

Èkphrasis contemporanea: la Reggia di Caserta tra architettura, natura e innovazione digitale

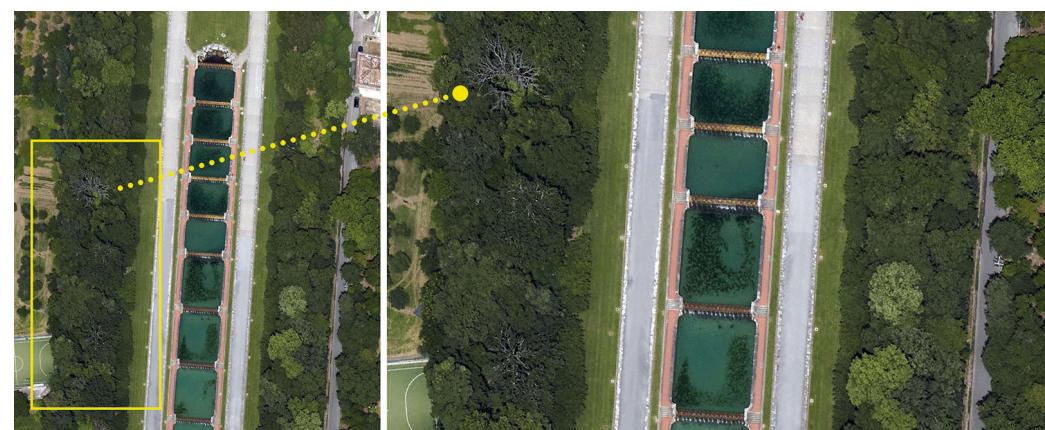
Carmine Gambardella
Rosaria Parente

Abstract

Nel 1997, la Reggia di Caserta è stata riconosciuta dall'UNESCO come Patrimonio dell'Umanità, non solo per l'imponenza del palazzo, ma anche per la sua connessione con l'ambiente naturale circostante. Il contributo mostra i risultati di un'azione di èkphrasis contemporanea ovvero l'applicazione delle attività di telerilevamento aereo sul giardino del maestoso complesso architettonico per rilevarne dettagli invisibili o poco visibili all'occhio umano. L'analogia tra la descrizione verbale del passato e le rappresentazioni visive moderne si applica quindi all'architettura vegetale della Reggia, in particolare al doppio filare di lecci lungo la Via d'Acqua.

Oggi, l'èkphrasis, secondo il processo metodologico alla base di questa attività scientifica, si può estendere anche ai domini analogico e digitale, come nel monitoraggio tecnologico della salute dei lecci, realizzato tramite elaborazione ed interpretazione dei dati iperspettrali. L'elaborazione di questi dati permette di visualizzare lo stato di salute degli alberi e interpretare il paesaggio in modo che il fruitore possa percepirla la bellezza e la fragilità. L'approccio digitale non si limita a una mera rappresentazione visiva, ma diventa uno strumento per una descrizione algoritmica, che rivelà dettagli invisibili e amplia la comprensione delle interazioni tra architettura e natura. In questo senso, l'analisi della Reggia di Caserta rappresenta un atto di èkphrasis contemporanea, dove linguaggi verbali e visivi si intrecciano per svelare nuovi strati di significato, ampliando la nostra conoscenza.

Parole chiave
Airborne survey, landscape, representation.



Immagini fotografiche
acquisite con sensore
PhaseOne di proprietà del
Consorzio Universitario
Benecon Scarl
(elaborazione a cura degli
autori).

Introduzione

L'approccio all'*èkphrasis* che, come osservato nella *call* del convegno, può estendersi oggi ai domini analogico e digitale, può trovare applicazione nel monitoraggio tecnologico della salute dei lecci della Reggia di Caserta. Grazie all'uso di dati iperspettrali ottenuti con il sensore CASI 1500, il lavoro di Ricerca qui proposto, è focalizzato sull'elaborazione delle mappe al fine di monitorare lo stress vegetativo delle piante e di verificare come tale aspetto possa influenzare l'architettura del paesaggio.

L'integrazione degli indici spettrali nella banda VNIR (visibile-vicino infrarosso) consente di visualizzare e descrivere con precisione lo stato di salute degli alberi, ma anche di interpretare la realtà biologica e architettonica in un contesto dal forte valore paesaggistico quale quello della Reggia di Caserta, sito UNESCO dal 1997. In questo senso, i dati iperspettrali e le tecniche digitali non si limitano a una mera rappresentazione visiva, ma diventano strumenti per una descrizione algoritmica e procedurale, propria del concetto moderno di *èkphrasis*. L'approccio digitale non solo descrive, ma rivela dettagli invisibili ad occhio nudo, ampliando la conoscenza e la comprensione delle complesse interazioni tra architettura e natura. In analogia con le descrizioni delle illustrazioni nelle trattistiche, oggi la descrizione tecnologica di un paesaggio o di una struttura può essere considerata un atto di rivelazione che amplia la nostra comprensione.

Nel contesto del convegno, che esplora l'evoluzione dell'*èkphrasis* attraverso la storia, dall'arte antica alla rappresentazione digitale contemporanea, l'esempio dell'attività di Ricerca condotta mediante le avanzate tecnologie del Consorzio Universitario Benecon, offre un interessante punto di partenza per riflettere su come la rappresentazione e la descrizione possano essere portate a nuove forme di conoscenza, integrando il passato e il presente, l'analogico e il digitale. L'*èkphrasis* diventa così non solo un mezzo per 'vedere' e 'descrivere', ma anche un metodo per perfezionare la conoscenza e generare nuove esperienze perceptive, visive e concettuali.

Il Palazzo Reale di Caserta e il suo parco: un'eredità senza tempo

La Reggia di Caserta, una delle residenze reali più grandi al mondo, fu commissionata dal re Carlo di Borbone all'architetto Luigi Vanvitelli e la sua costruzione iniziò nel 1752, ma il complesso fu completato solo nel 1845.

La Reggia di Caserta è oggi una delle meraviglie del mondo, tanto che nel 1997 è stata dichiarata Patrimonio dell'Umanità dall'UNESCO, non solo per il palazzo reale ma anche per il contesto naturalistico in cui è inserita e per le infrastrutture circostanti, come l'Acquedotto Carolino e il Belvedere di San Leucio.

Il cuore del complesso è il magnifico Palazzo Reale, che con le sue 1.742 finestre e la sua grandiosità rappresenta un capolavoro di architettura. Il palazzo è circondato da un vasto Parco Reale, che si estende su 123 ettari e che comprende diverse aree tra cui il Giardino Inglese, il Bosco di San Silvestro e l'Acquedotto Carolino, il quale alimenta tutte le fontane del parco. Queste fontane sono uno degli elementi più suggestivi del complesso e sono ispirate alla mitologia classica. Il percorso che le collega è chiamato Via d'Acqua e inizia con la Fontana Margherita, seguita dalla Fontana dei Delfini, dalla Fontana di Eolo, dalla Fontana di Cerere, dalla Fontana di Venere e Adone e infine dalla Fontana di Diana e Atteone. L'intero percorso è progettato con grande cura da Vanvitelli e si estende lungo un viale che si snoda in un leggero pendio, fiancheggiato da alberi e boschetti, creando una suggestiva armonia tra architettura e natura.

Le fontane sono visibili da più punti del parco e il loro posizionamento è studiato per evitare sovrapposizioni visive tra le vasche e i gruppi statuari, garantendo così un'esperienza visiva ordinata e elegante.

Il Parco Reale, così come il Palazzo, è un'opera che deve molto al genio di Luigi Vanvitelli e suo figlio Carlo, che lo portarono a compimento. Il progetto unisce modelli rinascimentali italiani con soluzioni ispirate ai giardini francesi, come quelli di Versailles creati da André Le Nôtre. L'elemento centrale del progetto è l'effetto 'cannocchiale',

che collega idealmente il Palazzo alla città di Napoli tramite viale Carlo III, creando una continuità visiva tra l'architettura e il paesaggio circostante. Questo progetto paesaggistico comprende anche la straordinaria presenza dell'acqua, che arriva al Parco grazie ai 38 chilometri di canalizzazioni dell'Acquedotto Carolino.

L'acqua è infatti protagonista assoluta nel Parco, alimentando le numerose fontane e contribuendo a creare un ambiente suggestivo, che si estende tra ampie distese erbose e boschetti ben curati. All'interno del parco, il Bosco di San Silvestro e il Giardino Inglese aggiungono ulteriore varietà al paesaggio. L'intero sistema verde del Parco Reale è stato pensato per integrarsi perfettamente con l'architettura del Palazzo, dando vita a un equilibrio armonioso tra edifici e natura.

Il rilievo dall'alto per il monitoraggio dello stato di salute della Via d'Acqua

La Via d'Acqua è caratterizzata da un doppio filare di lecci che si estende lungo le fontane e sul lato destro, questi si alternano con alberi di Canfora.

Questo filare non solo offre uno sfondo scenografico al parco d'ingresso, ma consente anche l'accesso alla zona più antica del parco, conosciuta come Bosco Vecchio, che precede il progetto di Luigi Vanvitelli. Ancora oggi, come previsto nel progetto originario, il doppio filare di lecci rappresenta un'architettura vegetale unica e riconoscibile, oggetto di studi per determinarne il valore biologico, estetico, fisiologico, architettonico.

La salute dei lecci della Reggia di Caserta è una preoccupazione diffusa, soprattutto per chi desidera prevenire, se possibile, il deterioramento di questo importante patrimonio storico e naturale. In questo contesto, le tecniche di telerilevamento aereo sono risultate fondamentali per monitorare lo stato di salute della vegetazione, poiché è stato possibile rilevare dall'alto l'intero parco per analizzare le firme spettrali ovvero le 'impronte digitali', in analogia con il corpo umano, dei singoli alberi. Gli spettri di riflettanza della luce sono influenzati da vari parametri, come il contenuto di acqua nelle foglie, la clorofilla, l'area fogliare e il tronco.

L'osservazione a distanza delle proprietà biofisiche e ecologiche delle piante è ora un aspetto cruciale per capire come le piante rispondano agli stress ambientali. Con l'introduzione di sensori iperspettrali di nuova generazione, caratterizzati da un ampio numero di bande strette, è diventato possibile studiare in dettaglio le variazioni nel comportamento spettrale della vegetazione.

È noto in letteratura che per analizzare lo stress delle piante, si ricorre principalmente agli indici di vegetazione, che sono stati sviluppati in numerose varianti per monitorare la crescita e il vigore della chioma. Alcuni di questi indici includono l'indice di area fogliare (LAI) e il contenuto idrico relativo (RWC).

L'obiettivo della Ricerca è stato quello di produrre mappe di stress vegetale, utilizzando e integrando diversi indici spettrali nella gamma VNIR (visibile-vicino infrarosso), per ottenere una visione complessiva della salute del doppio filare di lecci. Grazie alla risoluzione geometrica elevata dei dati iperspettrali che il Consorzio Universitario Benecon è in grado di acquisire con la propria piattaforma tecnologica, è stato possibile analizzare lo stato di salute delle piante a livello individuale, permettendo interventi mirati per ogni singolo albero. Per la ricerca, sono stati utilizzati dati raccolti dal sensore iperspettrale ITRES CASI-1500, (fig. 1) di proprietà di Benecon, montato sulla piattaforma aerea Tecnam P2006T Special Mission Platform SMP. Il sensore iperspettrale VNIR aviotrasportato ha una capacità di acquisizione su un ampio intervallo spettrale, supportando fino a 288 canali e un campo visivo (FOV) di 40°, con una risoluzione angolare (IFOV) di 0,49 mrad. Le acquisizioni sulla Reggia di Caserta sono state effettuate nell'estate del 2023, con il sensore configurato per registrare 24 bande spettrali, a intervalli di 28,5 nm. I dati sono stati poi processati seguendo i metodi standard ITRES [Gambardella et al. 2022], per applicare correzioni radiometriche e geometriche.

La rappresentazione RedVeg usa un gradiente cromatico dal verde al rosso per visualizzare i diversi livelli di salute della vegetazione nel paesaggio. Le immagini RedVeg amplificano la percezione della densità vegetale tramite sfumature di rosso, creando una rappresentazione



Fig. 1. Rilievo con sensore ariotrasportato del sito UNESCO della Reggia di Caserta perimetrato in blu (elaborazione dei dati iperspettrali a cura degli autori).



visivamente accattivante della vegetazione. Questa tecnica è ampiamente utilizzata nel tele-rilevamento e nel monitoraggio ambientale per identificare le aree vegetate. Nelle immagini a falsi colori, le bande rosso, verde e blu di un monitor sono mappate rispettivamente a 789 nm, 675 nm e 542 nm.

Le tonalità rosse indicano una vegetazione sana e abbondante, mentre le variazioni di intensità cromatica segnalano differenze nella salute delle piante, nel contenuto idrico o nella varietà di specie. Questo approccio consente un'analisi approfondita degli ecosistemi, utile per la

gestione ambientale e la pianificazione agricola. Il gradiente cromatico rappresenta uno strumento potente e semplice per monitorare la salute delle piante, fornendo un'indicazione immediata delle aree che soffrono a causa di stress ambientali come siccità, malattie o degrado del suolo.

L'immagine è stata acquisita utilizzando il sensore iperspettrale CASI-I500, che consente di ottenere dati dettagliati su numerose lunghezze d'onda, rendendo possibile rilevare anche i più piccoli cambiamenti nello stato di salute delle piante, che potrebbero non essere visibili con l'osservazione diretta o con le tecniche di imaging tradizionali.

La capacità di monitorare la vegetazione con alta risoluzione spaziale e spettrale assicura una mappatura accurata dei modelli di stress vegetativo. Inoltre, il perimetro del sito della Reggia di Caserta, che fa parte del patrimonio mondiale dell'UNESCO, è evidenziato in giallo nell'immagine, fornendo il contesto per l'area di studio. Integrando l'imaging iperspettrale con la delimitazione geografica, questa rappresentazione permette un'analisi precisa e mirata all'interno di una zona di rilevante valore storico, supportando le attività di monitoraggio ambientale e conservazione del patrimonio.

Le immagini geometricamente corrette della Reggia di Caserta in formato RGB, con una risoluzione di *pixel* di $0,65 \times 0,65$ metri costituiscono la base per l'analisi di post-elaborazione, che si concentra sullo stress della vegetazione nel doppio filare di lecci accanto alla vasca della fontana centrale (fig. 2).



Fig. 2. Immagini fotografiche acquisite con sensore PhaseOne, *focus* sulla fontana centrale (elaborazione a cura degli autori).

Metodologia e *post-processing* dei dati per il disegno del paesaggio

Lo stress vegetativo si origina da complessi processi fisiologici e i segni di tale stress diventano evidenti con il deterioramento della fotosintesi (fig. 3). L'analisi dello stress delle piante tramite tecniche di telerilevamento iperspettrale (RS) si basa sull'uso degli indici di vegetazione, che offrono informazioni cruciali sulle variabili biofisiche legate alla salute delle piante e, infine, allo stato di stress.

Per comprendere meglio la tipologia di stress e realizzare delle mappe che permettessero di interpretare il disegno del paesaggio influenzato dallo stato di salute delle piante stesse, si è optato di dividere gli indici di vegetazione in quattro gruppi principali:

- indici di verde [Vogelmann, Rock, Moss 1993; Carter 1994], sensibili agli effetti combinati della concentrazione di clorofilla, dell'area fogliare e della disposizione del fogliame. Questi indici sono i più usati per valutare lo stato di salute generale delle piante;
- indici di acqua nella chioma [Chen, Barak 1982], che misurano la quantità di acqua presente nelle chiome, elemento essenziale per la crescita vegetale e la resistenza al fuoco;

- indici di efficienza fotosintetica [Gutierrez-Rosales *et al.* 1992-16], che quantificano l'efficienza del processo fotosintetico e sono correlati con i tassi di crescita delle piante;
- indici dei pigmenti fogliari [Marschner, Romheld, Kissel 1986], che valutano la concentrazione di pigmenti presenti nelle piante, che risultano maggiormente concentrati nelle piante indebolite.

Considerando la risoluzione spettrale e spaziale offerta dal sensore CASI-1500, sono stati esaminati i seguenti indici per ciascuna delle categorie sopra elencate:

- NDVI (Indice di Vegetazione a Differenza Normalizzata) PSRI (Indice di Riflettanza per la Senescenza Vegetale) GNDVI (Indice di Vegetazione a Differenza Normalizzata per il Verde) ARVI (Indice di Vegetazione Atmosfericamente Resistente);
- RENDVI (Indice di Vegetazione a Bordo Rosso Normalizzato), mSR (Rapporto Semplificato del Bordo Rosso Modificato), mNDVI (Indice di Vegetazione a Differenza Normalizzata con Bordo Rosso Modificato);
- WI (Indice Idrico), WI/NDVI (Indice di Differenza Normalizzata della Vegetazione relativo all'acqua);
- PRI (Indice di Riflettanza Fotochimica), SIPI (Indice di Pigmento Insensibile alla Struttura), RGRI (Indice del Rapporto Rosso-Verde), CRI1 e CRI2 (Indice di Riflettanza dei Carotenoidi), ARI1 e ARI2 (Indice di Riflettanza degli Antociani) (fig. 4).

Ogni indice è stato calcolato pixel per pixel sull'immagine per generare differenti strati necessari alla valutazione dello stress. Per individuare le aree vegetate, è stato utilizzato l'NDVI con una soglia di 0,2, quindi sono stati calcolati gli altri indici.

I valori ottenuti sono stati normalizzati in base ai valori minimi e massimi che si osservano in una vegetazione sana [Parente *et al.* 2021]. Successivamente, gli strati appartenenti alla stessa categoria sono stati mediati per produrre una mappa della vegetazione, che va

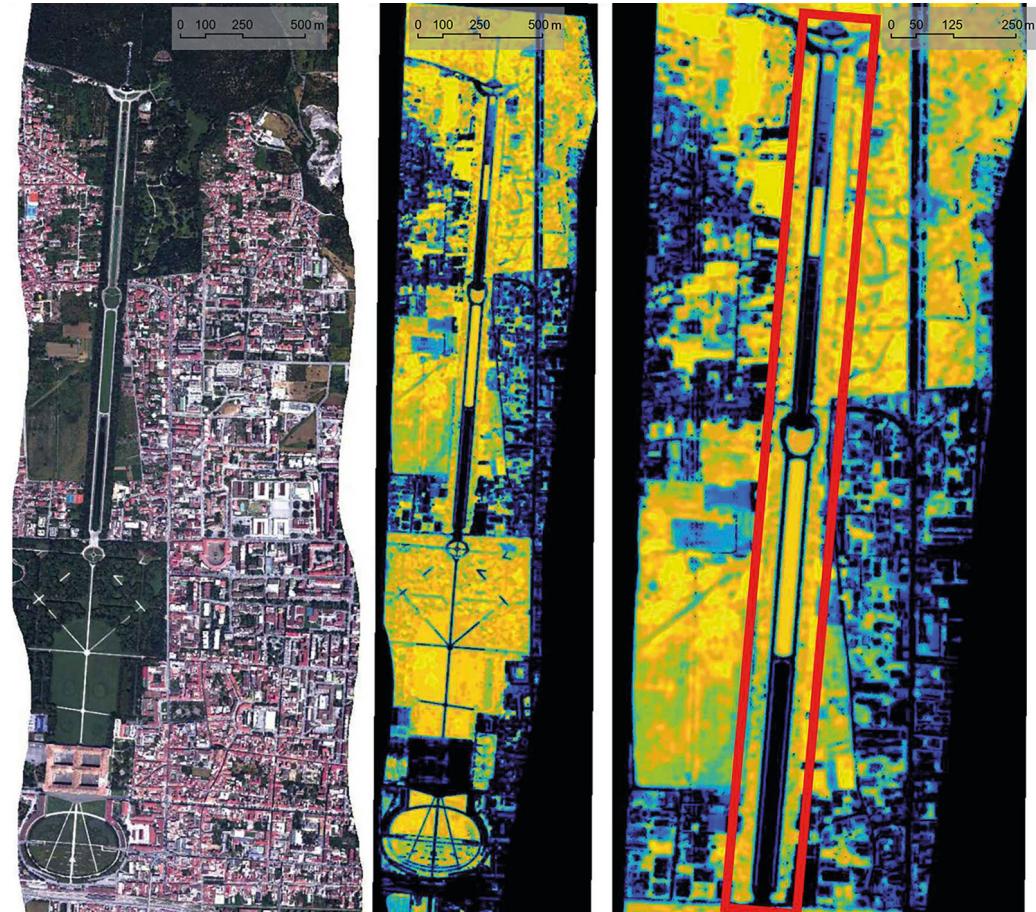


Fig. 3. Elaborazione degli indici spettrali e confronto con l'immagine in RGB; focus sul leccio rilevato (elaborazione grafica degli autori).

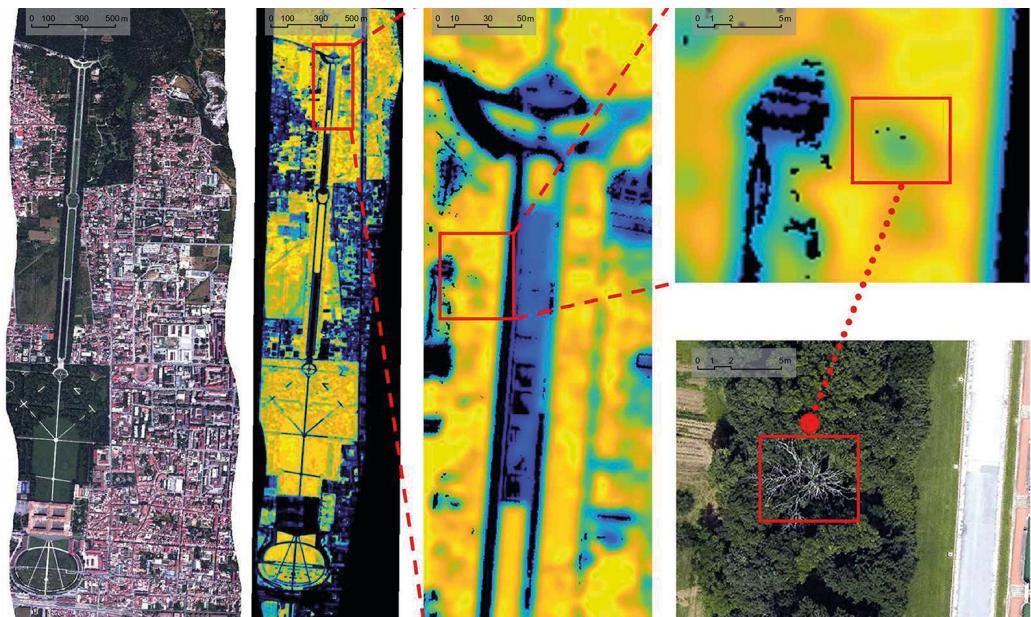


Fig. 4. Elaborazione degli indici spettrali e confronto con l'immagine in RGB; focus sul leccio rilevato (elaborazione grafica degli autori).

dall'area meno stressata (valore pari a zero) fino a quella più stressata (valore pari a uno). È stata, quindi, condotta un'analisi statistica sulla regione di interesse (ROI), focalizzandosi sul doppio filare di lecci lungo la Via d'Acqua, per poter calcolare la media, la mediana e la deviazione standard per ogni categoria di stress. Questi dati offrono una panoramica complessiva delle condizioni della vegetazione nella zona esaminata. Inoltre, le ultime due colonne della tabella calcolano la percentuale di vegetazione sana, considerando una soglia di 0,4, che rappresenta il valore massimo per una vegetazione sana.

Questo valore di soglia corrisponde alla media più la deviazione standard per la categoria del verde, che indica il livello di stress maggiore (figg. 5, 6).

Quasi tutte le piante hanno mostrato bassi livelli di stress nelle categorie relative agli indici di acqua della chioma, efficienza d'uso della luce e pigmenti fogliari. Tuttavia, la categoria degli indici di verde è risultata essere la principale fonte di stress, con un valore di stress pari al 17,4% che supera la soglia di 0,4 indicata nella Tabella I.

Stress Level	Mean	Median	Standard Deviation	Stress < 0.4	Stress > 0.4
Greenness	0.35	0.344	0.05	82.6 %	17.4 %
Canopy water	0.27	0.26	0.04	99.2 %	0.8 %
Leaf pigment	0.20	0.20	0.04	99.9 %	0.1 %
Light use efficiency	0.18	0.18	0.01	100 %	0 %

Tabella I. Parametri statistici per le quattro categorie di livello di stress delle ROI.

Le mappe di stress, grazie all'alta risoluzione geometrica dei dati iperspettrali, sono state analizzate dettagliatamente per identificare le anomalie legate agli alti livelli di stress, come illustrato nella figura 6.

Per confermare e comprendere meglio queste anomalie, è stata utilizzata la telecamera RGB PhaseOne iXM, che offre una risoluzione al suolo di otto cm e una potenza di 150 miliardi di pixel. Questo dispositivo è impiegato da Benecon per acquisire immagini che

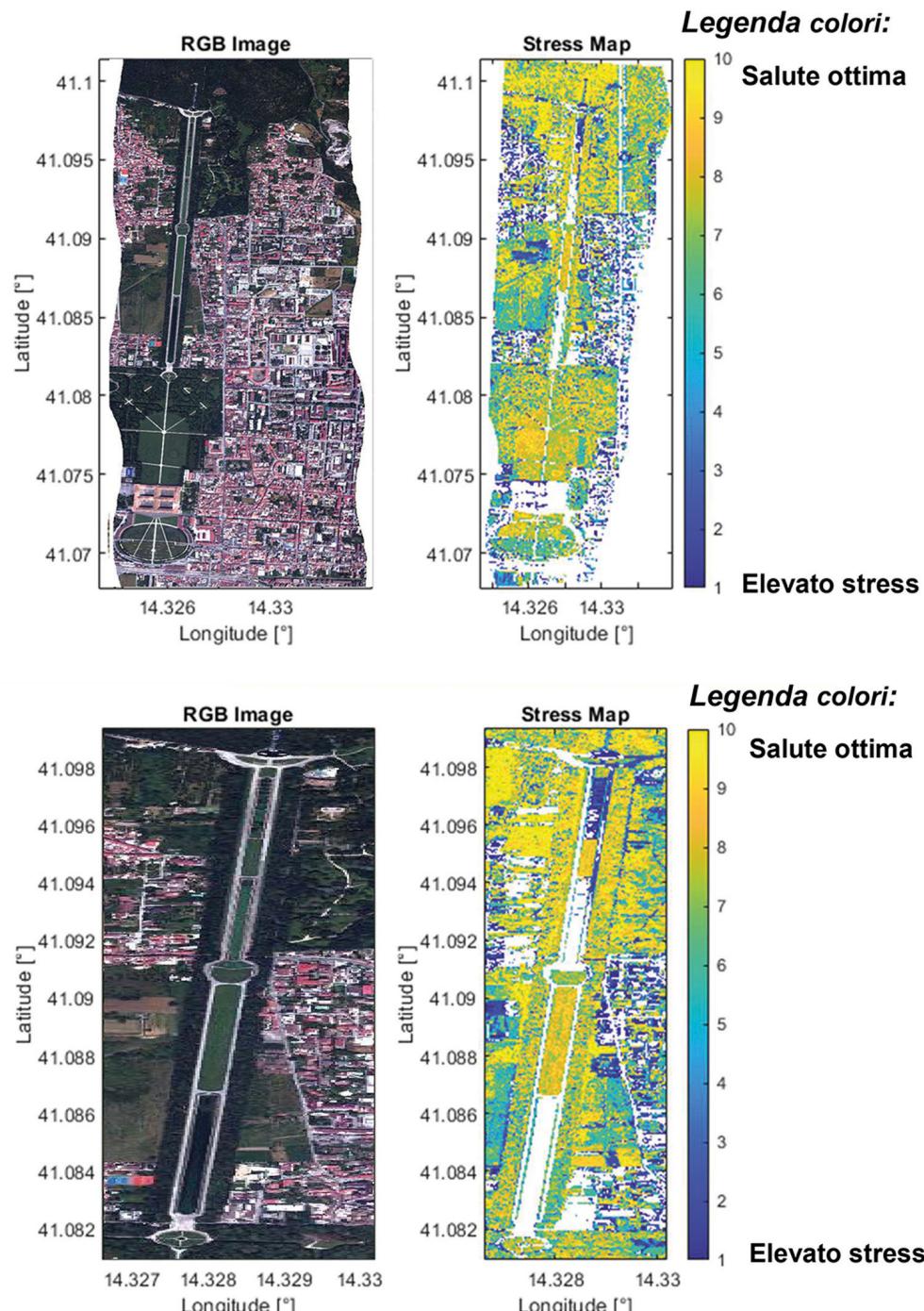


Fig. 5. Risultati delle elaborazioni del rilievo condotto con sensore iperspettrale (elaborazione a cura degli autori).

affiancano quelle ottenute tramite il sensore iperspettrale. Il confronto con l'immagine della stessa zona in cui si è verificata l'anomalia, conferma un elevato livello di stress su un singolo albero. Questo confronto contribuisce alla validazione della metodologia impiegata per la geo-localizzazione degli alberi stressati. I risultati confermano l'efficacia dell'*imaging* iperspettrale nel rilevare precocemente lo stress vegetativo, superando per precisione le ispezioni visive e l'*imaging* multispettrale. Questa tecnologia individua variazioni spettrali sottili prima che compaiano segni visibili, offrendo uno strumento strategico per interventi conservativi preventivi a tutela della salute ecologica e del patrimonio culturale (fig. 7).

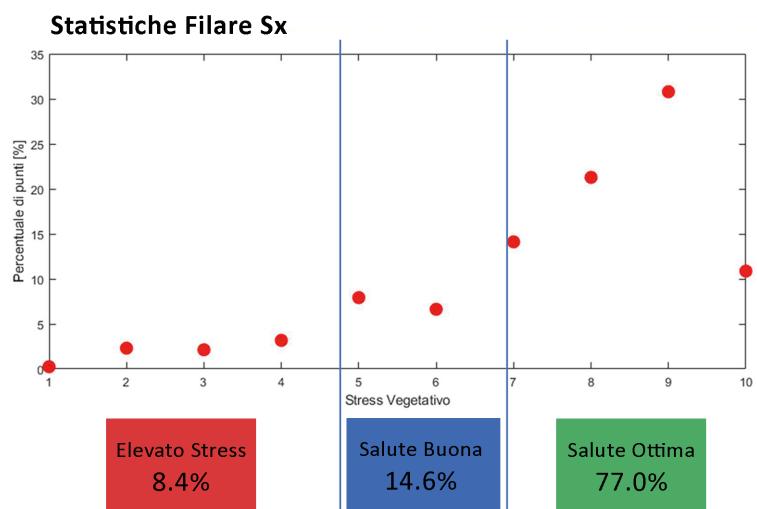
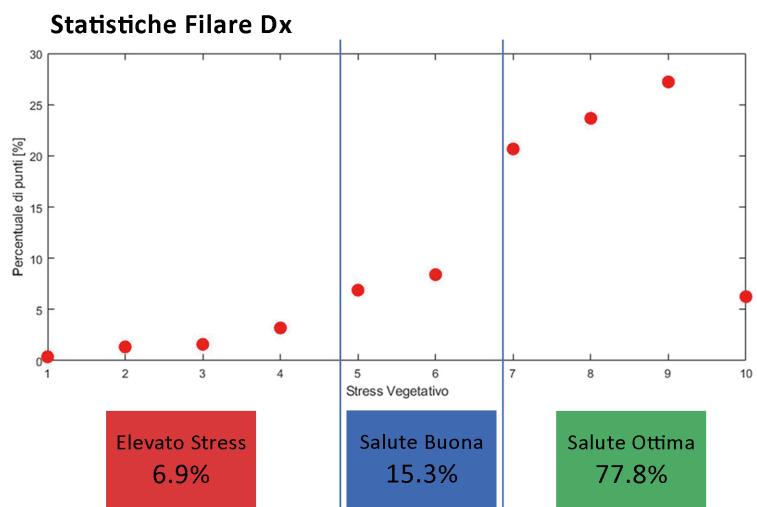
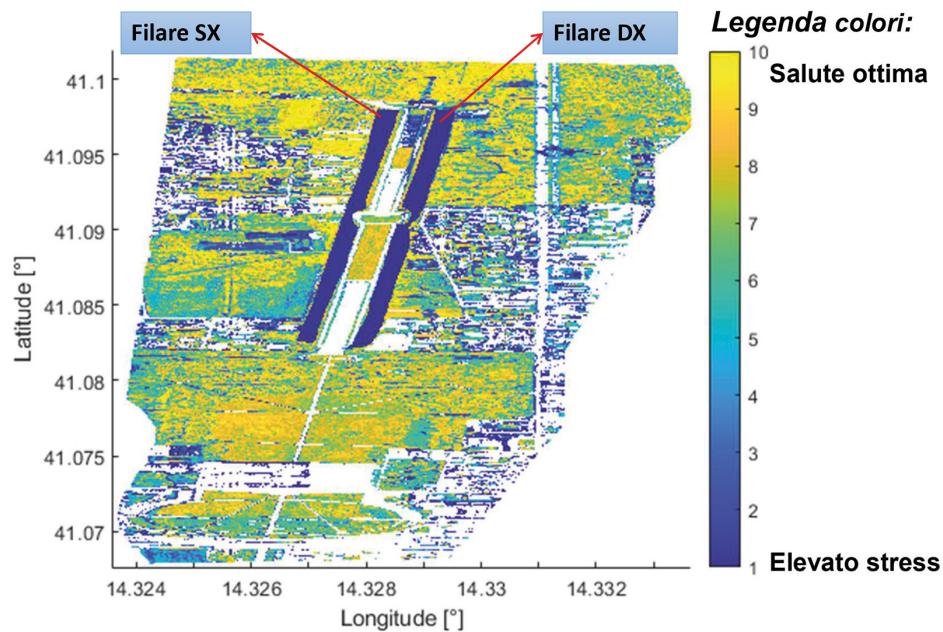


Fig. 7. Risultati delle elaborazioni del rilievo condotto con sensore iperspettrale (elaborazione a cura degli autori).

Conclusioni

Alla Reggia di Caserta, la natura è progetto: disegno, geometria, composizione. Il doppio filare di lecci lungo il viale principale rappresenta un atto di architettura vegetale, dove l'albero assume il ruolo di materiale plastico, elemento strutturale e dispositivo scenografico. In questo sistema ordinato, il sensore iperspettrale ITRES CASI-1500 ha permesso di analizzare la salute delle alberature come parti integranti di un disegno del verde, in cui ogni pianta contribuisce alla forma e al significato dello spazio.

Lo studio si è basato su indici spettrali nella banda VNIR, suddivisi in quattro categorie: acqua nella chioma, uso della luce, pigmenti fogliari e vigore vegetativo. I dati, normalizzati e trasformati in mappe tematiche, offrono una lettura scientifica dell'equilibrio vegetale nel tempo. I risultati indicano un buono stato generale, ma con segnali di stress negli indici di verde, suggerendo un indebolimento della componente formale del filare. La tecnologia iperspettrale diventa così strumento di tutela del disegno vegetale, restituendo una visione oggettiva dell'armonia tra forma e funzione.

Questa ricerca si configura come un esempio di *èkphrasis* contemporaneo, dove memoria storica, progetto e innovazione si fondono, e il paesaggio diventa leggibile anche nei suoi aspetti più invisibili, grazie alla precisione dello sguardo digitale e dell'indagatore esperto.

Crediti

Sebbene il contributo sia il risultato di un lavoro congiunto, Carmine Gambardella è autore dei paragrafi *Introduzione, Metodologia e post-processing dei dati per il disegno del paesaggio*. Rosaria Parente è autrice dei paragrafi *Il Palazzo Reale di Caserta e il suo parco: un'eredità senza tempo, Il rilievo dall'alto per il monitoraggio dello stato di salute della Via d'Acqua*. Carmine Gambardella e Rosaria Parente sono autori del paragrafo *Conclusioni*.

Riferimenti bibliografici

- Carter, G. A. (1994). Ratios of Leaf Reflectances in Narrow Wavebands as Indicators of Plant Stress. In *International Journal of Remote Sensing*, n. 15, pp. 697-704. <https://doi.org/10.1080/01431169408954109>.
- Chen, Y., Barak, P. (1982). Iron Nutrition of Plants in Calcareous soils. In *Advances in Agronomy*, vol. 35, pp. 217-240. [https://doi.org/10.1016/S0006-2113\(08\)60326-0](https://doi.org/10.1016/S0006-2113(08)60326-0).
- Gambardella, C., Parente, R., Scotto di Santolo, A., Ciaburro, G. (2022). New Digital Field of Drawing and Survey for the Automatic Identification of Debris Accumulation in Flooded Areas. In *Sustainability*, 15 (1), 479, pp. 1-23. <https://doi.org/10.3390/su15010479>.
- Gutierrez-Rosales, G., Garrido-Fernandez, F.J., Gallardo-Guerrero, L., Gandul-Rojas, B. (1992). Action of Chlorophylls on the Stability of Virgin Olive Oil. In *JAOCS Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 69, n. 9. <https://doi.org/10.1007/BF02636334>.
- Marschner, H., Romheld, V., Kissel, M. (1986). Different Strategies in Higher Plants in Mobilization and Uptake of Iron. In *Journal of Plant Nutrition*, 9, pp. 695-713. <https://doi.org/10.1080/01904168609363475>.
- Parente, R., Gambardella, C., Ciambone, A., Casbarra, M. (2021). A Principal Components Analysis-Based Method for the Detection of Cannabis Plants Using Representation Data by Remote Sensing. In *DATA*, vol. 6, n. 10, 108, pp. 1-13. <https://doi.org/10.3390/data6100108>.
- Vogelmann, J. E., Rock, B. N., Moss, D. M., (1993). Red Edge Spectral Measurements from Sugar Maple Leaves. In *International Journal of Remote Sensing*, vol. 14, n. 8, pp. 1563-1575. <https://doi.org/10.1080/01431169308953986>.

Autori

Carmine Gambardella, UNESCO Chair on Landscape, Cultural Heritage and Territorial Governance, Benecon Universities Consortium, gambardella.unescocchair@benecon.it
Rosaria Parente, Benecon Universities Consortium, Universitas Mercatorum, rosaria.parente@unimercatorum.it

Per citare questo capitolo: Carmine Gambardella, Rosaria Parente (2025). *Èkphrasis contemporanea: la Reggia di Caserta tra architettura, natura e innovazione digitale*. In L. Carlevaris et al. (a cura di). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation*. Atti del 46° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Milano: FrancoAngeli, pp. 3751-3770. DOI: 10.3280/oa-1430-c950.

Contemporary *Èkphrasis*: the Royal Palace of Caserta Between Architecture, Nature and Digital Innovation

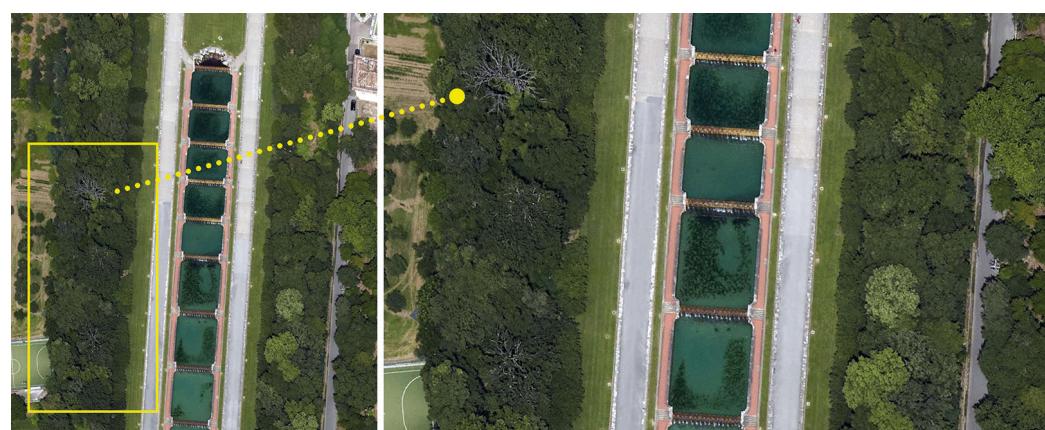
Carmine Gambardella
Rosaria Parente

Abstract

In 1997, the Royal Palace of Caserta was recognized by UNESCO as a World Heritage Site, not only for the grandeur of the palace, but also for its connection with the surrounding natural environment. The paper shows the results of a contemporary *èkphrasis* action, that is, the application of aerial remote sensing activities on the garden of the majestic architectural complex to detect details invisible or barely visible to the human eye. The analogy between the verbal description of the past and modern visual representations is thus applied to the Reggia's plant architecture, particularly the double row of holm oaks along the Via d'Acqua.

Today, *èkphrasis*, according to the methodological process underlying this scholarly activity, can also be extended to the analog and digital domains, as in the technological monitoring of the health of the holm oaks, carried out by processing and interpreting hyperspectral data. The processing of these data makes it possible to visualize the health status of trees and interpret the landscape so that the user can perceive its beauty and fragility. The digital approach is not limited to mere visual representation, but becomes a tool for algorithmic description, revealing invisible details and expanding the understanding of the interactions between architecture and nature. In this sense, the analysis of the Royal Palace of Caserta represents an act of contemporary *èkphrasis*, where verbal and visual languages intertwine to reveal new layers of meaning, expanding our knowledge.

Keywords
Airborne survey, landscape, representation.



Photographic images
acquired with PhaseOne
senore owned by Benecon
University Consortium
Scarl, processing by the
authors.

Introduction

The *èkphrasis* approach, which, as noted in the conference call, can now extend to the analog and digital domains, can find application in the technological monitoring of the health of the holm oaks of the Royal Palace of Caserta. Through the use of hyperspectral data obtained with the CASI 1500 sensor, the Research work proposed here is focused on map processing in order to monitor the vegetative stress of the plants and to verify how this aspect may affect the landscape architecture.

The integration of spectral indices in the VNIR (visible-near-infrared) band makes it possible to accurately visualize and describe the health status of trees, but also to interpret the biological and architectural reality in a context with a strong landscape value such as the Royal Palace of Caserta, a UNESCO site since 1997.

In this sense, hyperspectral data and digital techniques are not limited to a mere visual representation, but become tools for an algorithmic and procedural description, proper to the modern concept of *èkphrasis*.

The digital approach here not only describes, but reveals details invisible to the naked eye, expanding knowledge and understanding of the complex interactions between architecture and nature. In analogy to illustration descriptions in treatises, today the technological description of a landscape or structure can be considered an act of revelation that expands our understanding.

In the context of the conference, which explores the evolution of *èkphrasis* through history, from ancient art to contemporary digital representation, the example of the Research activity conducted through the advanced technologies of the Benecon University Consortium offers an interesting starting point to reflect on how representation and description can be brought to new forms of knowledge, integrating the past and the present, the analog and the digital. *Èkphrasis* thus becomes not only a means of 'seeing' and 'describing', but also a method for refining knowledge and generating new perceptual, visual and conceptual experiences.

The Royal Palace of Caserta and its park: a timeless legacy

The Royal Palace of Caserta, one of the largest royal residences in the world, was commissioned by King Charles of Bourbon from architect Luigi Vanvitelli, and construction began in 1752, but the complex was not completed until 1845.

The Royal Palace of Caserta is now one of the wonders of the world, so much so that in 1997 it was declared a UNESCO World Heritage Site, not only because of the royal palace but also because of the naturalistic setting in which it is set and the surrounding infrastructure, such as the Acquedotto Carolino and the Belvedere di San Leucio.

The heart of the complex is the magnificent Royal Palace, which with its 1,742 windows and grandeur represents a masterpiece of architecture.

The palace is surrounded by a vast Royal Park, which covers 123 hectares and includes several areas including the English Garden, the Bosco di San Silvestro, and the Acquedotto Carolino, which feeds all the fountains in the park. These fountains are one of the most striking elements of the complex and are inspired by classical mythology.

The path connecting them is called the Via d'Acqua and begins with the Margaret Fountain, followed by the Dolphin Fountain, the Fountain of Aeolus, the Fountain of Ceres, the Fountain of Venus and Adonis, and finally the Fountain of Diana and Actaeon. The entire path is designed with great care by Vanvitelli and extends along an avenue that winds down a gentle slope, flanked by trees and groves, creating a striking harmony between architecture and nature.

The fountains are visible from multiple points in the park, and their placement is designed to avoid visual overlap between the pools and statuary groups, thus ensuring an orderly and elegant visual experience.

The Royal Park, like the Palace, is a work that owes much to the genius of Luigi Vanvitelli and his son Carlo, who brought it to completion. The design combines Italian Renaissance

models with solutions inspired by French gardens, such as those at Versailles created by André Le Nôtre. The central element of the design is the 'telescope effect', which ideally connects the Palace to the city of Naples via Charles III Avenue, creating a visual continuity between the architecture and the surrounding landscape.

This landscape design also includes the extraordinary presence of water, which reaches the Park thanks to the 38 kilometers of canalization of the Acquedotto Carolino. In fact, water is the absolute protagonist in the Park, feeding the numerous fountains and contributing to an evocative environment, which stretches between wide grassy expanses and well-kept groves.

Within the park, the Bosco of San Silvestro and the English Garden add further variety to the landscape. The entire green system of the Royal Park was designed to integrate seamlessly with the architecture of the Palace, creating a harmonious balance between buildings and nature.

The survey from above for monitoring the health status of the Via d'Acqua

The Via d'Acqua is characterized by a double row of holm oaks extending along the fountains and on the right side, these alternate with camphor trees.

This row not only provides a scenic backdrop to the entrance park, but also provides access to the oldest area of the park, known as the Old Woods, which predates Luigi Vanvitelli's design. Even today, as envisioned in the original design, the double row of holm oaks represents a unique and recognizable plant architecture, the subject of studies to determine its biological, aesthetic, physiological, and architectural value.

The health of the holm oaks of the Royal Palace of Caserta is a widespread concern, especially for those who wish to prevent, if possible, the deterioration of this important historical and natural heritage. In this context, aerial remote sensing techniques have been essential to monitor the health of the vegetation, as it has been possible to survey the entire park from above to analyze the spectral signatures i.e., the 'fingerprints', in analogy with the human body, of individual trees.

Light reflectance spectra are influenced by various parameters, such as leaf water content, chlorophyll, leaf area and trunk. Remote observation of the biophysical and ecological properties of plants is now a crucial aspect of understanding how plants respond to environmental stresses.

With the introduction of next-generation hyperspectral sensors, which are characterized by a large number of narrow bands, it has become possible to study in detail the variations in the spectral behavior of vegetation.

It is known in the literature that to analyze plant stress, vegetation indices are mainly used, which have been developed in numerous variants to monitor canopy growth and vigor. Some of these indices include leaf area index (LAI) and relative water content (RWC). The objective of the Research was to produce maps of plant stress, using and integrating different spectral indices in the VNIR (visible-near-infrared) range, to obtain an overall view of the health of the double row of holm oaks.

Thanks to the high geometric resolution of the hyperspectral data that the Benecon University Consortium is able to acquire with its technology platform, it was possible to analyze the health status of the plants at the individual level, allowing targeted interventions for each individual tree.

For the research were used data collected by the ITRES CASI-I500 hyperspectral sensor (Fig.01) owned by Benecon and mounted on the Tecnam P2006T Special Mission Platform SMP airborne platform.

The airborne hyperspectral sensor has an acquisition capability over a wide spectral range, supporting up to 288 channels and a field of view (FOV) of 40°, with an angular resolution (IFOV) of 0.49 mrad. Acquisitions over the Royal Palace of Caserta were made in the summer of 2023, with the sensor configured to record 24 spectral bands, at intervals of 28.5 nm. The data were then processed following standard ITRES methods [10], to apply radiometric and geometric corrections. The RedVeg uses a color

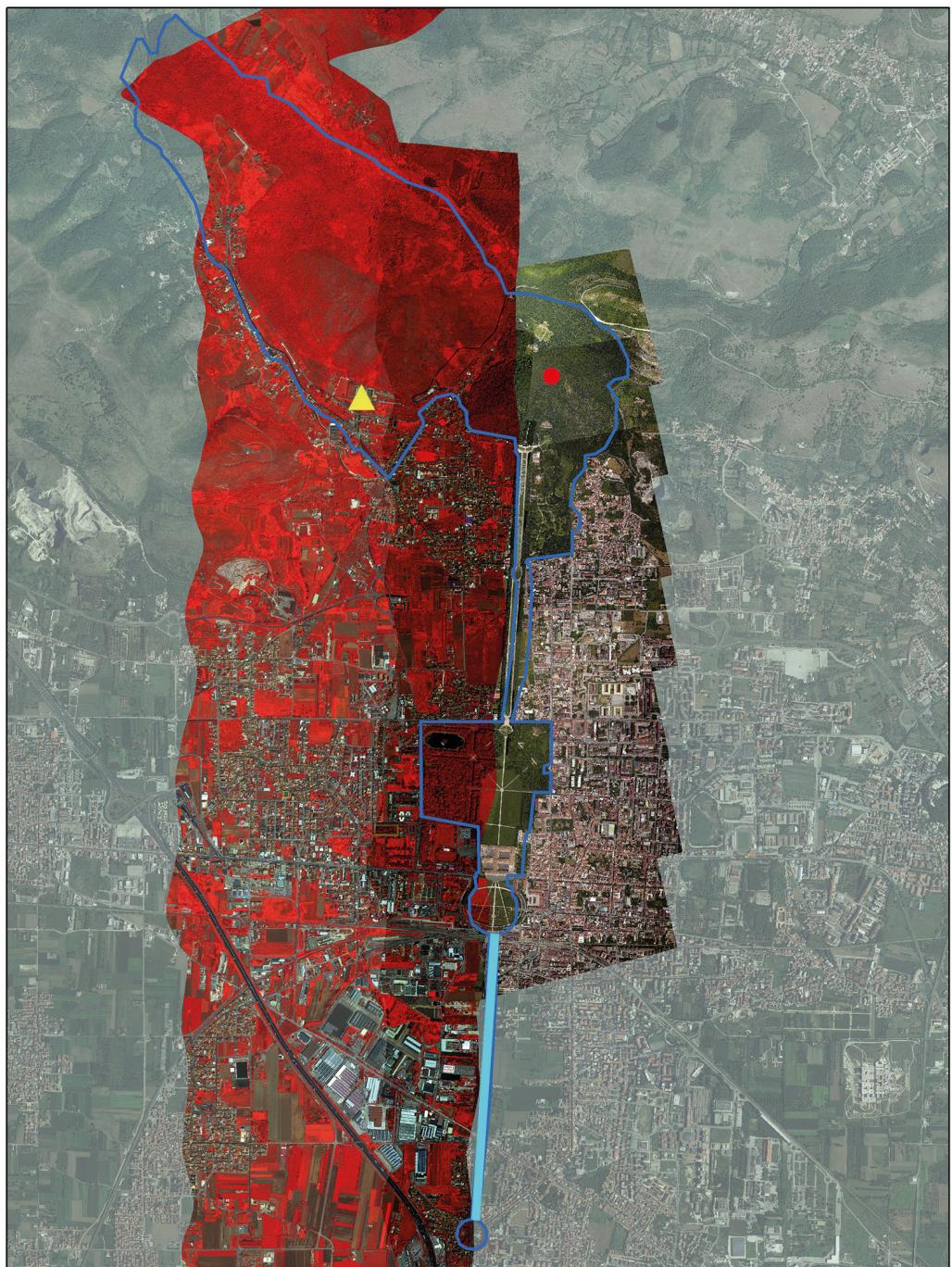


Fig. 1. Airborne sensor survey of the UNESCO site of the Royal Palace of Caserta perimeter in blue (hyperspectral data processing by the authors).



gradient from green to red to visualize different levels of vegetation health in the landscape. RedVeg images amplify the perception of vegetation density through shades of red, creating a visually appealing representation of vegetation. This technique is widely used in remote sensing and environmental monitoring to identify vegetated areas. In false-color images, the red, green and blue bands of a monitor are mapped at 789 nm, 675 nm and 542 nm, respectively. Red hues indicate healthy and abundant vegetation, while variations in color intensity signal differences in plant health, water content,

or species diversity. This approach allows in-depth analysis of ecosystems, which is useful for environmental management and agricultural planning. The color gradient is a powerful and simple tool for monitoring plant health, providing an immediate indication of areas suffering from environmental stresses such as drought, disease or soil degradation. The image was acquired using the CASI-1500 hyperspectral sensor, which enables detailed data at numerous wavelengths, making it possible to detect even the smallest changes in plant health that may not be visible by direct observation or traditional imaging techniques.

The ability to monitor vegetation with high spatial and spectral resolution ensures accurate mapping of vegetation stress patterns. In addition, the perimeter of the Royal Palace of Caserta site, which is part of the UNESCO World Heritage Site, is highlighted in yellow in the image, providing context for the study area. By integrating hyperspectral imaging with geographic delineation, this representation allows precise and focused analysis within an area of significant historical value, supporting environmental monitoring and heritage conservation activities.

The geometrically corrected image of the Royal Palace of Caserta in RGB format, with a pixel resolution of 0.65×0.65 meters are the basis for the post-processing analysis, which focuses on vegetation stress in the double row of holm oaks next to the central fountain pool (fig. 2).



Fig. 2. Photographic images captured with PhaseOne sensor, focus on central fountain (processing by authors).

Methodology and data post-processing for landscape design

Vegetation stress originates from complex physiological processes, and signs of such stress become evident as photosynthesis deteriorates (fig. 3). Vegetation stress analysis by hyperspectral remote sensing (RS) techniques is based on the use of vegetation indices, which provide crucial information on biophysical variables related to plant health and, ultimately, stress status.

In order to better understand the type of stress and make maps to interpret the landscape pattern influenced by the health status of the plants themselves, we opted to divide the vegetation indices into four main groups:

- greenness indices [Vogelmann, Rock, Moss, 1993; Carter 1994], which are sensitive to the combined effects of chlorophyll concentration, leaf area and foliage arrangement. These indices are the most widely used to assess the overall health of plants;
- canopy water indices [Chen, Barak 1982], which measure the amount of water in canopies, an essential element for plant growth and fire resistance;

- photosynthetic efficiency indices [Gutierrez-Rosales *et al.* 1992], which quantify the efficiency of the photosynthetic process and correlate with plant growth rates;
- leaf pigment indices [Marschner, Romheld, Kissel 1986], which assess the concentration of pigments present in plants, which are more concentrated in weakened plants. Considering the spectral and spatial resolution offered by the CASI-1500 sensor, the following indices were examined for each of the categories listed above:
 - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) PSRI (Reflectance Index for Plant Senescence), GNDVI (Normalized Difference Vegetation Index for Green) ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index);
 - RENDVI (Normalized Red Edge Vegetation Index), mSR (Simple Ratio of Modified Red Edge), mNDVI (Normalized Difference Vegetation Index with Modified Red Edge);
 - WI (Water Index), WI/NDVI (Water-Related Normalized Difference Vegetation Index);
 - PRI (Photochemical Reflectance Index), SIPI (Structure Insensitive Pigment Index), RGRI (Red-Green Ratio Index), CRI1 and CRI2 (Carotenoid Reflectance Index), ARI1 and ARI2 (Anthocyanin Reflectance Index) (fig. 4).

Each index was calculated pixel by pixel on the image to generate different layers needed for stress assessment. To identify vegetated areas, NDVI with a threshold of 0.2 was used, then the other indices were calculated.

The values obtained were normalized to the minimum and maximum values observed in healthy vegetation [Parente *et al.* 2021]. Next, layers belonging to the same category were averaged to produce a vegetation map, ranging from the least stressed area (value of zero) to the most stressed area (value of one). Then, was conducted a statistical analysis on the region of interest (ROI), focusing on the double row of holm oaks along

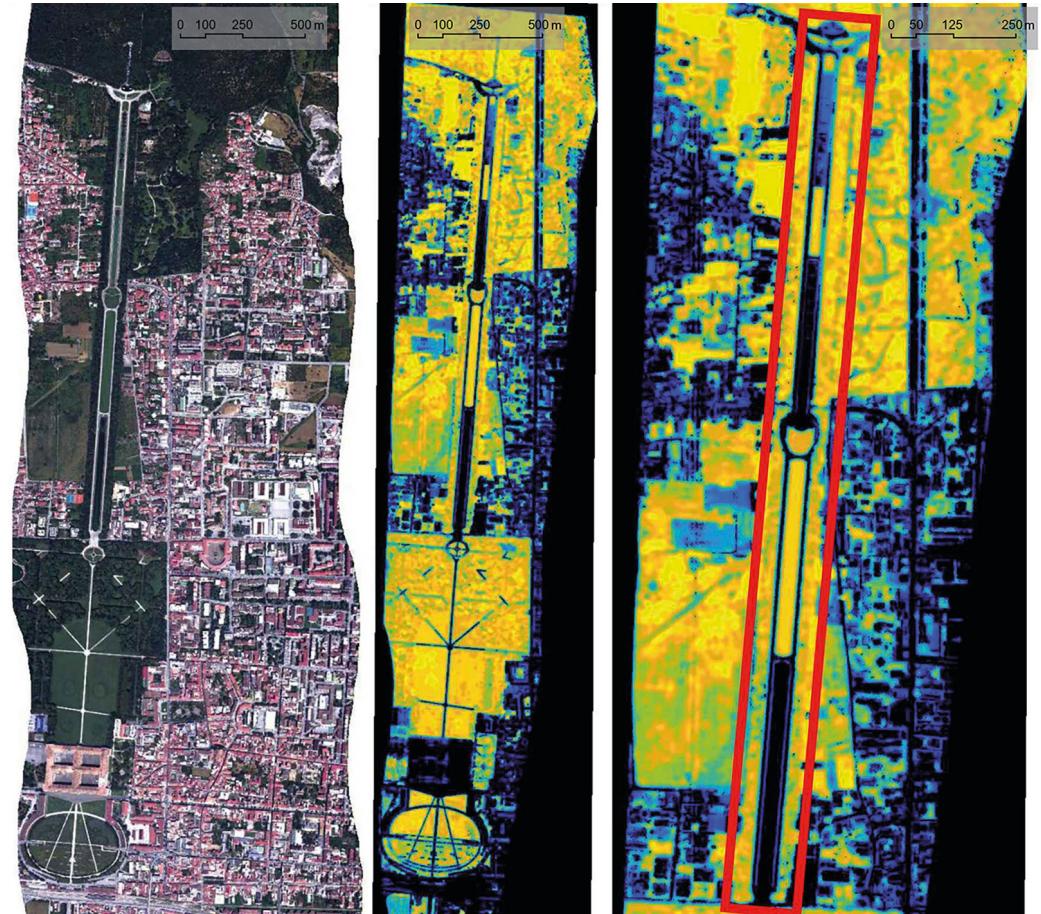


Fig. 3. Spectral index processing and comparison with the RGB image, focus on the detected holm oak (processing by authors).

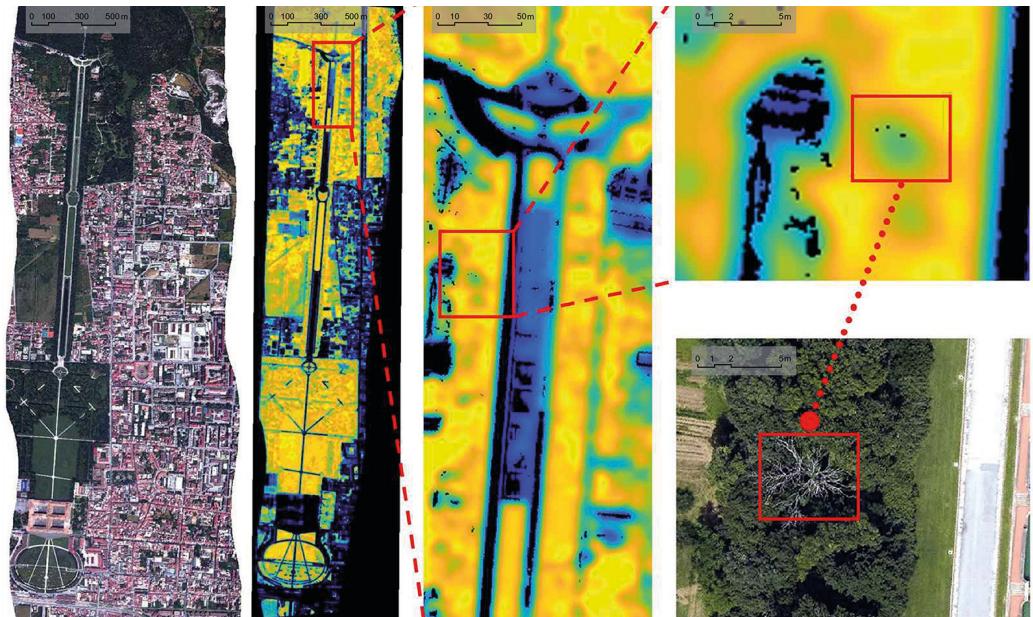


Fig. 4. Spectral index processing and comparison with RGB image, focus on detected holm oak (processing by authors).

the Via d'Acqua, in order to calculate the mean, median, and standard deviation for each stress category. These data provide a comprehensive overview of the condition of the vegetation in the examined area. In addition, the last two columns of the table calculate the percentage of healthy vegetation, considering a threshold of 0.4, which is the maximum value for healthy vegetation. This threshold value corresponds to the mean plus the standard deviation for the green category, which indicates the highest stress level (figs. 5, 6).

Almost all oak plants showed low stress levels in the categories related to canopy water indices, light use efficiency and leaf pigment. However, the green index category was found to be the major source of stress, with a stress value of 17.4 percent exceeding the threshold of 0.4 shown in Table I.

Stress Level	Mean	Median	Standard Deviation	Stress < 0.4	Stress > 0.4
Greenness	0.35	0.344	0.05	82.6 %	17.4 %
Canopy water	0.27	0.26	0.04	99.2 %	0.8 %
Leaf pigment	0.20	0.20	0.04	99.9 %	0.1 %
Light use efficiency	0.18	0.18	0.01	100 %	0 %

Table I. Statistical parameters for the four stress level categories of ROIs.

The stress maps, due to the high geometric resolution of the hyperspectral data, were analyzed in detail to identify anomalies related to high stress levels, as shown in figure 6. To confirm and better understand these anomalies, was used the PhaseOne iXM RGB camera, which offers a ground resolution of eight cm and a power of 150 billion pixels. This device is employed by Benecon to acquire images that flank those obtained through the hyperspectral sensor.

Comparison with the image of the same area where the anomaly occurred confirms a high level of stress on a single tree. This comparison contributes to the validation of the methodology used for geo-localization of stressed trees. Results confirm the effectiveness

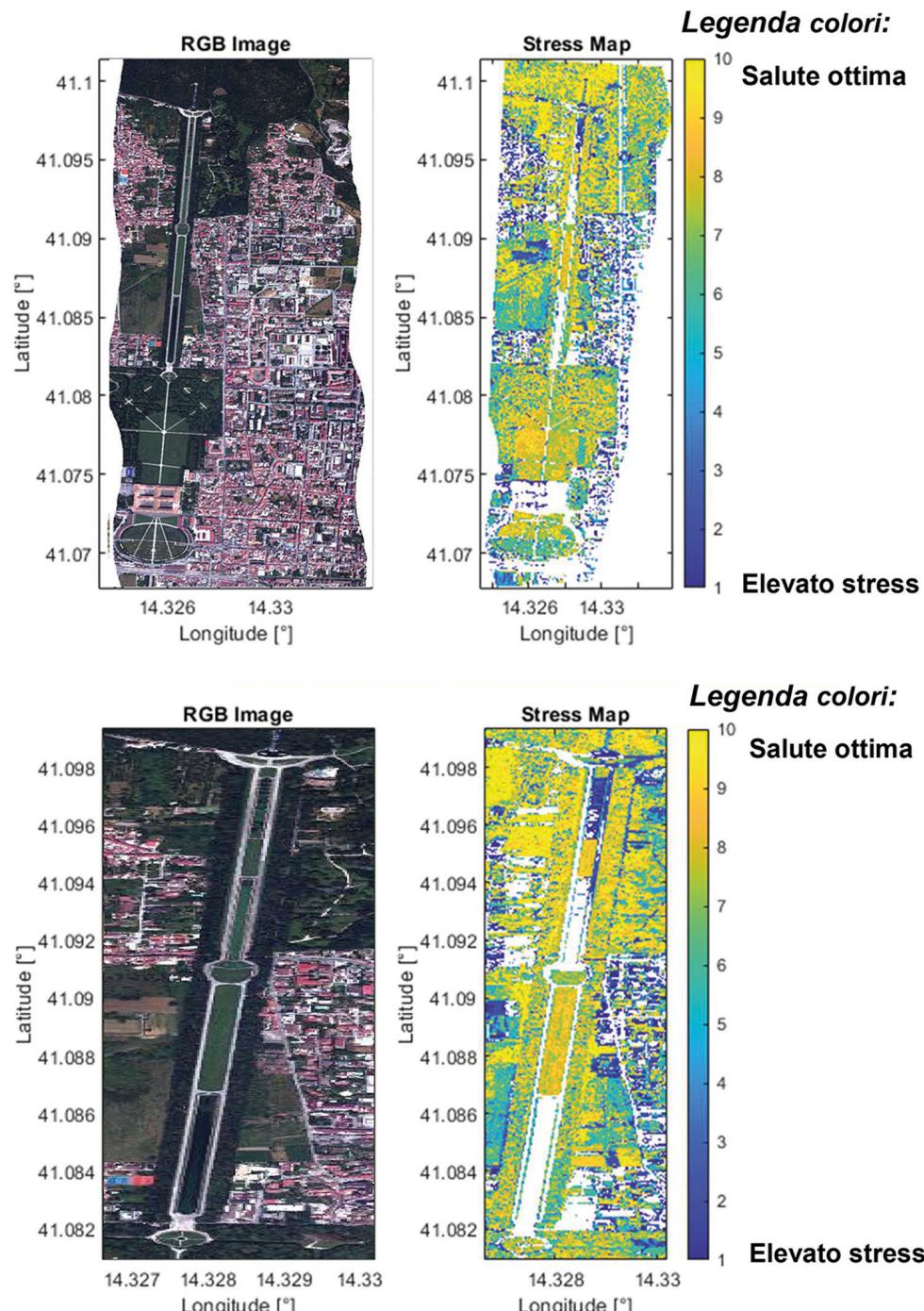


Fig. 5. Processing results of the survey conducted with hyperspectral sensor (elaboration by the authors).

of hyperspectral imaging in detecting vegetative stress early, surpassing visual inspections and multispectral imaging in accuracy. This technology detects subtle spectral variations before visible signs appear, offering a strategic tool for preventive conservation interventions to protect ecological health and cultural heritage (fig. 7).

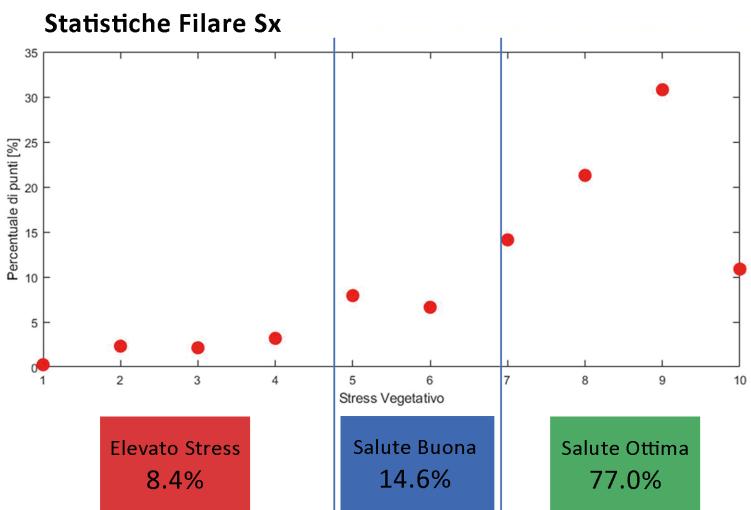
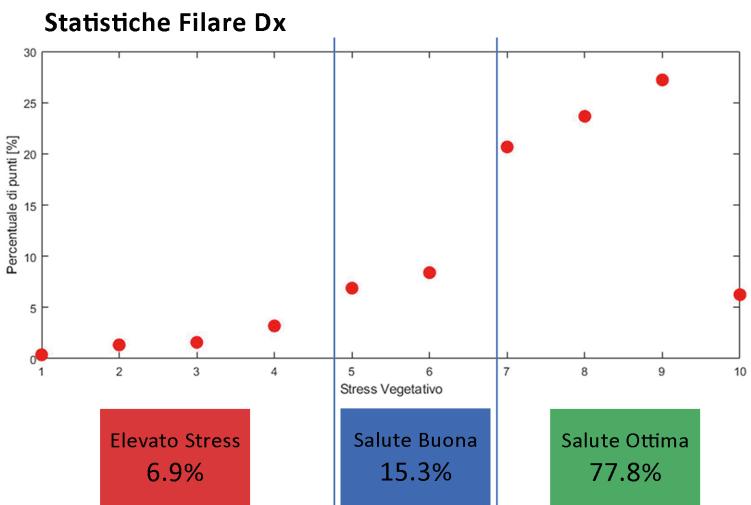
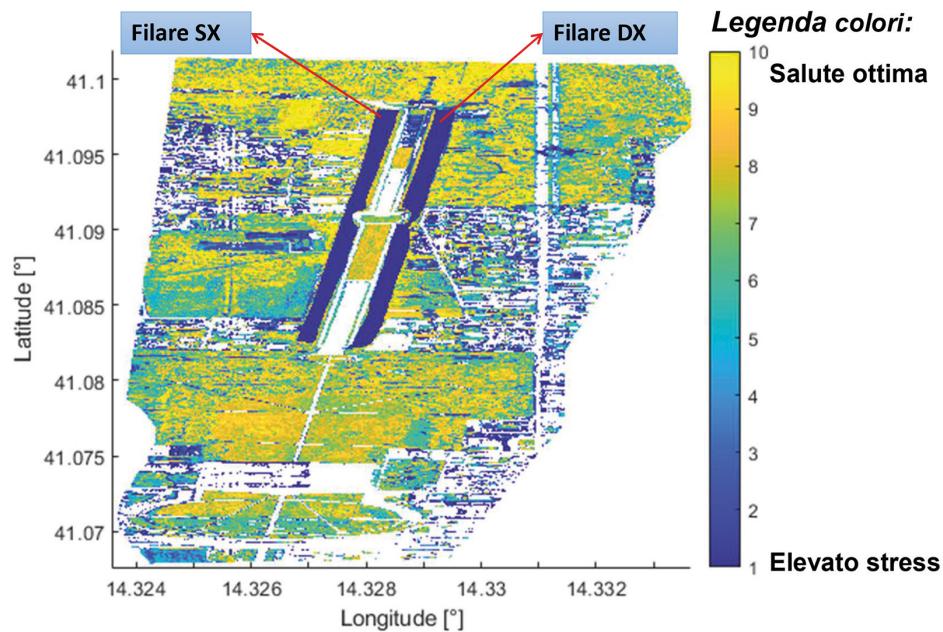


Fig. 7. Processing results of the survey conducted with hyperspectral sensor (elaboration by the authors).

Conclusion

At the Royal Palace of Caserta, nature is design: drawing, geometry, composition. The double row of holm oaks along the main avenue represents an act of vegetal architecture, where the tree takes on the role of plastic material, structural element and scenic device. In this orderly system, the ITRES CASI-1500 hyperspectral sensor made it possible to analyze the health of the trees as integral parts of a green design, in which each plant contributes to the form and meaning of the space.

The study was based on spectral indices in the VNIR band, divided into four categories: water in the canopy, light use, leaf pigment, and vegetative vigor. The data, normalized and transformed into thematic maps, provide a scientific reading of plant balance over time. The results indicate good overall condition, but with signs of stress in the green indices, suggesting a weakening of the formal row component. Hyperspectral technology thus becomes a tool for protecting vegetal design, restoring an objective view of the harmony between form and function.

This research takes the form of an example of contemporary *èkphrasis*, where historical memory, design and innovation merge, and the landscape becomes legible even in its most invisible aspects, thanks to the precision of the digital gaze and the expert investigator.

Credits

Although the contribution is the result of joint work, Carmine Gambardella is the author of the paragraphs *Introduction, Methodology and post processing of data for landscape design*. Rosaria Parente is author of the paragraphs *The survey from above for monitoring the state of health of the Waterway, The Royal Palace of Caserta and its park: a timeless legacy*. Carmine Gamabrdella and Rosaria Parente are the authors of paragraph *Conclusion*.

Reference List

- Carter, G. A. (1994). Ratios of Leaf Reflectances in Narrow Wavebands as Indicators of Plant Stress. In *International Journal of Remote Sensing*, n. 15, pp. 697-704. <https://doi.org/10.1080/01431169408954109>.
- Chen, Y., Barak, P. (1982). Iron Nutrition of Plants in Calcareous soils. In *Advances in Agronomy*, vol. 35, pp. 217-240. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60326-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60326-0).
- Gambardella, C., Parente, R., Scotto di Santolo, A., Ciaburro, G. (2022). New Digital Field of Drawing and Survey for the Automatic Identification of Debris Accumulation in Flooded Areas. In *Sustainability*, 15 (1), 479, pp. 1-23. <https://doi.org/10.3390/su15010479>.
- Gutierrez-Rosales, G., Garrido-Fernandez, F.J., Gallardo-Guerrero, L., Gandul-Rojas, B. (1992). Action of Chlorophylls on the Stability of Virgin Olive Oil. In *AOCS Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 69, n. 9. <https://doi.org/10.1007/BF02636334>.
- Marschner, H., Romheld, V., Kissel, M. (1986). Different Strategies in Higher Plants in Mobilization and Uptake of Iron. In *Journal of Plant Nutrition*, 9, pp. 695-713. <https://doi.org/10.1080/01904168609363475>.
- Parente, R., Gambardella, C., Ciambrone, A., Casbarra, M. (2021). A Principal Components Analysis-Based Method for the Detection of Cannabis Plants Using Representation Data by Remote Sensing. In *DATA*, vol. 6, n. 10, 108, pp. 1-13. <https://doi.org/10.3390/data6100108>.
- Vogelmann, J. E., Rock, B. N., Moss, D. M., (1993). Red Edge Spectral Measurements from Sugar Maple Leaves. In *International Journal of Remote Sensing*, vol. 14, n. 8, pp. 1563-1575. <https://doi.org/10.1080/01431169308953986>.

Authors

Carmine Gambardella, UNESCO Chair on Landscape, Cultural Heritage and Territorial Governance, Benecon Universities Consortium, gambardella.unescocchair@benecon.it
Rosaria Parente, Benecon Universities Consortium, Universitas Mercatorum, rosaria.parente@unimercatorum.it

To cite this chapter. Carmine Gambardella, Rosaria Parente (2025). *Contemporary Èkphrasis: The Royal Palace of Caserta Between Architecture, Nature and Digital Innovation.* In L. Carlevaris et al. (Eds.). *èkphrasis. Descrizioni nello spazio della rappresentazione/èkphrasis. Descriptions in the space of representation.* Proceedings of the 46th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 3751-3770. DOI: 10.3280/oa-1430-c950.