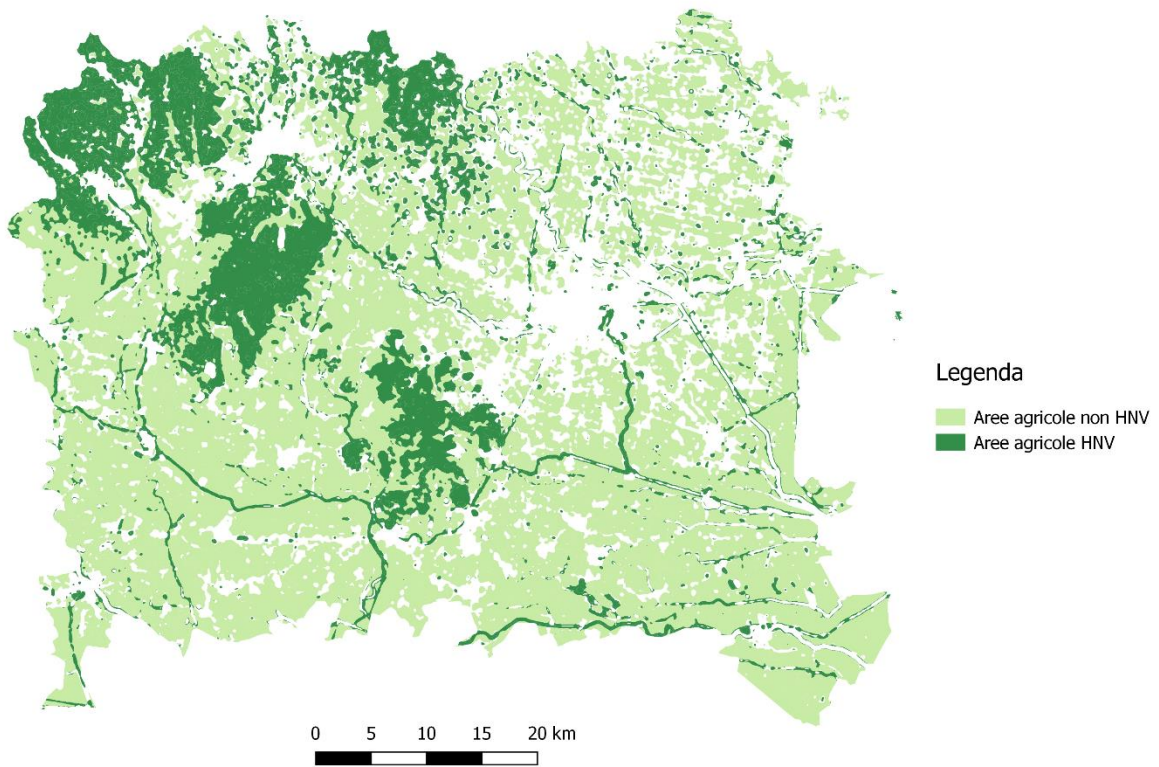
posseggono di certo lo stesso livello di naturalità degli ambienti pilastro, ma allo stesso tempo contengono degli elementi di naturalità che le migliorano rispetto al solo terreno a seminativi o alle sole colture permanenti.

Sono state dunque fatte due ipotesi (figure 5.9 e 5.10) considerando le aree semi naturali con transizione verso il terreno a seminativi e le foreste, e i pascoli con transizione verso il terreno a seminativi come area HNVf solamente nella seconda ipotesi.

Nel primo caso le aree agricole HNV corrispondono all'15,8% dell'area di studio, mentre considerare per questa analisi anche i cluster di transizione fa aumentare la superficie agricola considerata HNV del 2,8%, aumentando di conseguenza anche la naturalità e la biodiversità dell'area di studio. Ma anche nel caso in cui non vengano considerate, queste aree di transizione rivestono una certa importanza: possono infatti fungere da zona buffer tra clusters non HNV e HNV, filtrando un possibile disturbo applicato dai primi nei confronti dei secondi.



*Figura 5.9. Prima ipotesi di aree agricole HNV, considerando solo pascoli, foreste e il cluster di transizione acqua-seminativi*



*Figura 5.10. Seconda ipotesi di aree agricole HNV, considerando pascoli, foreste, l'ambiente di transizione acqua seminativi, quello pascoli-foreste e quello aree seminaturali - foreste – terreno seminativi*

## 5.2. Individuazione delle Aree Agricole ad Elevato Valore Naturalistico integrando i dati della copertura del suolo con l'intensità delle pratiche agricole

Come ulteriore analisi per identificare le potenziali aree agricole HNV all'interno dell'area di studio è stato seguito lo stesso procedimento dello studio di riferimento, integrando i dati relativi all'intensità dell'uso del suolo con quelli dell'intensità delle pratiche agricole. Questa elaborazione ha portato alla formazione di 16 classi.

Il primo passaggio dell'analisi dei risultati prevede di individuare le classi sulla base della copertura del suolo, mentre in seconda fase si andranno a differenziare i clusters di tipologia rurale sulla base dell'intensità delle pratiche agricole.

L'aggiunta dei dati dell'intensità delle pratiche agricole aiuta a discriminare tra ambienti rurali e non, infatti in alcuni casi le classi appartenenti alla prima tipologia sono composte quasi unicamente dai pixel dei layers dei seminativi, delle colture permanenti e dei pascoli. Sarebbe più corretto dire che l'aggiunta di questi dati differenzia in particolar modo quelle classi legate ai seminativi, per i quali sono disponibili tutti e tre i dati statistici di partenza, diversamente dalle colture permanenti e dai pascoli per cui si hanno informazione solamente sul carico di bestiame e sul volume di acqua utilizzata per l'irrigazione. Sulla base quindi di queste osservazioni alla tipologia terreno a seminativi corrispondono quattro clusters (1, 4, 8 e 14), all'ambiente di transizione tra seminativi e colture permanenti due classi (6 e 12) e a quello tra seminativi e pascoli un solo cluster (3).

Le colture permanenti e i pascoli ed aree agricole eterogenee sono invece state individuate controllando il numero di pixel di ciascun layer di partenza presenti in ciascun cluster (tabella 5.8), e sono stati identificati rispettivamente nei clusters 10 e 16.

Come per l'analisi della sola copertura del suolo si crea anche un ambiente urbano (cluster 2) circondato da un ambiente urbano in transizione verso le colture permanenti e il terreno a seminativi (cluster 5); il cluster 7 è identificabile con le zone umide e i corpi idrici mentre il cluster 13, che lo contorna, è un ambiente di transizione tra i corpi idrici e i seminativi.

Le foreste, sempre prevalentemente corrispondenti ai colli Euganei e ai monti Berici, corrispondono al cluster 11, mentre sono presenti come ambiente di transizione verso le colture permanenti nel cluster 9. Quest'ultimo nella parte nord-occidentale può in alcuni casi essere considerato più in transizione verso i pascoli. Infine anche questa Cluster Analysis ha

permesso la formazione di una classe in cui domina la presenza delle aree seminaturali (cluster 15).

Tabella 5.8. Numero di pixel dei layer di partenza appartenenti a ciascun cluster

		Cluster							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Layer di partenza	Urbano	0	342772	2	0	449668	0	6264	0
	Seminativi	820268	23401	67183	558661	579	526614	17888	17034
	Perm.	0	14698	19699	28123	14238	47586	1344	3318
	Pascoli	0	10570	102842	9655	2854	194	9972	1233
	Foreste	0	1097	0	0	12155	0	4565	0
	Seminat	0	149	0	19	1426	0	391	0
	Acqua	0	2032	0	1	15863	0	16635	0
	tot	820268	394719	189726	596459	496783	574394	57059	21585

		Cluster								
		9	10	11	12	13	14	15	16	tot
Layer di partenza	Urbano	24299	23075	7835	0	14099	0	3312	22351	893677
	Seminativi	7472	101288	4226	150146	69255	19714	5966	46169	2435864
	Perm.	46837	60205	1583	52817	798	683	2489	974	295392
	Pascoli	24896	2190	3468	13758	1674	962	2793	43977	231038
	Foreste	65756	8100	146952	0	552	0	8474	8996	256647
	Seminat	765	529	428	0	89	0	9249	447	13492
	Acqua	650	1119	34	0	5157	0	627	769	42887
	tot	170675	196506	164526	216721	91624	21359	32910	123683	4168997

Tabella 5.9. Identificazione dei clusters sulla base dell'intensità della copertura del suolo

	Descrizione
1	Terreno a seminativi
2	Tessuto urbano
3	Pascoli ed aree agricole eterogenee con transizione verso il terreno a seminativi
4	Terreno a seminativi
5	Tessuto urbano in transizione
6	Colture permanenti con transizione verso il terreno a seminativi
7	Zone umide e corpi idrici
8	Terreno agricolo
9	Foreste con transizione verso le colture permanenti
10	Colture permanenti
11	Foreste
12	Terreno a seminativi con transizione verso le colture permanenti
13	Corpi idrici con transizione verso il terreno a seminativi
14	Terreno a seminativi
15	Aree seminaturali
16	Pascoli ed aree agricole eterogenee

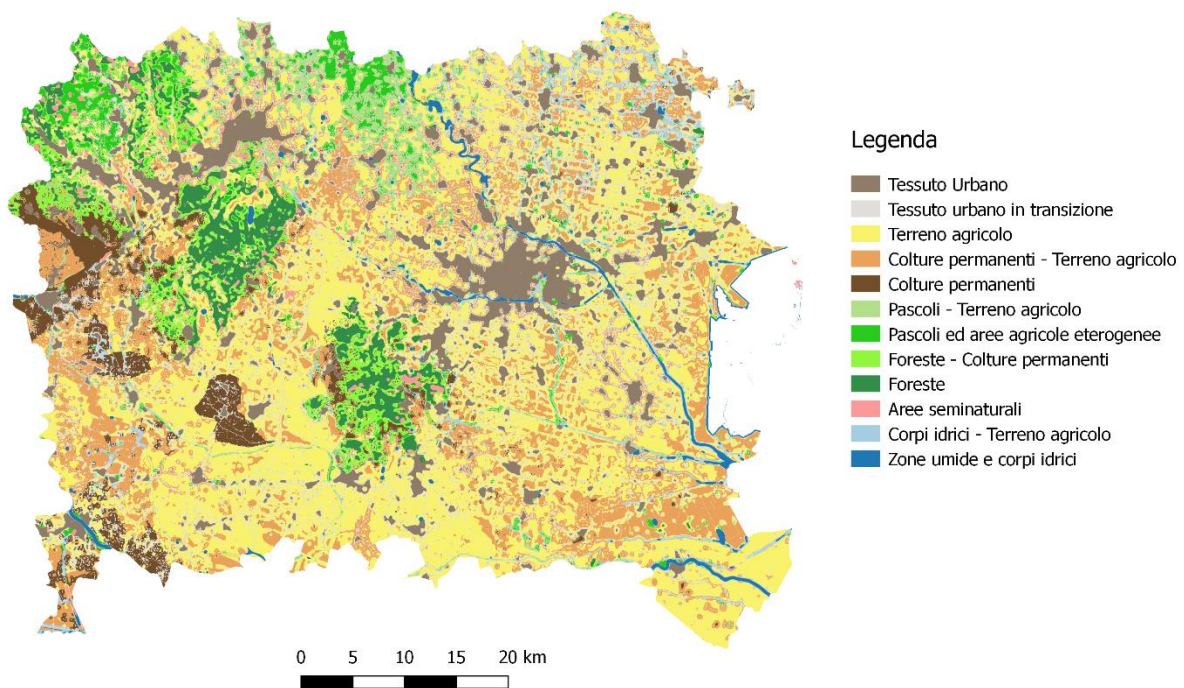


Figura 5.11. Risultato grafico dei cluster identificati sulla base dell'intensità della copertura del suolo

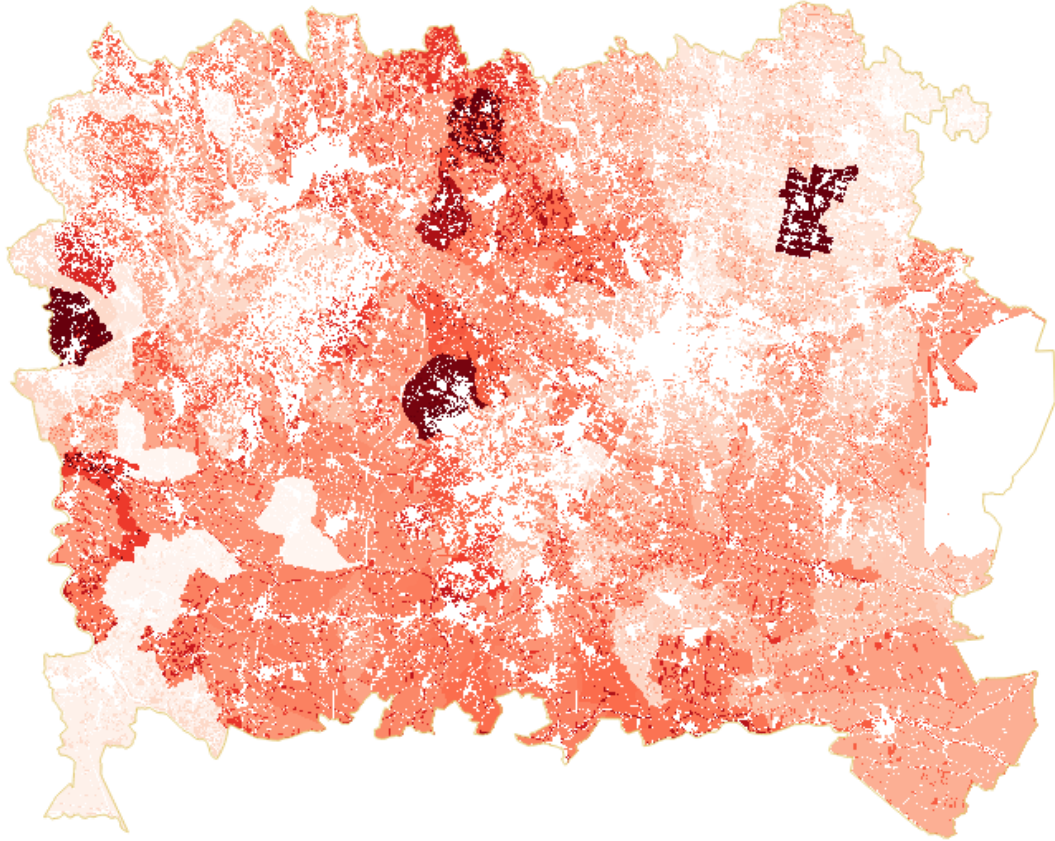
Il confronto quindi dei clusters appena creati (tabella 5.9 e figura 5.11) con il layer delle tipologie ambientali di partenza ha permesso di identificare anche in questo caso un gradiente urbano – rurale -naturale del paesaggio studiato. Rispetto al gradiente formatosi sulla base della sola analisi della densità della copertura del suolo, in questo caso si può notare la presenza di un ambiente di transizione tra le foreste e le colture permanenti che in parte si sovrappone a quello di transizione tra foreste e pascoli presente nella prima analisi del paesaggio.

Inoltre rispetto al precedente risultato una buona porzione dell'ambiente a seminativi risulta in transizione con l'ambiente delle colture permanenti.

Per l'ambiente rurale si è continuata l'analisi prendendo ora in considerazione l'intensità delle pratiche agricole. Per ogni pixel dell'area rurale è stata fatta la media dei valori di avvicendamento colturale, irrigazione e carico di bestiame, normalizzati tra 0 e 1, in modo da avere un valore unico di intensità. Nel fare la media è stato tenuto conto che i terreni a seminativi sono interessati da tre dati statistici, mentre le colture permanenti e i pascoli solamente da due.



In questo modo è possibile, prima di tutto, vedere come varia l'intensità delle pratiche agricole all'interno dell'area di studio (figura 5.12).



*Figura 5.12. Intensità totale delle pratiche agricole*

Utilizzando poi le statistiche zonali è stato calcolato un ulteriore valore medio dell'intensità delle pratiche agricole per ogni classe precedentemente individuata. Impostando delle soglie, che aggregano i valori vicini, è stato possibile differenziare quattro tipologie di classi di paesaggio: bassa, medio-bassa, medio-alta e alta intensità delle pratiche agricole.

Tra le classi a basse intensità si trovano le colture permanenti e quelle di transizione tra acqua e seminativi e tra colture permanenti e seminativi. A medio-basse intensità invece presenziano due classi di seminativi e i pascoli. Gli ambienti di transizione tra le foreste e le colture permanenti e tra i terreni seminativi e rispettivamente i pascoli e le colture permanenti hanno una media-alta intensità; infine le altre due classi di seminativi sono caratterizzati da alti livelli di intensità delle pratiche agricole (figura 5.13).

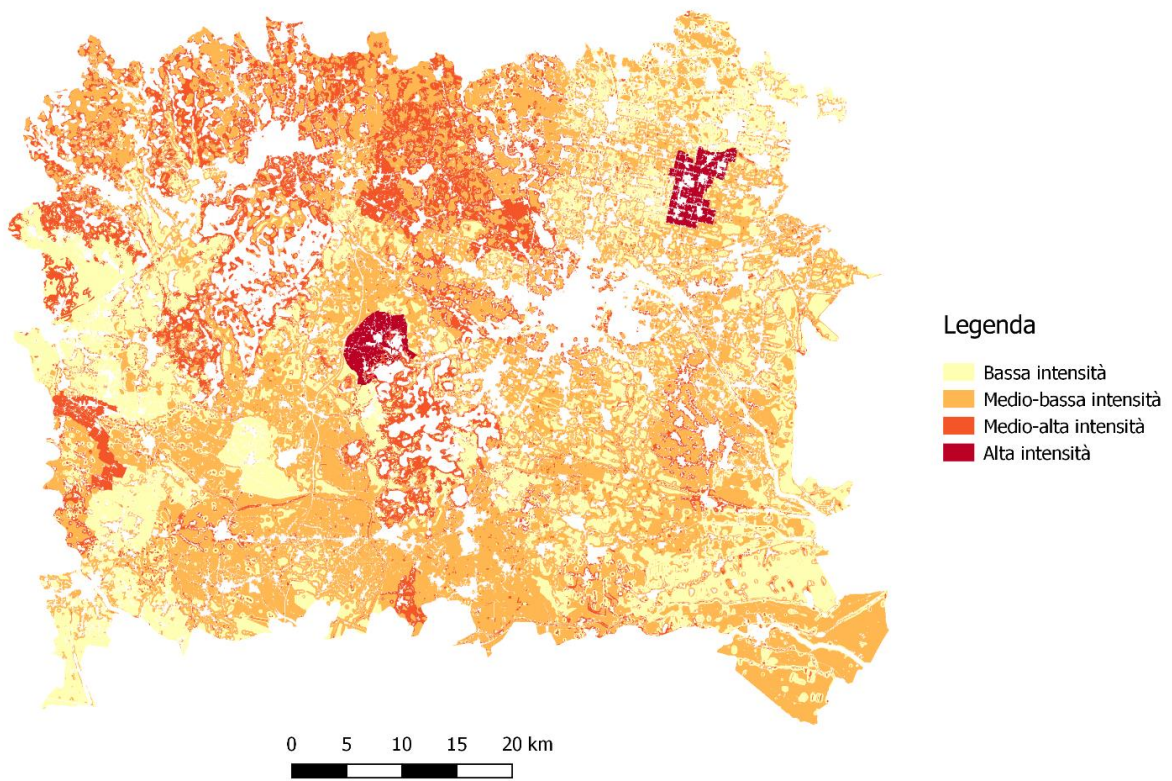


Figura 5.13. Classificazione delle varie classi del paesaggio sulla base dell'intensità delle pratiche agricole

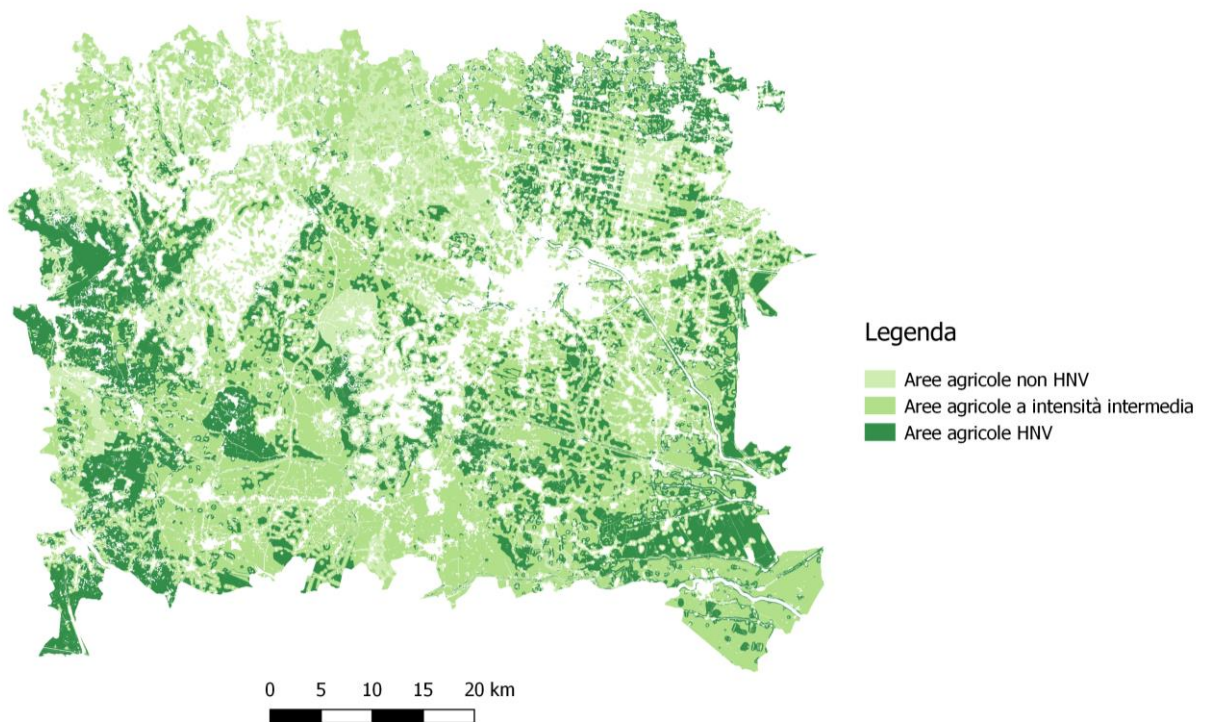


Figura 5.14. Individuazione delle aree HNV sulla base dell'intensità delle pratiche agricole



Sono quindi state scelte le classi a bassa intensità di pratiche agricole come potenziali aree agricole ad elevato valore naturalistico di seconda tipologia (figura 5.14). Nella mappa si sono volute comunque valorizzare anche le classi a medio-bassa intensità, differenziandole da quelle aree considerate invece totalmente non HNV.

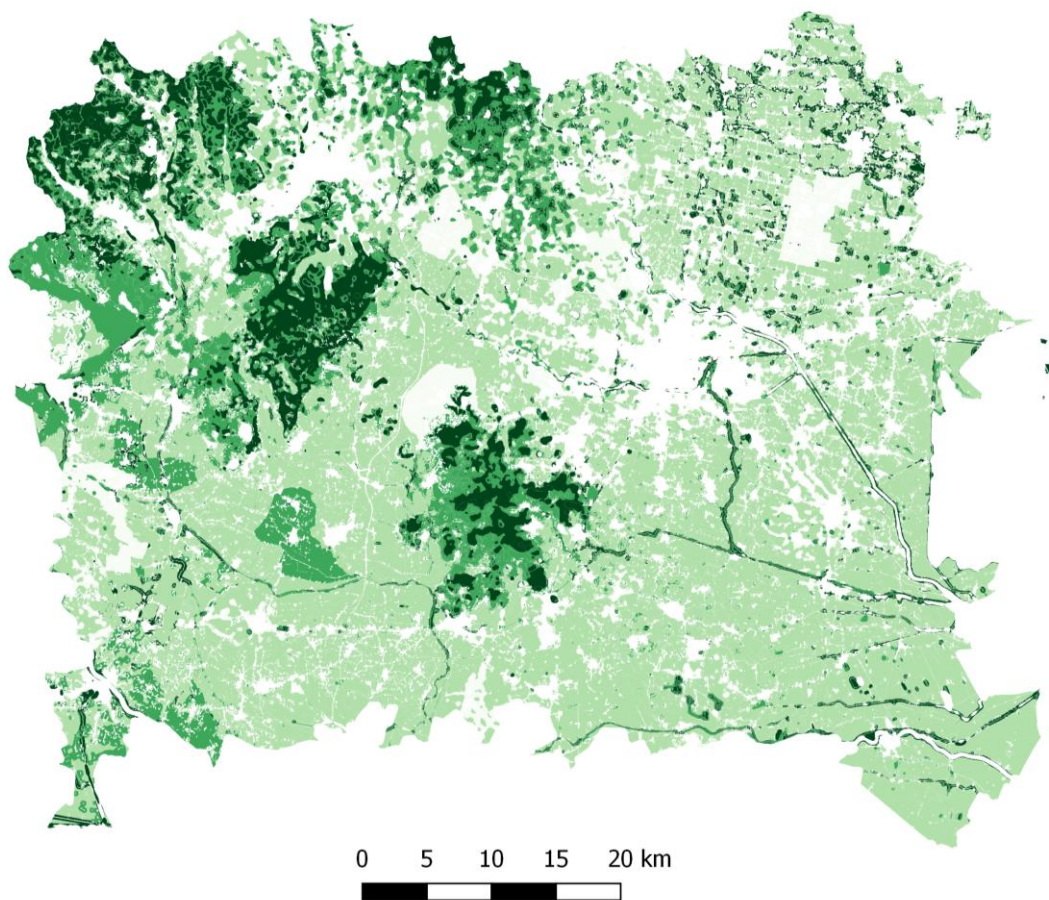
### 5.2.1. Individuazione delle aree agricole ad elevato valore naturalistico sulla base della naturalità e dell'intensità delle pratiche agricole

L'ultima possibile identificazione delle HNVf si basa sulla fusione dei due criteri precedentemente utilizzati, ovvero la presenza di copertura naturale all'interno delle aree rurali e l'adozione di basse o medie-basse intensità delle pratiche agricole.

Anche in questo caso sono stati presi in considerazione solamente i cluster appartenenti all'ambiente rurale, tralasciando quelli urbani e i corpi idrici. Per ciascuna classe di paesaggio rimanente sono stati assegnati due punteggi, entrambi da 0 a 1, basati sulla naturalità e sull'intensità delle pratiche agricole. Per quanto riguarda il primo criterio valori bassi sono stati assegnati a quelle aree precedentemente considerate HNVf (pascoli ed aree eterogenee, foreste, aree seminaturali e ambiente di transizione acqua-seminativi), valori elevati alle aree non HNV (seminativi e colture permanenti), infine valori intermedi alle aree di transizione. Per quanto riguarda le pratiche agricole le intensità medie sono state nuovamente normalizzate tra 0 e 1, rispettivamente da bassa ad alta intensità.

Per ogni cluster sono stati sommati questi due valori, e i risultanti permettono di differenziare le classi di paesaggio in varie categorie: in particolare è stato deciso di differenziarle in quattro raggruppamenti sulla base della loro più o meno elevata naturalità e intensità delle pratiche agricole. Le classi con valori di naturalità più elevati e di intensità delle pratiche agricole più bassi rappresentano le aree agricole potenzialmente HNV, che corrispondono alle foreste, alle aree seminaturali, ai pascoli e alla classe di transizione tra i corpi idrici e i terreni a seminativi. Nella mappa (figura 5.15) si è però scelto di riportare un risultato graduato, in modo da evidenziare anche altre classi significative nella definizione della valenza delle aree rurali, come ad esempio la classe di transizione tra pascoli e seminativi, quella tra foreste e colture permanente e l'ambiente pilastro delle colture permanenti.

In definitiva quindi, integrando i dati derivanti dalla mappa della copertura del suolo e del censimento sull'agricoltura di Istat, è stato possibile definire o quantomeno dare delle indicazioni sulle possibili aree agricole ad elevato valore naturalistico appartenenti alla prima e seconda tipologia presenti nella porzione di Pianura Padano-Veneta che è stata presa in analisi. Queste aree corrispondono al 10% considerando solo i valori le classi con maggiore naturalità e minore intensità delle pratiche agricole, mentre si raggiunge il 23% di superficie coperta tenendo conto anche delle altre aree con un significativo valore naturalistico.



#### Legenda

- Alta naturalità e bassa intensità delle pratiche agricole
- 
- Bassa naturalità e alta intensità delle pratiche agricole

*Figura 5.15. Gradiente del paesaggio sulla base della naturalità dell'uso del suolo e dell'intensità delle pratiche agricole.*

### 5.3. Valutazione della quantità dei servizi ecosistemici forniti dall'ambiente rurale

Le aree agricole ad alto valore naturalistico, come detto più volte, sono definite come aree caratterizzate da alti livelli di biodiversità; ci si aspetta dunque che siano in grado di fornire una maggiore quantità di servizi ecosistemici rispetto alle aree agricole non HNV. In questa ultima fase si è andati quindi a valutare la fornitura di vari servizi di regolazione, approvvigionamento e culturali da parte delle varie classi ambientali che formano il paesaggio. In particolare si sono scelti le classi create dalla fusione dei dati della copertura del suolo e dell'intensità delle pratiche agricole.

Sono stati analizzati 6 servizi di regolazione (regolazione del clima, regolazione dei nutrienti, regolazione del flusso idrico, purificazione dell'acqua, regolazione dell'erosione e regolazione dell'inquinamento), 2 servizi di approvvigionamento (fornitura di cibo e fibre) e 2 servizi culturali (paesaggio estetico e diversità naturale).

Il grafico (figura 5.16) mostra i pesi di ogni servizio ecosistemico, ottenuti facendo la media dei pesi delle varie classi suddivise nelle quattro categorie precedentemente individuate sulla base della naturalità e dell'intensità delle pratiche agricole.

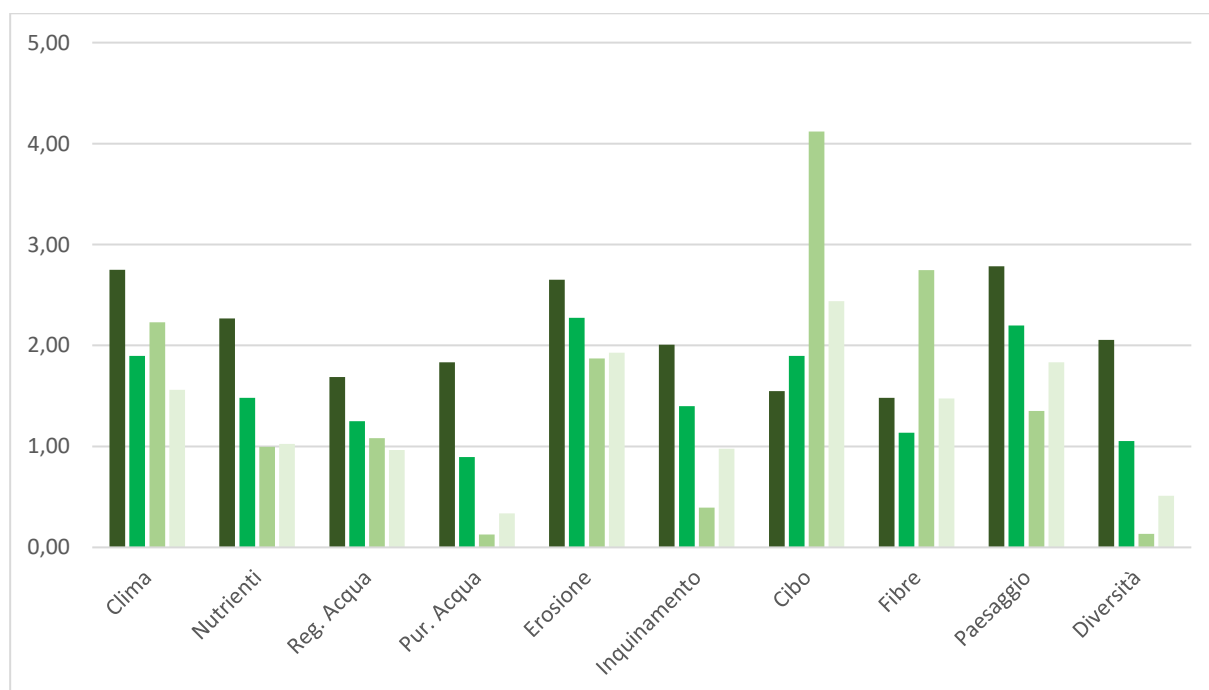


Figura 5.16. Peso della fornitura di ciascun servizio ecosistemico da parte delle aree agricole divise in quattro categorie sulla base della naturalità e dell'intensità delle pratiche agricole

In linea generale si può notare come le aree ad alta naturalità e bassa intensità delle pratiche agricole (prima e seconda barra), quindi quelle potenzialmente HNV, forniscano una maggiore quantità di tutti i servizi ecosistemici ad eccezione dei servizi di approvvigionamento; a fronte infatti di una minore intensità delle pratiche agricole risulta anche una minore produttività di cibo e fibre. La differenza tra aree potenzialmente HNV e non, è particolarmente evidente per i servizi di purificazione delle acque, di regolazione degli inquinanti e per la diversità naturale. Per quanto riguarda le classi a minore naturalità e maggiore intensità delle pratiche agricole (la terza e quarta barra), queste presentano dei punteggi minori rispetto alle classi a più elevato valore naturalistico, ma abbastanza simili tra di loro. Questo perché il metodo utilizzato si basa sulla copertura del suolo, e non tiene invece conto della diversa intensità delle pratiche agricole, per cui essendo tutte classi di terreno a seminativo o in transizione con le colture permanenti i pesi medi risultano simili.

Andando nel particolare (figura 5.17) si nota come le foreste siano l'ambiente in grado di fornire la quantità più elevata di servizi di regolazione e servizi culturali, seguite dalle aree seminaturali e dall'ambiente di transizione tra le foreste e le colture permanenti.

Nel primo caso si raggiungono pesi di fornitura in media quasi sempre superiori a 3 su 5, anche se è bene dire che la metodologia su cui si basa questo calcolo tiene conto della copertura del suolo al terzo livello della CLC. Questo non permette di prendere in considerazione, ad esempio, le foreste di robinie presenti sui colli Euganei, che in quanto vegetazione invasiva può concorrere alla riduzione della biodiversità e quindi della fornitura di servizi ecosistemici dell'ambiente forestale.

I pascoli e le aree agricole eterogenee presentano, diversamente da quanto ci si aspetta, un basso livello di fornitura dei servizi di regolazione e culturali e una elevata fornitura di cibo e fibre, quasi pari a quello delle aree agricole. Questo perché il cluster dei pascoli contiene un uguale quantità di pixel appartenenti a questo layer di partenza e al layer "terreno agricolo", per cui la valutazione dei servizi ecosistemici viene sbilanciata in questa direzione.

Per quanto riguarda l'ambiente agricolo e delle colture permanenti i servizi di approvvigionamento raggiungono pesi oltre i 3 su 5 per la fornitura di cibo, con un picco anche a circa 5 per l'ambiente di transizione tra le colture permanenti e il terreno agricolo; per la fornitura di fibre ci si ferma invece ad un peso di 2 su 5. Rimane invece molto bassa la fornitura

dei servizi di regolazione e dei servizi colturali; tra quest'ultimi la diversità naturale non supera mai il peso di 1 su 5, a causa dell'appiattimento paesaggistico e naturalistico causato dall'agricoltura intensiva. Anche in questo caso le differenze che si notano tra le varie classi a seminativi non dipendono tanto dall'intensità delle pratiche agricole adottate, ma dal numero di pixel dei layer di partenza presenti nelle varie tipologie ambientali.

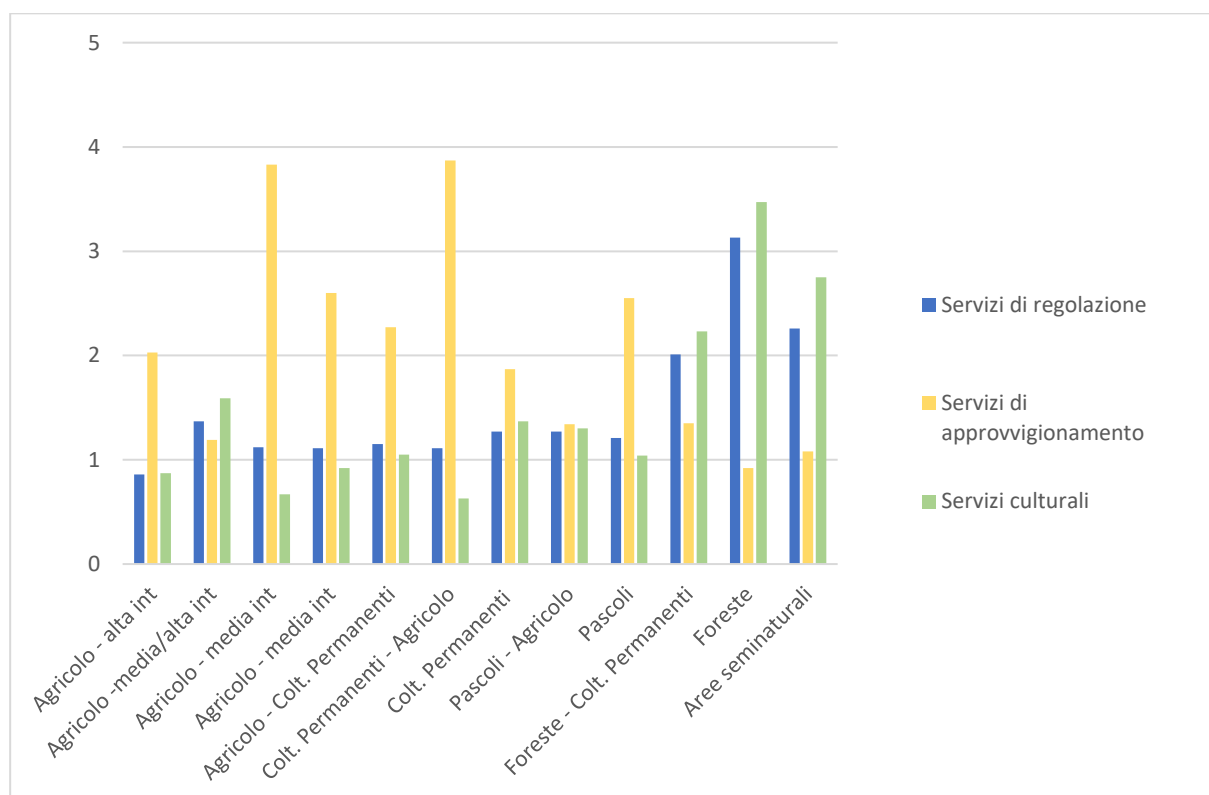


Figura 5.17. Grafico della fornitura dei servizi ecosistemici (raggruppati in categorie) da parte dei vari cluster che rappresentano l'ambiente rurale

Di seguito sono riportate alcune mappe (figure 5.18, 5.19, 5.20 e 5.21) che rappresentano graficamente la diversa fornitura di alcuni servizi ecosistemici da parte delle varie classi, evidenziando la distinzione tra aree agricole ad alto valore naturalistico e non. I valori su cui si basa la classificazione sono i pesi medi ricavati per ciascuna classe, riportati in tabella 5.10.

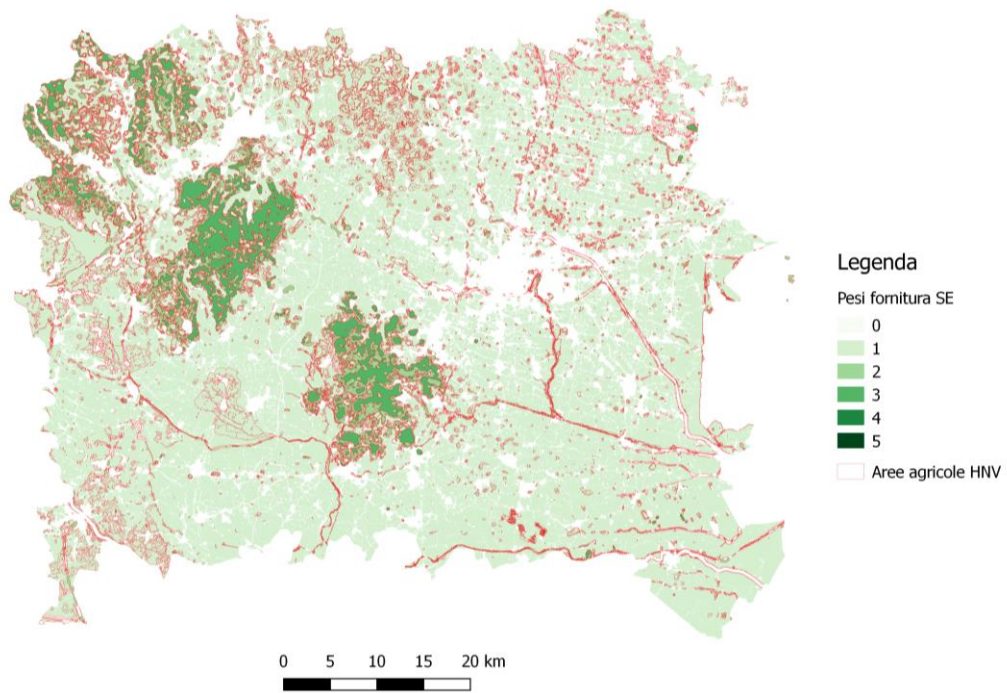


Figura 5.18. Pesi della fornitura del SE "regolazione dei nutrienti" con delimitazione delle aree agricole potenzialmente HNV

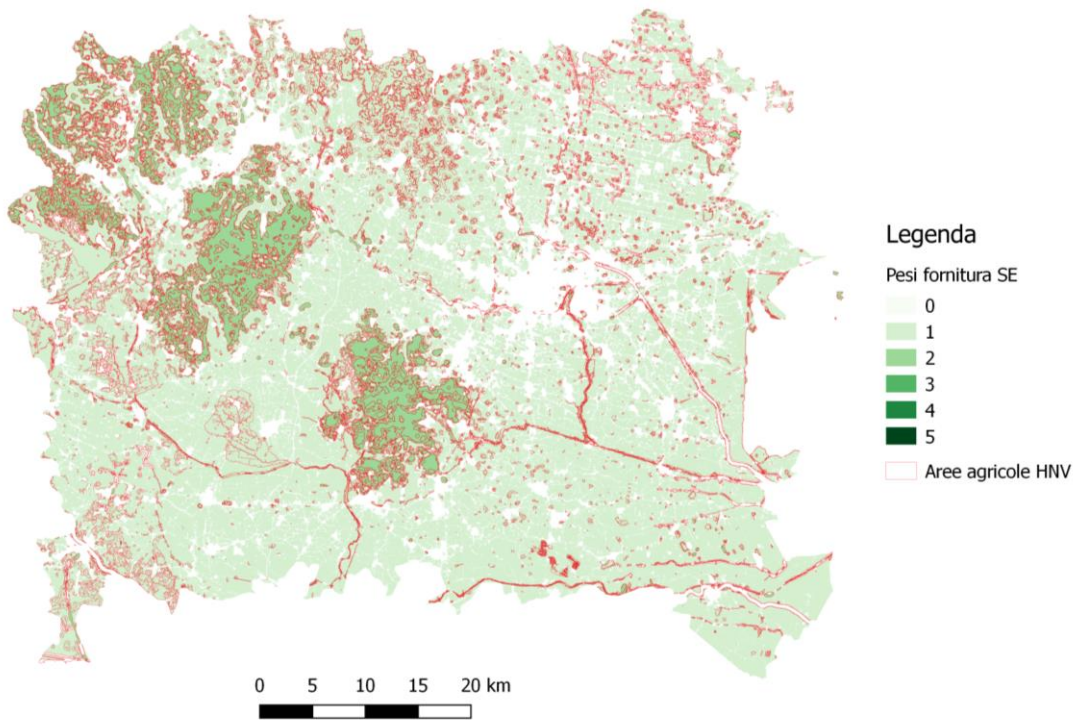


Figura 5.19. Pesi della fornitura del SE "regolazione del flusso idrico" con delimitazione delle aree agricole potenzialmente HNV



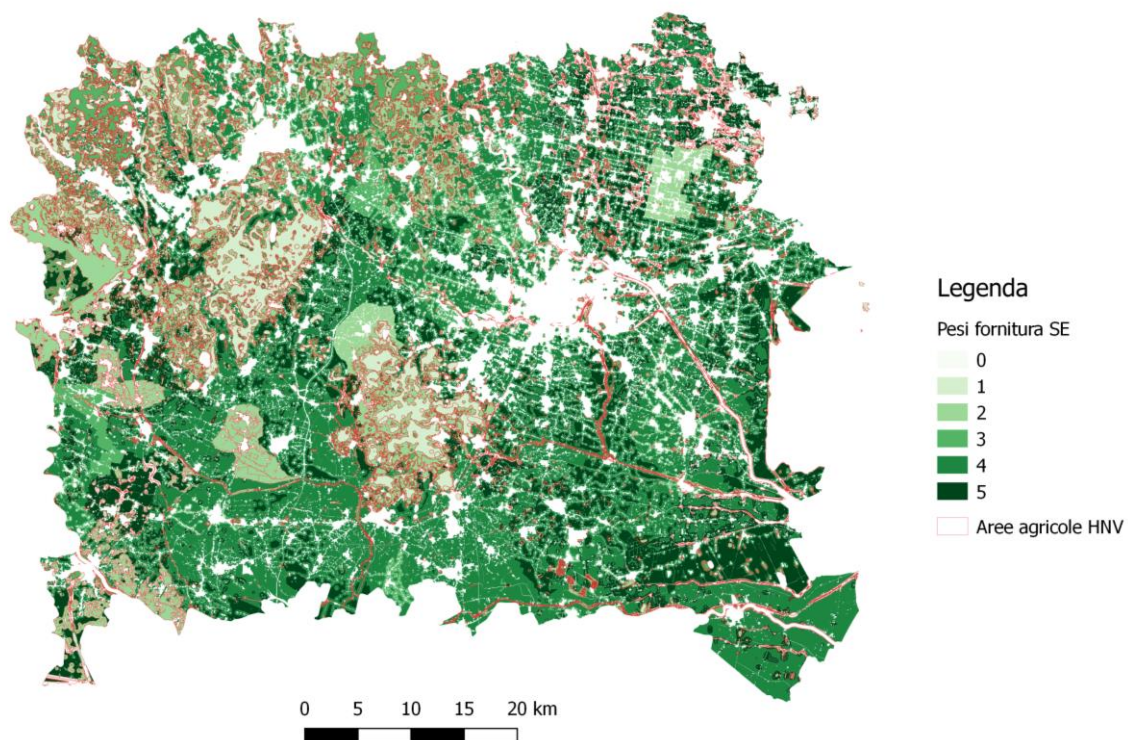


Figura 5.20. Pesi della fornitura del SE "cibo" con delimitazione delle aree agricole potenzialmente HNV

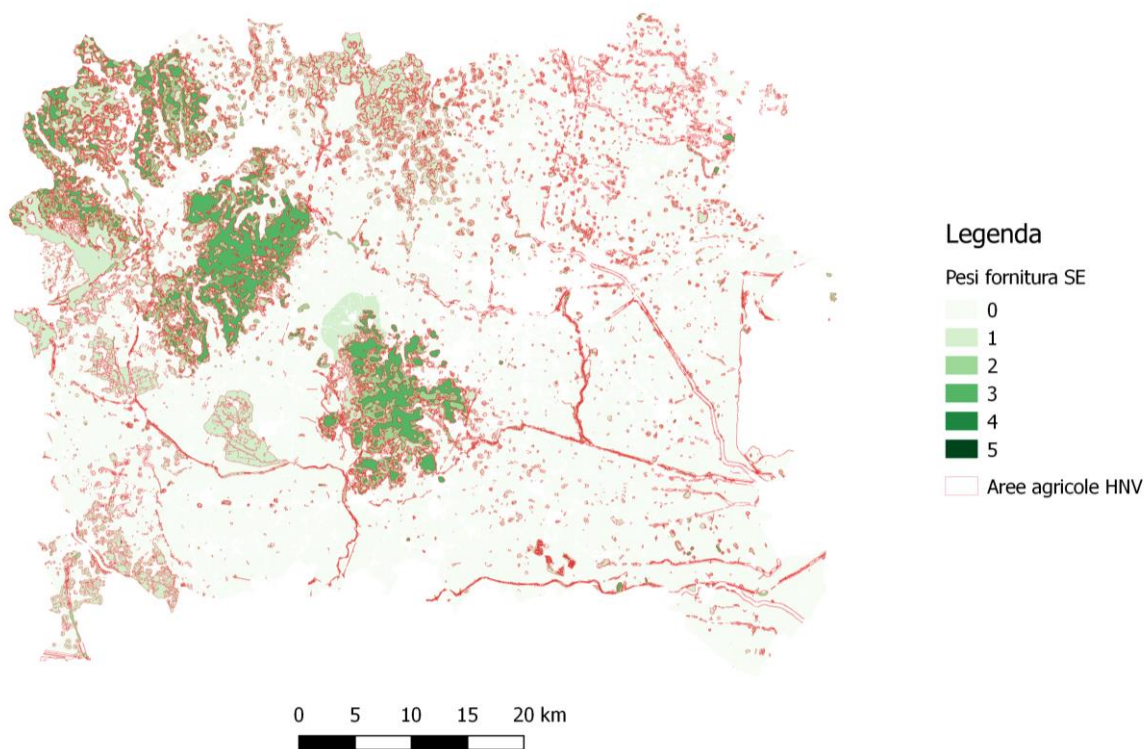


Figura 5.21. Pesi della fornitura del SE "diversità naturale" con delimitazione delle aree agricole potenzialmente HNV.

Tabella 5.10. Pesi medi della fornitura dei vari servizi ecosistemici da parte delle varie classi rurali del paesaggio

	Regolazione clima	Regolazione nutrienti	Regolazione acqua	Purificazione acqua	Regolazione dell'erosione	Regolazione dell'inquinamento	Fornitura di cibo	Fornitura di fibre	Paesaggio estetico	Diversità naturale
Agricolo (14)	1.46	0.67	0.67	0.02	1.67	0.65	2.47	1.58	1.51	0.22
Agricolo (8)	1.49	1.33	1.13	0.67	2.19	1.43	1.74	0.64	2.26	0.93
Agricolo (1)	2.38	0.97	1.13	0.12	1.82	0.28	4.22	3.44	1.21	0.13
Agricolo (4)	1.73	1.03	1.07	0.20	1.98	0.65	3.57	1.62	1.62	0.23
Agricolo - Colt. Perm.	1.62	1.08	1.09	0.31	1.92	0.85	3.10	1.44	1.73	0.38
Colt. Perm. - Agricolo	2.47	0.99	1.05	0.06	1.81	0.25	4.56	3.18	1.22	0.05
Colt. Permanenti	1.70	1.25	1.08	0.74	1.63	1.21	2.43	1.31	2.00	0.73
Pascoli - Agricolo	1.42	1.10	1.10	0.27	2.91	0.84	1.64	1.03	1.88	0.73
Pascoli	1.96	1.06	1.09	0.34	2.10	0.70	2.76	2.34	1.57	0.51
Foreste - Colt. Perm.	2.29	2.09	1.57	1.68	2.29	2.14	1.62	1.08	2.71	1.74
Foreste	3.49	3.37	2.22	3.13	3.21	3.39	0.71	1.13	3.72	3.22
Aree seminaturali	2.80	2.37	1.75	2.03	2.66	1.93	1.18	0.97	3.07	2.43



## 6. CONCLUSIONI

Il lavoro di tesi ha incentrato l'attenzione sulle aree agricole ad elevato valore naturalistico, in quanto ambiente chiave per la tutela della biodiversità in ambiente rurale. Come prevede la normativa europea di riferimento, il primo passo per la tutela e una possibile implementazione delle HNVf è la loro individuazione; in questo studio si è provato ad individuare le potenziali aree agricole HNV all'interno dell'area presa in analisi, utilizzando delle metodologie GIS.

Con l'approccio della copertura del suolo le aree potenzialmente HNV individuate ammontano al 18,6% dell'area totale, e al 25,5% dell'area rurale, individuata considerando oltre al terreno a seminativi, alle colture permanenti e ai pascoli anche le foreste e le aree seminaturali, che nell'area di studio sono ben integrate con l'ambiente agricolo.

Nel secondo approccio, considerando sia la copertura del suolo che l'intensità delle pratiche agricole le aree potenzialmente HNV ricoprono il 23% dell'intera area di studio e il 30% dell'ambiente considerato rurale. Queste aree corrispondono prima di tutto alle foreste, alle aree seminaturali, ai pascoli e alle aree di transizione tra acqua e seminativi, con l'aggiunta delle colture permanenti e degli ambienti di transizione dei seminativi con i pascoli e con le colture permanenti.

Le aree agricole ad elevato valore naturalistico nella porzione di Pianura Padano-Veneta considerata dipendono quindi quasi completamente dalla presenza di elementi naturali (prati stabili e foreste legate all'agricoltura), e in alcuni casi dalle basse intensità agricole che caratterizzano le colture permanenti, mentre i valori riscontrati di intensità delle pratiche agricole adottate nei terreni a seminativi rendono l'idea di un ambiente in cui l'impatto antropico è tendenzialmente medio-forte.

Probabilmente con dei dati statistici relativi alle pratiche agricole a maggior dettaglio rispetto a quelli a livello comunale usati in questo studio, si potrebbero ottenere dei risultati più diversificati e che portino ad esaltare anche piccole realtà virtuose. Tuttavia in questo studio si è voluta esplorare la potenzialità del metodo utilizzando dei dati open source, con la possibilità poi di applicarlo anche con dati più specifici, ad esempio a livello di azienda agricola. Inoltre bisogna riconoscere che l'analisi è stata condotta a livello di paesaggio, quindi si focalizza sugli andamenti generali dell'area di studio. Usando lo stesso metodo in un'area più ristretta potrebbero risultare delle classi di paesaggio più naturali o meno intensive anche tra

i seminativi; o ancora l'alto valore naturalistico potrebbe essere dato dalla presenza di alcuni elementi del paesaggio (siepi, filari e boschetti) che però non vengono considerati a questa scala. L'analisi sulla base dell'intensità delle pratiche agricole potrebbe risultare più precisa riuscendo a prendere in considerazione un maggior numero di variabili (ad esempio fitofarmaci, pesticidi, ecc.), dati che anche in questo caso non sono presenti come open source.

Infine è necessario puntualizzare che la suddivisione nelle varie classi di intensità non è basata su soglie predefinite, ma su una classificazione graduale in cui sono stati aggregati i valori di intensità simili, definendo così una scala di intensità caratteristica di quest'area di studio.

Per quanto riguarda il legame tra le HNVf potenziali e la fornitura di servizi ecosistemici, si è visto come in linea generale queste siano in grado di fornire una maggiore quantità sia dei servizi di regolazione che dei servizi culturali presi in analisi; come conseguenza delle basse intensità delle pratiche agricole a cui sono sottoposte, forniscono una minore quantità di cibo e fibre rispetto alle aree agricole non HNV.

È necessario comunque ricordare che le seguenti stime si basano su una tabella di conversione e non su osservazioni dirette, quindi il risultato può essere soggetto ad alcuni errori. Anche in questo caso il metodo può essere utile per avere un'idea generale della fornitura dei servizi ecosistemici, ma per avere un'analisi più dettagliata e corretta servirebbe approfondire lo studio ed utilizzare un metodo che consenta di andare oltre il 3 livello della Corine Land Cover. In conclusione, lo studio evidenzia l'importanza delle aree agricole ad elevato valore naturalistico per il mantenimento di significativi livelli di naturalità e biodiversità anche all'interno di aree rurali produttive. È auspicabile continuare con la loro individuazione, tenerne conto all'interno della pianificazione territoriale e tutelarle con apposite misure, come suggerito dalla Strategia Europea per la biodiversità. In questa direzione si stanno già muovendo i Piani di Sviluppo Rurale, che prevedono delle compensazioni dei costi aggiuntivi o del mancato reddito legato all'adozione di tecniche e processi agricoli compatibili con la salvaguardia della biodiversità e la fornitura dei servizi ecosistemici in ambiente rurale, ed è ora necessario che queste strategie vengano adottate in maniera sempre più diffusa.

## BIBLIOGRAFIA

- Andersen, E., Baldock, D. et al. (2003). *Developing a high nature value indicator. Report for the European Environment Agency*. Copenhagen.
- Arpav, Regione Veneto (2008). *Le Acque Sotterranee Della Pianura Veneta - I Risultati Del Progetto SAMPAS*. Padova.
- Birks, H. (1988). *The cultural landscape: past, present and future*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brambilla, M. et al. (2014). *Aree agricole ad alto valore naturale in Lombardia (2011-2013). Relazione tecnica*. Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Seveso.
- Buffa, G. (2015). *Dispense del corso di Pianificazione del paesaggio*, Università Ca' Foscari, Venezia.
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., Müller, F. (2014). *Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands-Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification*. Landscape Online, 32, 1–32.
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., Windhorst, W. (2009). *Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services - A Concept for Land-Cover Based Assessments*. Landscape Online , 5, 1–22.
- Cai, X., Wu, Z., Cheng, J. (2013). *Using Kernel Density Estimation to Assess the Spatial Pattern of Road Density and Its Impact on Landscape Fragmentation*. International Journal of Geographical Information Science, 27, 222–30.

Castiglioni, G.B. (1986). *Geomorfologia*. UTET, Torino

Cooper, T et al. (2007). *Final report for the study on HNV indicators for evaluation*. Institute for European Environmental Policy (IEEP), London

Dale, V.H. and Polasky, S. (2007). *Measures of the Effects of Agricultural Practices on Ecosystem Services*. *Ecological Economics*, 64(2), 286–96.

Di Somma, A. (2011). *L'uso Del Suolo Agrario d'Italia*. Valmar.

Gliessman, S.R. (2006). *The Agroecosystem Concept*. *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*, 23-32.

ISPRA (2010). *Aree Agricole Ad Alto Valore Naturale: Dall'individuazione Alla Gestione*. Roma

Jacobs, S., Burkhard, B., Van Daele, T., Staes, J., Schneiders, A. (2015). *The Matrix Reloaded: A Review of Expert Knowledge Use for Mapping Ecosystem Services*. *Ecological Modelling* 295, 21–30.

Johnson, R. A., Wichern D.W. (2002). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice-Hall, UpperSaddleRiver, NJ

Jolliffe, I.T., (1986). *Principal Component Analysis*. Springer-Verlag, New York

Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

MIPAAF (2016). *L'agricoltura Biologica nei PSR 2014 -2020. Working paper*. Roma

- Modica, G. et al. (2012). *Spatio-Temporal Analysis of the Urban-Rural Gradient Structure: An Application in a Mediterranean Mountainous Landscape (Serra San Bruno, Italy)*. *Earth System Dynamics*, 3, 263–79.
- Paracchini, M.L. et al. (2008). *High Nature Value Farmland in Europe - An Estimate of the Distribution Patterns on the Basis of Land Cover and Biodiversity Data*. Institute for Environment and Sustainability Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Ruffo, S. (2001). *Le Foreste Della Pianura Padana - Un Labirinto Dissolto*. Quaderni habitat.
- Servadei, L. (2015). *Il Ruolo Dei Piani Di Sviluppo Rurale 2014-2020*. *Capitale Naturale* 32, 33, 34.
- Smith, T. M. and Smith, R.L.. (2009). *Elementi Di Ecologia*. 6<sup>a</sup> edizione, Benjamin Cummings, San Francisco.
- Trisorio, A., Povellato, A., (2008). *High Nature Value Farming Systems in Italy : an economic perspective*. In Proceedings of the International conference Using Evaluation to Enhance the Rural Development Value of Agri-environmental Measures Pärnu (Estonia).
- Trisorio, A., De Natale, F., Pignatti, G. (2013). *Le aree agricole ad alto valore naturale in Italia: una stima a livello regionale*. *Agriregionieuropa*, 33.
- World Wildlife Fund and WWF (2014). *Living Planet Report 2014. Species and Spaces, People and Places*.
- Zhang, W. et al. (2007). *Ecosystem Services and Dis-Services to Agriculture*. *Ecological Economics*, 64(2), 253–60.

Vizzari, M., Antognelli, S. Mohamed Hilal, Maurizia Sigura, and Daniel Joly. 2015. "Ecosystem Services along the Urban-Rural-Natural Gradient: An Approach for a Wide Area Assessment and Mapping." Pp. 745–57 in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9157.

Vizzari, M., Sigura, M., Antognelli, S. (2015). *Ecosystem Services Demand, Supply and Budget along the Urban - Rural - Natural Gradient*. *The 43th International Symposium on Agricultural Engineering, Actual Task on Agricultural Engineering, February 24-27, Opatija, Croazia, pp.473-484*

Vizzari, M. (2011). *Spatial Modelling of Potential Landscape Quality*. *Applied Geography*, 31, 108–18.

## SITOGRAFIA

[www.arpa.veneto.it](http://www.arpa.veneto.it)

[www.biodiversity.europa.eu](http://www.biodiversity.europa.eu)

[www.cbd.int](http://www.cbd.int)

[www.grass.osgeo.org](http://www.grass.osgeo.org)

[www.idt.regione.veneto.it](http://www.idt.regione.veneto.it)

[www.ispraambiente.gov.it](http://www.ispraambiente.gov.it)

[www.istat.it](http://www.istat.it)

<https://landsat.usgs.gov/landsat-8>

[www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)

[www.parcocollieuganei.com](http://www.parcocollieuganei.com)

<https://plugins.qgis.org>

[www.politicheagricole.it](http://www.politicheagricole.it)

[www.R-project.org](http://www.R-project.org)

[www.saga-gis.org](http://www.saga-gis.org)

## Allegato I: Metadati

Titolo: Limiti amministrativi poligonali dei comuni della Regione Veneto

### Informazioni generali:

*Formato di pubblicazione:* shp (ESRI Shapefile)

*Data pubblicazione:* 08/12/2010

*Frequenza di aggiornamento:* Quando necessario

*Formato di presentazione:* Mappa digitale

*Descrizione:* Confini comunali poligonali

*Identificatore file:* c0104011\_Comuni

*Categoria tematica:* Confini

Parole chiave: Unità amministrative

*Tipo di rappresentazione spaziale:* Dati vettoriali

*Risoluzione spaziale (scala equivalente):* 10000

### Informazioni sull'estensione geografica:

*Longitudine Ovest:* 10.6229368792133

*Longitudine Est:* 13.1022304265516

*Latitudine Sud:* 44.7944402180517

*Latitudine Nord:* 46.680462222327

*Sistema di riferimento spaziale:* ROMA40/OVEST

### Proprietario e punto di contatto per la diffusione della georisorsa:

*Nome dell'Ente:* Regione Veneto, U.O. Pianificazione Territoriale Strategica e Cartografia

*Telefono:* +39 0412792577

*E-mail:* [pianificazione.territoriale@regione.veneto.it](mailto:pianificazione.territoriale@regione.veneto.it)

*Sito web:* <http://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/sistema-informativo-territoriale>



Distribuzione dei dati:

*Nome dell'Ente distributore:* Regione del Veneto - Area Tutela e Sviluppo del Territorio

*Telefono:* +39 0412792577

*E-mail:* [area.tutelasviluppoterritorio@regione.veneto.it](mailto:area.tutelasviluppoterritorio@regione.veneto.it)

*Risorsa on line:* <http://idt.regione.veneto.it>

Vincoli sui dati:

Limitazione d'uso dei dati: IODL 2.0

Vincoli di accesso ai dati: Licenza

Vincoli di fruibilità dei dati: Licenza

Altri vincoli sui dati: Dato pubblico

Vincoli di sicurezza: non classificato

Titolo: Banca dei dati della Carta della Copertura del Suolo aggiornamento 2012

Informazioni generali:

*Formato di pubblicazione:* shp (ESRI Shapefile)

*Data di pubblicazione:* 08/12/2010

*Frequenza di aggiornamento:* Non pianificato

*Formato di presentazione:* Mappa digitale

*Descrizione:* Seconda edizione della Banca Dati della Copertura del Suolo di tutto il territorio del Veneto al 2012 in formato vettoriale

*Identificatore file:* c0506121\_CCS2012S

*Categoria tematica:* Mappe di base, Immagini, Copertura terrestre

Parole chiave: Land cover

*Tipo di rappresentazione spaziale:* Dati vettoriali

*Risoluzione spaziale (scala equivalente):* 10000

*Informazioni supplementari:* scala nominale pari 1:10000; area tematica minima di 0,25 ettari; legenda articolata su 5 livelli in linea con la nomenclatura Corine Land Cover

Informazioni sull'estensione geografica:

*Longitudine Ovest:* 10.6229368792133

*Longitudine Est:* 13.1022304265516

*Latitudine Sud:* 44.7944402180517

*Latitudine Nord:* 46.680462222327

*Sistema di riferimento spaziale:* ROMA40/OVEST

Proprietario e punto di contatto per la diffusione della georisorsa:

*Nome dell'Ente:* Regione Veneto, Sezione Pianificazione Territoriale Strategica e Cartografia

*Telefono:* +39 041 2792577

*E-mail:* [ptrc.cartografia@regione.veneto.it](mailto:ptrc.cartografia@regione.veneto.it)

*Sito Web:* [http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/  
Cartografia+Regionale](http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Cartografia+Regionale)

Distribuzione dei dati:

*Nome dell'Ente distributore:* Regione Veneto, Sezione Pianificazione Territoriale Strategica e Cartografia

*Telefono:* +39 041 2792577

*E-mail:* [ptrc.cartografia@regione.veneto.it](mailto:ptrc.cartografia@regione.veneto.it)

*Risorsa on line:* [http://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/sistema-  
informativo-territoriale](http://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/sistema-informativo-territoriale)

Vincoli sui dati:

*Limitazione d'uso dei dati:* IODL 2.0

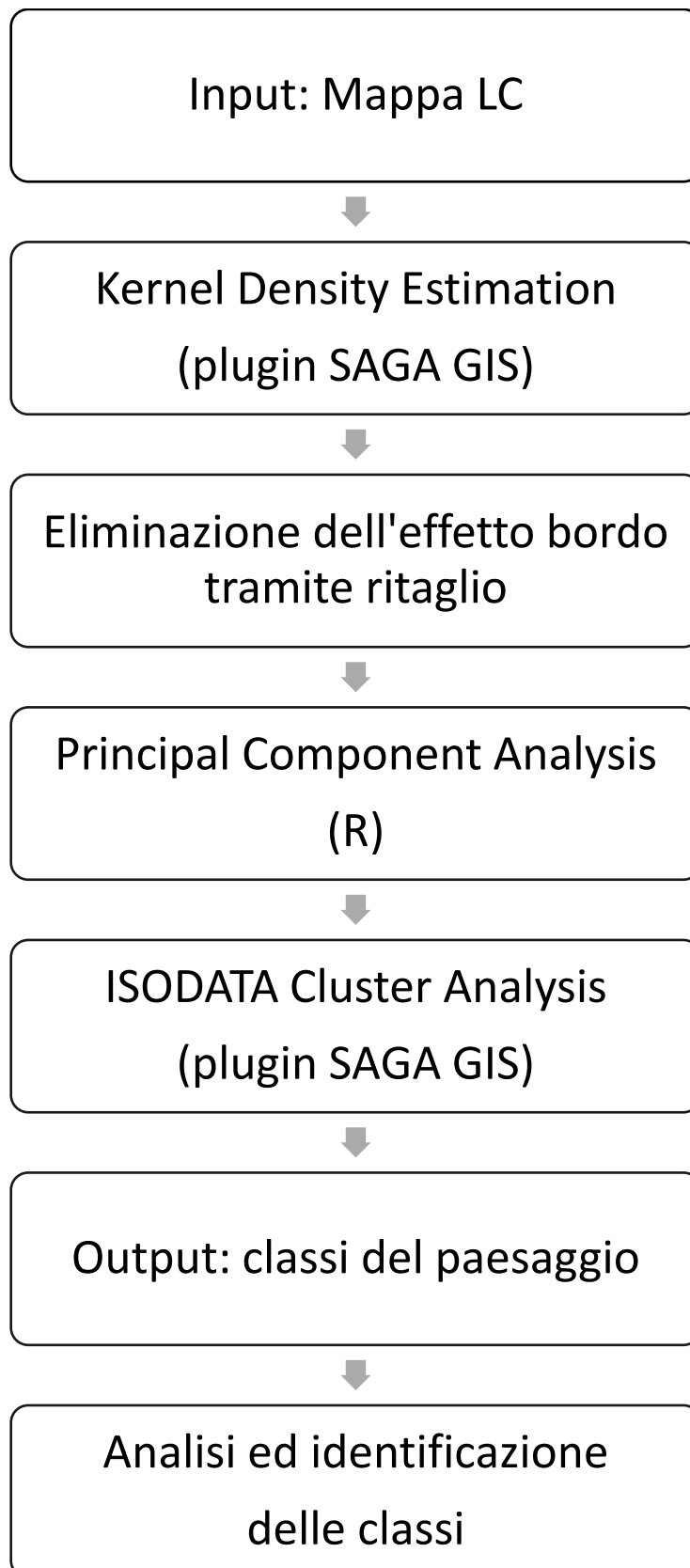
*Vincoli di accesso ai dati:* Licenza

*Vincoli di fruibilità dei dati:* Licenza

*Altri vincoli sui dati:*

*Vincoli di sicurezza:* non classificato

## Allegato II: Schema dei metodi utilizzati



## Allegato III: Script R

```
# Librerie di R che è richiesto di installare
library(raster)
library(tiff)
library(rgdal)
library(data.table)
library(gdata)
library(RStoolbox)
#-----

setwd () #Impostare la directory di lavoro
getwd() # Visualizzare il percorso

#Set the input and output file
input_file <- brick()
output_file <- ""

pca <- rasterPCA(input_file) #esegue la Principal Component Analysis
summary(pca$model) # Mostra un riassunto della PCA

loadings(pca$model) #mostra la correlazione di ogni banda con ogni componente principale

ggRGB(pca$map,1,2,3, stretch="lin", q=0)
if(require(gridExtra)){
  plots <- lapply(1:3, function(x) ggR(pca$map, x, geom_raster = TRUE))
  grid.arrange(plots[[1]],plots[[2]], plots[[3]], ncol=2)
}

writeRaster(pca$map, output_file, format="GTiff")
```



## Ringraziamenti

Desidero ringraziare tutti coloro che mi hanno aiutata nella realizzazione di questa tesi. In particolare il professor Carlo Giupponi e il correlatore Fabio Cian, per la disponibilità e il tempo che mi hanno dedicato e i vari consigli che hanno saputo darmi.

Alberto, per il continuo scambio di idee, scaturito dalla condivisione di questa parte del percorso universitario. Anna, Chiara e Isabella, per i diversi contributi forniti per la stesura di questo elaborato, e i miei fratelli per i tips informatici.

Infine ringrazio i miei genitori, per il sostegno silenzioso ma sempre presente di questi anni.