



Progetto HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste” presso l'impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Aggiornamento del Protocollo di Monitoraggio dell'Ecosistema e Piano di Monitoraggio Dendrochimico

Ottemperanza alla Condizione Ambientale n. 8 del Parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS n. 360 del 25/11/2022

Presentato a:

Versalis S.p.A – Stabilimento di Mantova

Via Taliercio, 14
46100 Mantova (MN)

Inviato da:

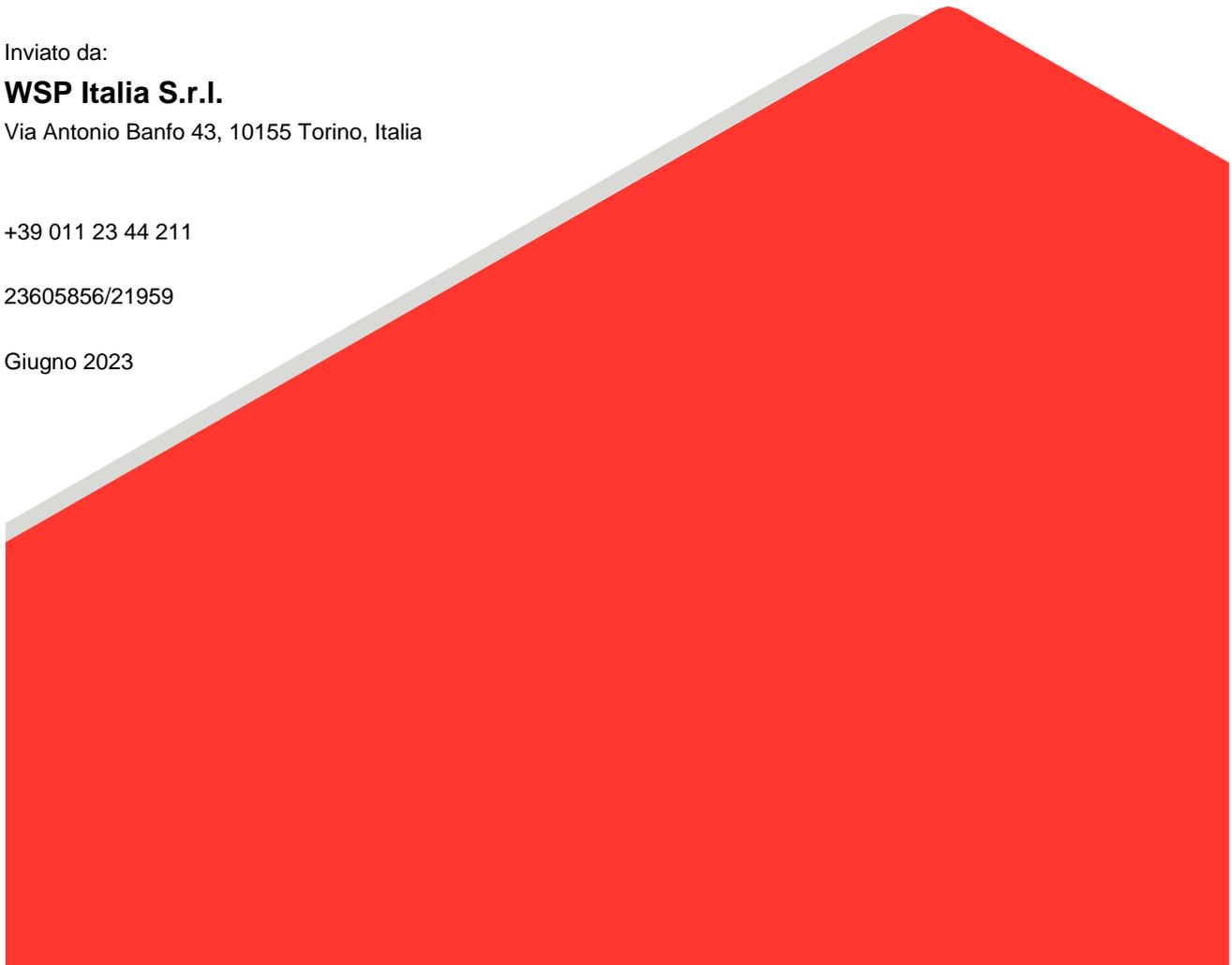
WSP Italia S.r.l.

Via Antonio Banfo 43, 10155 Torino, Italia

+39 011 23 44 211

23605856/21959

Giugno 2023



Indice

1.0	PREMESSA.....	1
2.0	VERIFICA DI OTTEMPERANZA ALLA CONDIZIONE AMBIENTALE N. 8 – AGGIORNAMENTO DEL PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO DELL'ECOSISTEMA	2
2.1	Monitoraggio della vegetazione con quadrati permanenti	2
2.2	Biomonitoraggio mediante indice di biodiversità lichenica.....	5
2.3	Monitoraggio avifauna.....	8
3.0	PROPOSTA DI CRONOPROGRAMMA ANNUALE DI MONITORAGGIO DELL'ECOSISTEMA	11

TABELLE

Tabella 1:	Stazioni di monitoraggio floristico	2
Tabella 2:	Stazioni di monitoraggio IBL	5
Tabella 3:	Forofiti monitoraggio IBL.....	6
Tabella 4:	Stazioni monitoraggio avifauna.....	9

FIGURE

Figura 1:	stralcio dell'area di studio in cui è riportata la localizzazione del punto FLO03 : secondo il PMA e la nuova localizzazione definita a seguito del sopralluogo effettuato	3
Figura 2:	dall'alto in basso, immagini delle aree visitate all'interno delle quali sono localizzati i punti di monitoraggio sopra descritti (FLO01, FLO02, FLO03 e FLO04)	4
Figura 3:	esempi di forofiti individuati nella ricognizione del 21/04/2023:	7
Figura 4:	ubicazione dei 20 punti di ascolto per il rilievo dell'avifauna nell'area di studio:.....	8
Figura 5:	Per raggiungere alcune delle stazioni è stato necessario l'utilizzo di idonea imbarcazione (es. AVI0302).....	9
Figura 6:	coppia di Canapiglia (Mareca strepera)	10

APPENDICI

APPENDICE A

Piano di monitoraggio dendrochimico

1.0 PREMESSA

In data 25/11/2022 la Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS, con il Provvedimento direttoriale n. 360, ha espresso parere favorevole sulla compatibilità del Progetto Hoop "Impianto pilota per la Pirolisi di plastiche miste", vincolato all'ottemperanza di una serie di condizioni ambientali.

Il Provvedimento direttoriale pone, tra le condizioni ambientali, che la società Versalis S.p.A., Proponente del Progetto, rispetti quanto segue:

8. *Piano di monitoraggio: attesa l'esclusione dalla fase di valutazione appropriata della VINCA, si prescrive la reportistica su base annuale, da condividere con i soggetti territoriali. Per quanto riguarda in particolare la vegetazione, oltre ai rilievi descritti per il monitoraggio effettuato in quadrati permanenti, si prescrive una campagna multitemporale sperimentale di campionamento e analisi dendrochimica in associazione a quella di biodiversità licheni per verificare l'eventuale presenza o bioaccumulo di metalli o altri agenti di deperimento. La durata di tali analisi deve essere di 4 + 2 +2 anni.*

Nel presente elaborato si risponde alle sopra descritte prescrizioni fornendo:

- un aggiornamento del Protocollo di Monitoraggio dell'Ecosistema (nel seguito "PME", Appendice C alla Relazione 21493955/13366 Valutazione di Incidenza Ecologica del Dicembre 2021) e delle relative tempistiche anche alla luce del sopralluogo eseguito lo scorso 21 aprile 2023;
- una proposta di piano di monitoraggio dendrochimico.

2.0 VERIFICA DI OTTEMPERANZA ALLA CONDIZIONE AMBIENTALE N. 8 – AGGIORNAMENTO DEL PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO DELL'ECOSISTEMA

Il presente Capitolo contiene un aggiornamento del PME a seguito del sopralluogo eseguito ad aprile 2023 presso le stazioni di monitoraggio previste.

Come prescritto nel parere, in Appendice A si riporta una proposta di campagna multitemporale sperimentale di campionamento e analisi dendrochimica.

2.1 Monitoraggio della vegetazione con quadrati permanenti

Il giorno 21 aprile 2023 è stata effettuata la prima visita alle stazioni di Monitoraggio Floristico. La visita è stata finalizzata a verificare l'accessibilità dei 4 siti di monitoraggio (FLO01÷ FLO04) indicati nel PME e ad individuare i quadrati permanenti nei quali saranno effettuati i rilevamenti. Come indicato nel PMA, eventuali limitati spostamenti delle stazioni di monitoraggio rispetto ai punti indicati sono stati proposti a seguito del sopralluogo svolto, in relazione ad aspetti legati all'applicazione della metodologia di monitoraggio e ad aspetti logistici e di accessibilità dei siti proposti.

Per quanto riguarda le 4 stazioni di monitoraggio, è stato verificato quanto segue:

- FLO01: si conferma il punto di monitoraggio, localizzato all'interno di una formazione a *Bidens* sp. e *Polygonum* sp., che alla data del sopralluogo presentava giovani piante di altezza pari a circa 5 cm, circondata da una boscaglia a *Salix cinerea* e sporadici esemplari di *Salix alba* (habitat 3270);
- FLO02: confermato il punto di monitoraggio, localizzato all'interno di un saliceto invecchiato a *Salix alba* (habitat 91E0*), con presenza di *Sambucus nigra* e *Cornus sanguinea* e sottobosco erbaceo particolarmente sviluppato, dominato da entità nitrofile e ruderali quali *Parietaria officinalis*, *Galium aparine*, *Lamium purpureum*, *Urtica dioica*, *Rubus* sp. Nel sito sono inoltre presenti le alloctone invasive *Amorpha fruticosa* e *Sycios angulatus*;
- FLO03: non è stato possibile raggiungere il punto nella localizzazione definita all'interno del PMA; pertanto FLO03 è stato localizzato circa 200 m più a nord, sempre all'interno di un lembo di saliceto invecchiato di *Salix alba*, con *Populus nigra* (habitat 91E0*); la cenosi presenta un sottobosco erbaceo igrofilo con presenza di specie anche di pregio floristico come *Leucojum aestivum*, oltre a *Carex elata*, *Carex vesicaria* e *Iris pseudoacorus*;
- FLO04: è stato verificato l'accesso al sito (tramite l'area ex Belleli) e si conferma il rilievo nella localizzazione prevista all'interno del PMA, in quanto è presente un popolamento monospecifico a *Nuphar luteum*, riferibile all'habitat 3150.

La prima campagna di monitoraggio annuale a metà di giugno, dal momento che gli habitat oggetto di indagine (in particolare 3270) presentano uno sviluppo tardivo che rende impossibile il monitoraggio nel mese di maggio. La seconda campagna sarà eseguita tra i mesi di luglio ed agosto.

Tabella 1: Stazioni di monitoraggio floristico

Denominazione	Coordinate WGS84/32		Note
	X	Y	
FLO01	644622	4999957	
FLO02	644316	4999232	
FLO03	643727	5000014	Nuova posizione

Denominazione	Coordinate WGS84/32		Note
	X	Y	
FLO03	643709	4999812	Posizione indicata sul PMA (posizione risultata inaccessibile)
FLO04	643160	5000044	



Figura 1: stralcio dell'area di studio in cui è riportata la localizzazione del punto FLO03 : secondo il PMA e la nuova localizzazione definita a seguito del sopralluogo effettuato



FLO01



FLO02



FLO03



FLO04

Figura 2: dall'alto in basso, immagini delle aree visitate all'interno delle quali sono localizzati i punti di monitoraggio sopra descritti (FLO01, FLO02, FLO03 e FLO04)

2.2 Biomonitoraggio mediante indice di biodiversità lichenica

Il giorno 21 aprile 2023 è stata effettuata la prima visita delle stazioni di monitoraggio dell'Indice di Biodiversità Lichenica (IBL). La visita è stata finalizzata a verificare l'accessibilità dei 4 siti di monitoraggio (IBL01-04) indicati nel PME e ad individuare gli alberi (forofiti) su cui sarà monitorato l'IBL. Come indicato nel PME, eventuali limitati spostamenti delle stazioni di monitoraggio rispetto ai punti indicati potranno verificarsi in relazione ad aspetti legati all'applicazione della metodologia di monitoraggio e ad aspetti logistici e di accessibilità dei siti proposti.

Come previsto, data la stagione ed il tipo di ambiente, l'accesso ai siti di monitoraggio non è risultato semplice. In particolare, nella data di visita l'accesso ai forofiti è stato complicato a causa dell'elevata fangosità dei suoli. Per questa ragione è stato ritenuto preferibile rimandare il rilevamento dell'IBL al mese di giugno, con condizioni di accessibilità migliorate.

Per quanto riguarda le 4 stazioni di monitoraggio, è stato verificato quanto segue:

- IBL01: la stazione è accessibile e nella stazione sono stati individuati 3 forofiti adatti al rilievo dell'IBL
- IBL02: il punto indicato nel PMA non è accessibile per via della densa vegetazione palustre. La stazione è stata quindi traslata di circa 180m in direzione NW, sempre all'interno dell'Habitat 91E0*. Sono stati individuati 3 forofiti come da indicazioni del PMA.
- IBL03: stazione raggiungibile, 3 forofiti individuati
- IBL04: stazione raggiungibile, 3 forofiti individuati

Le stazioni di monitoraggio sono elencate nella tabella seguente, in cui vengono indicate le vecchie coordinate della stazione IBL02 (come su PME), e le nuove coordinate rilevate sul campo.

Tabella 2: Stazioni di monitoraggio IBL

Denominazione	Coordinate WGS84/32		Note
	X	Y	
IBL01	643533	5000032	
IBL02	644225	5000164	Nuova posizione
IBL02	644338	5000021	Posizione indicata sul PMA
IBL03	644737	4999939	
IBL04	644156	4999300	

Di seguito vengono elencati i 12 forofiti individuati nella ricognizione del 21 aprile 2023:

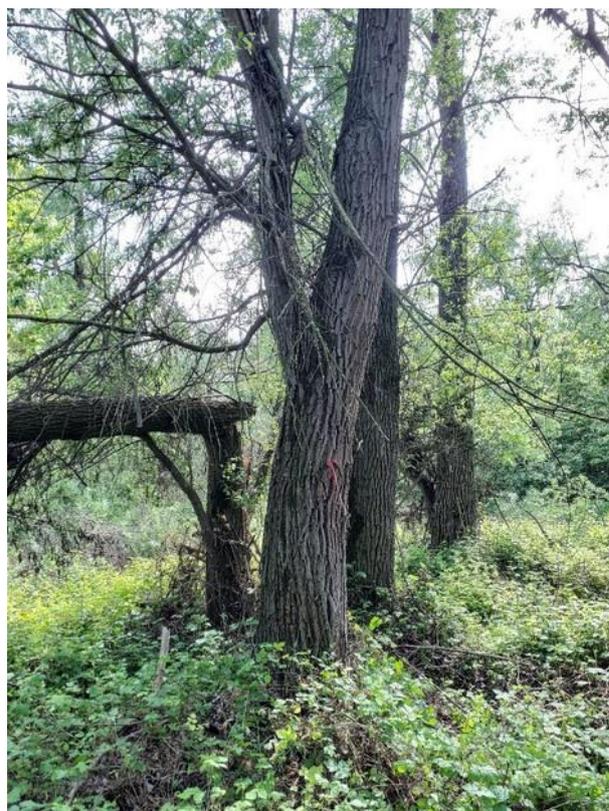
Tabella 3: Forofiti monitoraggio IBL

Codice Forofita	Specie	Circonferenza Forofita	Coordinate UTM WGS84/32	
			X	Y
IBL01_A	<i>Populus nigra</i>	187	643520	5000057
IBL01_B	<i>Populus nigra</i>	112	643516	5000049
IBL01_C	<i>Populus nigra</i>	162	643526	5000036
IBL02_A	<i>Populus alba</i>	152	644237	5000141
IBL02_B	<i>Populus alba</i>	114	644240	5000144
IBL02_C	<i>Populus alba</i>	208	644239	5000151
IBL03_A	<i>Salix alba</i>	173	644737	4999906
IBL03_B	<i>Salix alba</i>	94	644735	4999912
IBL03_C	<i>Salix alba</i>	163	644718	4999906
IBL04_A	<i>Salix alba</i>	102	644150	4999293
IBL04_B	<i>Salix alba</i>	145	644169	4999286
IBL04_C	<i>Salix alba</i>	103	644178	4999247

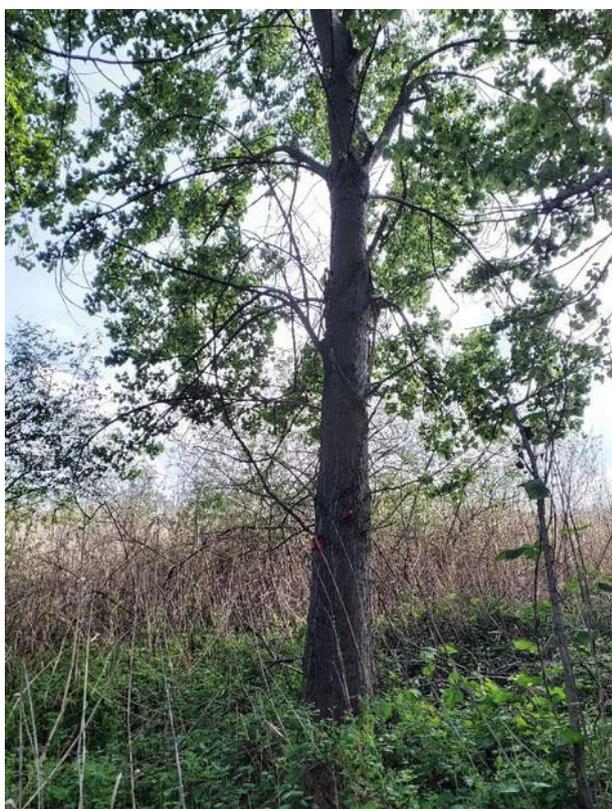
Come indicato nella Condizione Ambientale n. 8, il biomonitoraggio mediante indice di biodiversità lichenica avrà una durata di 4 + 2 + 2 anni in analogia alla campagna di analisi dendrochimiche.



FOROFITA IBL04_A



FOROFITA IBL03_A



FOROFITA IBL01_C



FOROFITA IBL02_B

Figura 3: esempi di forofiti individuati nella ricognizione del 21/04/2023:

2.3 Monitoraggio avifauna

Dal 18 al 19 maggio 2023 è stata effettuata la prima sessione di monitoraggio dell'avifauna.

Si tratta di un periodo di picco di attività dell'avifauna, in cui molte specie sono già impegnate nelle attività riproduttive, mentre sono ancora osservabili diverse specie migratrici, soprattutto quelle cosiddette "a lungo raggio" o transariane.

Considerando il posizionamento randomizzato delle 5 stazioni Avifauna iniziali, ognuno di questi è stato duplicato in 4 stazioni, a distanza non inferiore ai 200 metri tra ciascuna di esse, per un totale di 20 stazioni in corrispondenza delle quali effettuare un punto di ascolto, in modo da avere un campione statisticamente significativo da analizzare (Figura 4 e Tabella 4).

Oltre alla ragionevole distanza tra loro, per la collocazione dei punti di rilievi sono state prese in considerazione il livello di rappresentatività degli habitat disponibili e le possibilità di accesso, in un'area non facile da questo punto di vista. Per quattro di queste è stato necessario usufruire dell'utilizzo di un'imbarcazione (Figura 5).



Figura 4: ubicazione dei 20 punti di ascolto per il rilievo dell'avifauna nell'area di studio.:

Tabella 4: Stazioni monitoraggio avifauna

Codice stazione	Coordinate WGS84/32	
	X	Y
AVI0101	643992	4999200
AVI0102	644031	4999554
AVI0103	644442	4999154
AVI0104	644797	4999658
AVI0201	643986	4999910
AVI0202	643458	5000086
AVI0203	643773	5000041
AVI0204	643877	5000382
AVI0301	643079	5000206
AVI0302	642606	5000055
AVI0303	642480	5000266
AVI0304	643230	5000068
AVI0401	644260	4998846
AVI0402	644094	4998557
AVI0403	643801	4998614
AVI0404	643590	4998776
AVI0501	643368	4999437
AVI0502	643041	4999707
AVI0503	643094	4998950
AVI0504	643618	4999361

Nel corso dei rilievi di questa prima sessione è stato possibile rilevare la presenza di ben 52 specie di uccelli, tra le quali diverse legate agli habitat di bosco ripariale quali Rigogolo, Capinera, Usignolo, Usignolo di fiume, Picchio rosso maggiore. La presenza di un'importante garzaia proprio nella proprietà di Versalis implica la presenza nell'area di quasi tutte le specie di ardeidi europee (Airone cenerino, Airone rosso, Garzetta, Airone guardabuoi, Sgarza ciuffetto, Airone bianco maggiore), alcune delle quali nidificanti all'interno dell'area di studio.



Figura 5: Per raggiungere alcune delle stazioni è stato necessario l'utilizzo di idonea imbarcazione (es. AVI0302)



Figura 6: coppia di Canapiglia (*Mareca strepera*)

Discretamente diffuse altre specie legate agli ambienti fluviali come Germano reale, Martin pescatore, Cigno reale e Canapiglia (Figura 6). Quest'ultimo, in particolare, è un anatide apparentemente in aumento ma ancora non particolarmente diffuso in Italia con popolazioni nidificanti molto localizzate. Circa una decina di individui di questa specie sono state osservate nell'area di studio nel corso della prima sessione di rilievi.

Osservate anche alcune specie tipicamente migratrici che trovano nell'area della Vallazza, un luogo per sostare e nutrirsi prima di continuare il loro viaggio verso i quartieri riproduttivi, tra questi Mignattino comune e Luì verde.

3.0 PROPOSTA DI CRONOPROGRAMMA ANNUALE DI MONITORAGGIO DELL'ECOSISTEMA

Di seguito si riporta lo schema di cronoprogramma di dettaglio delle attività di monitoraggio descritte nei precedenti paragrafi (incluse quelle di monitoraggio delle specie esotiche invasive oggetto della Condizione Ambientale n. 9).

Componente	Attività	Subattività	Numero stazioni	Numero sessioni nell' anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Flora	Monitoraggio vegetazione quadrati permanenti	Desktop + rilievi in campo	4	2												
Flora	Monitoraggio vegetazione quadrati permanenti	Rapporto di monitoraggio														
Flora	Indice di biodiversità lichenica	Desktop + rilievi in campo		1												
Flora	Indice di biodiversità lichenica	Rapporto di monitoraggio														
Fauna	Specie faunistiche - Uccelli	Desktop + rilievi in campo	5	2												
Fauna	Specie faunistiche - Uccelli	Rapporto di monitoraggio														
Invasive	Monitoraggio specie esotiche invasive	Desktop + rilievi in campo	2	1												
Invasive	Monitoraggio specie esotiche invasive	Rapporto di monitoraggio														

Pagina delle firme

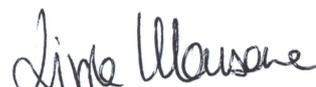
WSP Italia S.r.l.



Alessandro Poltronieri
Project Manager



Luca Borghesio
Esperto biologo



Livia Manzone
Project Director

C.F. e P.IVA 03674811009
Registro Imprese Torino
R.E.A. Torino n. TO-938498
Capitale sociale Euro 105.200,00 i.v.

APPENDICE A

**Piano di monitoraggio
dendrochimico**



Progetto HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste” presso l'impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Aggiornamento del Protocollo di Monitoraggio dell'Ecosistema

Appendice A – Piano di monitoraggio dendrochimico

*Ottemperanza alla Condizione Ambientale n. 8 del Parere della Commissione
Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS n. 360 del 25/11/2022*

Presentato a:

Versalis S.p.A – Stabilimento di Mantova

Via Taliercio, 14
46100 Mantova (MN)

Inviato da:

WSP Italia S.r.l.

Via Antonio Banfo 43, 10155 Torino, Italia

+39 011 23 44 211

23605856/21959 Appendice A

Giugno 2023

Indice

1.0	INTRODUZIONE	1
1.1	Documentazione di riferimento	1
2.0	DESCRIZIONE DELL'APPROCCIO DENDROCHIMICO	3
2.1	La dendrochimica	3
2.2	Modalità di assorbimento degli inquinanti	3
2.3	Limitazioni dell'approccio dendrochimico	4
2.4	Le specie arboree da utilizzare	5
3.0	PROPOSTA DI PIANO DI MONITORAGGIO	6
3.1	Stazioni di monitoraggio ed esemplari oggetto di studio	6
3.2	Cronoprogramma delle attività previste	10
4.0	MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO E ANALISI	11
4.1	Metodiche di campionamento	11
4.2	Definizione del set analitico	11
4.2.1	Il progetto Hoop	11
4.2.2	Effluenti gassosi	12
4.2.3	Monitoraggio emissioni	12
4.2.4	Scelta del set analitico	13
4.3	Metodiche di analisi	14
5.0	RESTITUZIONE DEI DATI	16
6.0	LIMITAZIONI DELL'APPROCCIO DENDROCHIMICO RISPETTO AL PROGETTO HOOP	17

TABELLE

Tabella 1:	Elenco esemplari identificati per il monitoraggio dendrochimico	9
Tabella 2:	Programma indicativo delle attività di monitoraggio previste	10

FIGURE

Figura 1:	Biossido di azoto (NO ₂) - Mappa delle concentrazioni medie annuali – Scenario di <i>base-line</i> (da Studio Modellistico delle ricadute al suolo di inquinanti emessi in atmosfera, allegato allo Studio di Impatto ambientale – Dicembre 2021)	7
-----------	---	---

Figura 2: Biossido di azoto (NO₂) - Mappa delle concentrazioni medie annuali – Scenario alla massima capacità produttiva con progetto Hoop (da Studio Modellistico delle ricadute al suolo di inquinanti emessi in atmosfera, allegato allo Studio di Impatto ambientale – Dicembre 2021)8

ALLEGATI

ALLEGATO 1: Schede arboree

1.0 INTRODUZIONE

Il presente documento riporta una proposta di piano di monitoraggio dendrochimico, sperimentale e pluriennale, come richiesto all'interno del parere n. 360 del 25/11/2022 della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS nella Condizione ambientale n. 8.

Nei capitoli successivi verrà fatta una panoramica dello stato dell'arte sulla metodologia e sulle sue possibili limitazioni per il caso specifico e sarà infine presentata una proposta di piano di monitoraggio.

Per la parte di inquadramento territoriale e delle ZCS e ZPS ("Vallazza") vicine allo stabilimento nelle quali avverrà il monitoraggio descritto nel presente documento si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale.

1.1 Documentazione di riferimento

Si elencano di seguito le pubblicazioni e gli articoli tecnici citati nel corso del documento:

- [1] "Dendrochemistry: Ecosystem Services Perspectives for Urban Biomonitoring" (Semeraro et al., 2020)
- [2] "Preserving air pollution forest archives accessible through dendrochemistry" (Alterio et al., 2020)
- [3] "Bioindicatori ambientali" (Fondazione Lombardia per l'Ambiente, 1998)
- [4] "Tree biology and dendrochemistry" in *Tree-Rings, Environment, and Humanity: Proceedings of the 1994 International Conference*. Tucson, Arizona, Radiocarbon (Smith and Shortle, 1996).
- [5] "Measuring the chemical ingredients in tree rings" in *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences* (Kairiukstis, Kocharov, 1989)
- [6] "Applied Dendroecology and Environmental Forensics. Characterizing and Age Dating Environmental Releases: Fundamentals and Case Studies" (Balouet et al., 2007)
- [7] "Impacts and effects indicators of atmospheric deposition of major pollutants to various ecosystems – a review" (Wright et al., 2018)
- [8] "Impacts of atmospheric particulate matter pollution on environmental biogeochemistry of trace metals in soil-Plant system: a review" (Luo et al., 2019)
- [9] "Integrated biomonitoring of airborne pollutants over space and time using tree rings, bark, leaves and epiphytic lichens" (Cocozza et al., 2016)
- [10] "Pollution Investigation by Trees (PIT): Methodological Guide" (Balouet et al., 2015)
- [11] "Phytoforensics, Dendrochemistry, and Phytoscreening: New Green Tools for Delineating Contaminants from Past and Present" (Burken et al., 2011)
- [12] "Tracing environmental contamination in glass waste deposits through dendrochemistry" (Rocha et al., 2019)
- [13] "First evidence of nanoparticle uptake through leaves and roots in beech (*Fagus sylvatica* L.) and pine (*Pinus sylvestris* L.)" (Ballikaya et al., 2023)
- [14] "Silver nanoparticles enter into the xylem of tree stems faster through leaves than through roots" (Cocozza et al., 2019)
- [15] "Dendrochemistry of Multiple Releases of Chlorinated Solvents at a Former Industrial Site" (Balouet et al., 2012)
- [16] "Air pollution and environmental chemistry – what role for tree-ring studies?" (Ferretti et al., 2022)
- [17] "The effect of industrial pollution on Zinc, Cadmium and Copper concentration in the xylem rings of Scot's pine (*Pinus sylvestris* L.) and in the soil (Lukaszewski et al., 1988)
- [18] "A comparison of lead isotope ratios in the bark pockets and annual rings of two beech trees collected in Derbyshire and south Yorkshire, UK" (Bellis et al., 2004)
- [19] "Elements content in tree rings from Xi'an, China and environmental variations in the past 30 years" (Liu et al., 2018)
- [20] "An evaluation of the use of dendrochemical analyses in environmental monitoring" (Watmough, 1997)

-
- [21] “Common trends in elements within and between tree variations of wood-chemistry measured by X-ray fluorescence – a dendrochemical study” (Scharnweber et al., 2016)
- [22] “The potential of tree-ring analysis for monitoring heavy metal pollution patterns” (Lepp, 1975)
- [23] “Anatomical, chemical, and ecological factors affecting tree species choice in dendrochemistry studies” (Cutter, Guyette, 1993)
- [24] “Evaluation of historical atmospheric pollution in an industrial area by dendrochemical approaches” (Austruy et al., 2019)
- [25] “Dendrochemical investigation on hexachlorocyclohexane isomers (HCHs) in poplars by an integrated study of micro-fourier transform infrared spectroscopy and gas chromatography” (Bernini et al., 2016)
- [26] “Determination of As in tree rings of poplar (*Populus alba* L.) by U-shaped DC arc. Environ. Monit. Assess” (Markovic et al., 2009)
- [27] “Oak tree-rings record spatial-temporal pollution trends from different sources in Terni (Central Italy) (Perone et al., 2018)
- [28] “Accumulation of heavy metal in *Platanus orientalis*, *Robinia pseudoacacia* and *Faxinus rotundifolia*” (Monfared et al., 2013)
- [29] “*Robinia pseudoacacia*-dominated vegetation types of Southern Europe: species composition, history, distribution and management” (Vitková, 2020)
- [30] “Assessment of hedge stand types as determinants of woody species richness in rural field margins” (Sitzia et al., 2013)
- [31] “Environmental factors interact with spatial processes to determine herbaceous species richness in woody field margins” (Sitzia et al., 2014)
- [32] “First detection of nitrogen from NO_x in tree rings: a ¹⁵N/¹⁴N study near a motorway” (M. Saurer et al., 2004)
- [33] “Some considerations in the reconstruction of lead levels using laser ablation: lessons from the design stage of an urban dendrochemistry study” (Danek et al., 2015)

2.0 DESCRIZIONE DELL'APPROCCIO DENDROCHIMICO

Prima di procedere con la descrizione del piano di monitoraggio si ritiene opportuno presentare in forma sintetica lo stato dell'arte dell'approccio dendrochimico, ovvero una tecnica di biomonitoraggio, valido strumento integrativo nello studio dell'inquinamento così come riportato in letteratura (Paragrafo 1.1).

Il metodo dendrochimico è stato spesso proposto per analizzare la distribuzione spaziale e spazio-temporale degli inquinanti nell'ambiente degli ecosistemi urbani poiché utile a valutare cambiamenti significativi nello spazio e nel tempo relativi alle attività economiche e produttive che vi hanno avuto luogo e, quindi, descrivere il rapporto di causa-effetto connesso alle attività antropiche [1].

Gli alberi, infatti, non sono solamente esposti alle piogge e alle temperature del luogo in cui vivono, ma anche all'inquinamento ambientale. Le sostanze inquinanti possono infatti essere assorbite attraverso le radici, le foglie e le cortecce, e da qui trasportate nel legno. Questo significa che, analizzando la composizione chimica degli anelli di accrescimento è possibile ricostruire, attraverso la dendrochimica, la storia degli eventi inquinanti di un luogo specifico, e in particolare di aree urbane e industriali [2].

2.1 La dendrochimica

La dendrochimica è l'analisi del contenuto di elementi chimici negli anelli d'accrescimento degli alberi e viene utilizzata per ricostruire i cambiamenti ambientali avvenuti nel passato nell'ambiente di crescita dell'albero [3]. Questo tipo di approccio risulta estremamente utile nell'evidenziare la disponibilità di sostanze che possono causare problemi di fitotossicità [4] anche in periodi precedenti a quello di osservazione e proprio questa peculiarità definisce numerosi vantaggi applicativi rispetto ai metodi tradizionali. L'analisi può essere svolta su campioni di legno ottenuti in modo non distruttivo (mediante trivella di Pressler si ottengono carote di legno con diametro di 0,5 cm) che, se adeguatamente conservati, mantengono inalterata nel tempo la composizione chimica che è influenzata dalle condizioni ambientali durante l'anno di formazione del legno [4]. La dendrochimica sfrutta le conoscenze della dendrocronologia per la datazione di ciascun anello legnoso con una risoluzione temporale annuale, ovvero il tempo di formazione del legno. Ne deriva la possibilità di analizzare elementi inquinanti stoccati nel legno formato in un anno specifico. In base a quanto riportato in letteratura [5], attualmente possono essere estratti dal legno più di 70 elementi e sono disponibili numerosi metodi per la misura di abbondanza di vari elementi o isotopi all'interno degli anelli annuali, tra cui attivazione neutronica, analisi dell'emissione spettrale, fluorescenza a raggi X, ionizzazione e scintillazione, beta-spettrometro, spettrometria di massa tradizionale e spettrometria di massa con acceleratore. La disponibilità di tecniche analitiche sofisticate permette di stimare la concentrazione dei metalli nelle pareti di singole cellule o di piccoli gruppi di cellule, conferendo un valore aggiunto all'analisi dendrochimica rispetto ai tradizionali approcci di monitoraggio ambientale.

Le potenzialità applicative della dendrochimica possono essere:

- stimare l'età della contaminazione (attraverso l'assorbimento e lo stoccaggio di inquinanti nell'albero);
- caratterizzare la composizione elementare della contaminazione;
- valutare la modalità di rilascio (immediato o progressivo nel tempo);
- mappare l'estensione dei pennacchi di distribuzione della contaminazione (quando disponibile un campionamento di carote legno spazialmente diffuso) [6].

2.2 Modalità di assorbimento degli inquinanti

Le sostanze inquinanti possono essere assorbite dagli alberi attraverso le radici, le foglie e le cortecce, e da qui possono essere trasportate nel legno, ovvero negli anelli di accrescimento formati ogni anno. L'assorbimento e la tossicità degli inquinanti nelle piante possono essere influenzati da fattori fisici, chimici e biologici [7].

L'assorbimento di metalli in traccia negli anelli degli alberi si ritiene dipenda principalmente dal trasporto xilematico, costituito dall'acqua e dai contaminanti assorbiti dalle radici dal suolo o dalle falde acquifere [10]. Tuttavia, il livello di contaminazione e altre proprietà del suolo, ad esempio pH, potenziale redox, consistenza e contenuto di materia organica, possono limitare il trasporto di sostanze inquinanti [11], come anche suoli con un alto contenuto organico o lenti argillose possono limitare il processo di assorbimento di sostanze da parte delle radici [12].

Nelle piante, oltre al noto assorbimento radicale, è stato recentemente dimostrato che la deposizione di inquinanti sulle foglie possa stimolare l'assorbimento fogliare di questi contribuendo in modo significativo all'accumulo degli inquinanti nei tessuti vegetali [8]. Nella letteratura disponibile risultano solo pochi studi che abbiano indagato la penetrazione fogliare di nanoparticelle aerodisperse in piante annuali a crescita rapida (ad esempio, Hong et al., 2014; Larue et al., 2014; Kranjc et al., 2018) e in piante di interesse forestale ([13],[14]). Risultati recenti hanno dimostrato che gli alberi possono assorbire le nanoparticelle attraverso le foglie e le trasportano nel fusto più velocemente dell'assorbimento attraverso le radici, le quali, come succitato, sono esposte ad interazioni con il suolo [9], sebbene i percorsi utilizzati per il trasporto degli inquinanti nel fusto non siano ancora chiari.

2.3 Limitazioni dell'approccio dendrochimico

L'approccio dendrochimico richiede la raccolta di un numero di campioni (rondelle o carote) rappresentativo dell'area di osservazione, poiché bisogna tener conto che i fattori ambientali microstazionali e le caratteristiche costitutive dell'albero sono determinanti la qualità dell'informazione ottenuta [3]. Non è possibile ricorrere a tale tecnica osservando un singolo individuo. È inoltre necessario tener conto che gli alberi non sono registratori passivi dell'ambiente circostante e regolano i loro processi funzionali in relazione all'ambiente che li circonda. È dunque evidente che nell'applicazione della dendrochimica è indispensabile un'approfondita conoscenza della biologia dell'albero [4].

Secondo quanto riportato in letteratura [3], la disponibilità di inquinanti del legno non rappresenta in modo assoluto la condizione di inquinamento dell'area di osservazione. Ad esempio, elevate concentrazioni di metalli nel suolo non necessariamente corrispondono alla presenza o abbondanza di questi nei tessuti legnosi. Il faggio (*Fagus sylvatica* L.), per esempio, realizza un assorbimento e una traslocazione selettiva di Mn, Ca, K e P, mentre non favorisce l'assorbimento di Al e Na. Ne deriva che non è sempre possibile rilevare differenze nella concentrazione di metalli all'interno degli anelli annuali anche quando è accertata una condizione di inquinamento dell'area di interesse [3].

Un aspetto da tener presente nell'applicazione della dendrochimica è la traslocazione radiale degli elementi da un anello all'altro. Una porzione del legno degli alberi, costituita da più anelli di recente formazione (alburno), è deputata al trasporto dell'acqua: questo fa sì che una sostanza possa essere spostarsi tra gli anelli indipendentemente dall'anno di assorbimento. Inoltre, il numero di anelli di cui è composto l'alburno varia da specie a specie e tra individui della stessa specie. Ne deriva che la presenza di un elemento all'interno di un anello corrispondente a un preciso anno di formazione possa provenire da un altro anno di assorbimento. Pertanto, va posta attenzione alla datazione della disponibilità di elemento inquinanti nell'ambiente di crescita dell'albero [3]. Infine, la composizione in elementi chimici del legno può essere soggetta a fluttuazioni di tipo intrinseco [3], ovvero si possono osservare sensibili variazioni nel legno primaverile e nel legno tardivo dello stesso anello, o tra legno costituente l'alburno e il durame.

Per quanto riguarda l'assorbimento radicale, una variabilità può essere dovuta ad una differente solubilità delle sostanze causata dalla distribuzione non omogenea delle precipitazioni nel corso delle stagioni e degli anni, dalla mobilità dei contaminanti nel suolo, e dalla distribuzione degli apparati radicali. Ad esempio durante anni caratterizzati da importanti eventi meteorologici, i livelli di contaminazione possono essere esposti a diluizione, pertanto le concentrazioni nei tessuti arborei potrebbero sottostimare i livelli ambientali [15].

Risulta indispensabile, quindi, avere una buona conoscenza delle modalità di assorbimento, trasporto e accumulo di inquinanti nella pianta, così come scegliere adeguatamente le specie da impiegare, ovvero specie idonee all'accumulo di sostanze inquinanti. La formazione degli anelli degli alberi è influenzata dalle condizioni ambientali e di crescita delle piante, che potrebbero influenzare l'assorbimento e la concentrazione di metalli nei tessuti degli alberi. Questi aspetti richiedono particolare attenzione nella definizione della corrispondenza dell'inquinante nel legno e la disponibilità nell'ambiente ([16], [17], [18], [19], [20], [21]). Inoltre, può essere utile, piuttosto che paragonare le concentrazioni assolute di certe sostanze, un confronto tra le tendenze di variazione che queste sostanze presentano in diversi periodi di crescita e di assorbimento [3].

2.4 Le specie arboree da utilizzare

La caratterizzazione della copertura forestale consente diverse considerazioni in merito alla disponibilità di specie utilizzabili in studi di monitoraggio. Ad esempio, le foreste ripariali sono comunemente dominate dalle specie dei generi *Salix* e *Populus*. Seppure i pioppi non sono ancora stati studiati per l'applicazione della dendrochimica [23], è ben nota l'efficacia della famiglia delle *Salicaceae* nelle pratiche di fitorimediazione e quali indicatori chimici di inquinamento atmosferico storico ([24], [25], [19], [26]). Anche la roverella, *Quercus pubescens* Willd., una delle specie arboree che domina i boschi di querce, è consigliata per studi dendrochimici ([9], [27]). L'uso di *Robinia pseudoacacia* L., come indicatore dendrochimico, anche se scarsamente usata finora, è promettente [23] perché questo albero è in grado di assorbire grandi quantità di metalli [28]. Inoltre, *R. pseudoacacia* è ampiamente distribuita in ambienti antropici, aree urbane e periurbane [29]. Alcuni studi forniscono un profilo dettagliato delle siepi rurali in Veneto descrivendone composizione e caratteristiche strutturali ([30], [31]). Le specie legnose più frequenti (40%) nelle siepi rurali venete sono *Salix alba* L., *Cornus sanguinea* L., *Platanus hybrida* Bot., *Sambucus nigra* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *R. pseudoacacia*, *Acer campestre* L. e *Ulmus minor*. La dominanza di alberi di *S. alba* e *R. pseudoacacia* nelle siepi rurali dimostra la disponibilità di specie utili per condurre studi dendrochimici. La media del diametro degli alberi delle siepi è di 14,4 cm e i diametri maggiori registrati si aggirano intorno ai 100 cm ([30], [31]). Nonostante non vi siano studi che specificano quale sia il diametro minimo degli alberi per effettuare analisi dendrochimiche, si considera che alberi con diametri inferiori a 20 cm sono fortemente sconsigliati per il campionamento per la limitata disponibilità di anelli legnosi utili a identificare condizioni ambientali mutevoli e ricostruire eventuali eventi inquinanti.

3.0 PROPOSTA DI PIANO DI MONITORAGGIO

Il biomonitoraggio mediante l'approccio dendrochimico richiesto dalla Condizione Ambientale n.8 ha come scopo fondamentale quello di verificare, in modo indiretto, il potenziale impatto del Progetto HOOP® sulla qualità dell'aria, attraverso l'analisi di alcuni inquinanti organici e inorganici che potrebbero accumularsi nel tronco degli alberi.

L'approccio proposto si basa sul concetto che inquinanti assorbiti dagli alberi sono immagazzinati nel legno. L'analisi del legno è possibile prelevando rondelle o carote, per poi effettuare la determinazione di sostanze inquinanti negli anelli annuali. Qualora siano disponibili inquinanti nell'ambiente, questi possono essere intercettati e assorbiti dalla pianta durante i processi di crescita. La datazione degli anelli e la loro caratterizzazione chimica rendono possibile costruire serie storiche di eventi inquinanti tanto più lunghe quanto più longevi sono gli alberi. L'informazione ottenuta da questo approccio di biomonitoraggio deve tener conto delle molteplici interazioni tra le piante, l'ambiente e il suolo, e del tempo che passa tra assorbimento fogliare e stoccaggio nel legno.

Con il monitoraggio in fase di esercizio, l'approccio dendrochimico renderà possibile definire l'eventuale disponibilità nell'ambiente di sostanze inquinanti in situazioni precedenti l'avvio dell'attività del Progetto (situazione *ante operam*).

3.1 Stazioni di monitoraggio ed esemplari oggetto di studio

Nel presente piano, come già fatto per l'identificazione delle stazioni per la determinazione dell'“I.B.L. – Indice di biodiversità lichenica previste nel Protocollo di Monitoraggio dell'Ecosistema (nel seguito “PME”, Appendice C alla Relazione 21493955/13366 “Valutazione di Incidenza Ecologica” del Dicembre 2021), date le caratteristiche ambientali e le dimensioni dell'area di studio, si è ritenuto opportuno definire l'ubicazione delle stazioni a partire dalle valutazioni condotte nel SIA ed in particolare dei risultati dello “Studio di Dispersione di Inquinanti in Atmosfera” le cui mappe delle concentrazioni medie annuali e dei percentili di interesse mostrano pennacchi di distribuzione principalmente disposti secondo l'asse Est-Ovest.

Si evidenzia che la distribuzione dei punti di monitoraggio adottata per la valutazione copre in modo uniforme e diffuso il territorio compreso nell'ambito di studio, consentendo la raccolta di informazioni distribuite in modo omogeneo nell'area individuata come potenzialmente soggetta a impatto durante l'esercizio del Progetto.

La scelta degli alberi su cui effettuare le indagini dendrochimiche si è basata:

- su un criterio di distribuzione areale, posizionando alcuni quadranti di monitoraggio (intesi come gruppi di esemplari arborei rappresentativi di uno specifico areale) più prossimi alla nuova sorgente di emissione ed altri a maggior distanza. In Figura 1 e Figura 2 si riporta la distribuzione delle concentrazioni medie annuali di NO₂, rispettivamente per lo scenario di baseline e quello alla massima capacità produttiva con Progetto Hoop, così come presentate nello Studio Modellistico delle ricadute al suolo di inquinanti emessi in atmosfera, allegato allo Studio di Impatto ambientale – Dicembre 2021. La massima concentrazione media annuale calcolata è pari a 7,27 µg/m³ nello scenario alla massima capacità produttiva e a 7,58 µg/m³ nello scenario alla massima capacità produttiva con Progetto Hoop, con un aumento di circa il 4%. I valori sono ampiamente inferiori al valore limite annuale di 40 µg/m³ relativo all'NO₂ per la protezione della salute umana. Le mappe evidenziano la zona di massima ricaduta in prossimità delle sorgenti convogliate all'interno dello Stabilimento.

La distribuzione areale ha dovuto tenere necessariamente conto del fatto che le specie arboree (soprattutto quelle rappresentative ai fini di uno studio dendrochimico) non sono distribuite in modo omogeneo su tutta la porzione di Riserva Naturale prossima allo stabilimento.

- sulle specie che da letteratura risultano le più adatte all'approccio dendrochimico (si veda paragrafo 2.3), facendo preferire per esempio i salici ai pioppi. Questo, insieme all'opportunità di avere una maggiore copertura spaziale del monitoraggio dell'ecosistema seppur con tecniche differenti, è il motivo principale per cui una parte dei quadranti per lo studio dendrochimico non corrisponde a quella per la definizione dell'IBL;
- sul diametro del fusto misurato ad un'altezza di 1,5 m da terra.

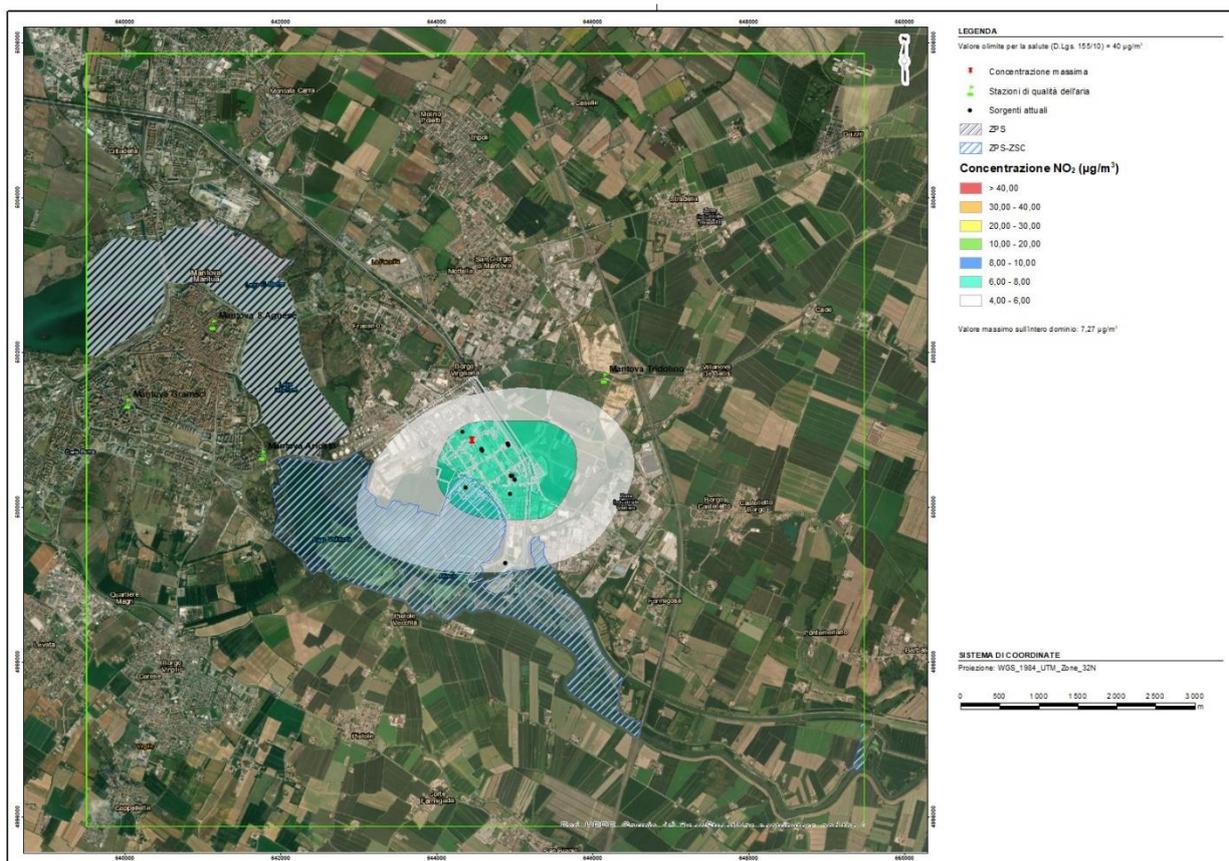


Figura 1: Biossido di azoto (NO₂) - Mappa delle concentrazioni medie annuali – Scenario di *base-line* (da Studio Modellistico delle ricadute al suolo di inquinanti emessi in atmosfera, allegato allo Studio di Impatto ambientale – Dicembre 2021)

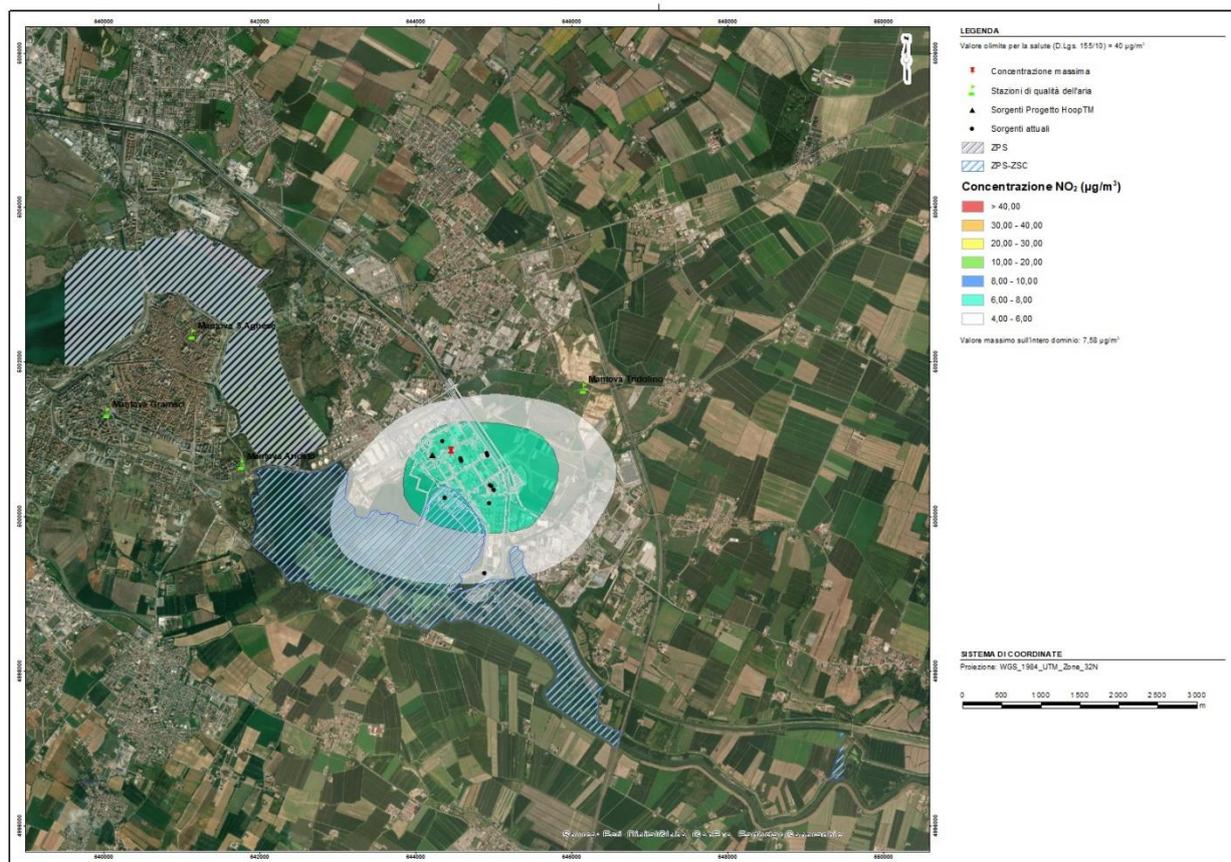


Figura 2: Biossido di azoto (NO₂) - Mappa delle concentrazioni medie annuali – Scenario alla massima capacità produttiva con progetto Hoop (da Studio Modellistico delle ricadute al suolo di inquinanti emessi in atmosfera, allegato allo Studio di Impatto ambientale – Dicembre 2021)

Sono stati individuati, quindi, almeno tre esemplari per ogni quadrante per un totale di 14 alberi. Tutti gli esemplari si presentano con un buon vigore vegetativo ed esenti da alterazioni del legno dovute a infezioni, ferite, formazioni di calli o decadimento del legno generato da funghi agenti di carie. Ad ogni singolo albero è stato apposto del nastro segnaletico da cantiere (bianco e rosso).

Nella Tabella 1 e nella Figura 3 seguenti sono riportati gli alberi che saranno oggetto d'analisi dendrochimica così come identificati nel corso del rilievo in sito eseguito da WSP il 23 maggio 2023. Si precisa che, considerate le specie arboree prevalenti nell'area oggetto di studio, in prevalenza salici e pioppi, la sopra citata minore idoneità dei pioppi a questo tipo di studi (doc [23]) e le caratteristiche specifiche degli esemplari presenti in corrispondenza delle stazioni identificate, ha reso opportuno considerare il salice come unica specie oggetto di studio. Tuttavia, non si esclude che, in fase esecutiva, anche nel corso della prima fase di lavoro descritta nel Paragrafo 3.2, si possano aggiungere ulteriori individui di specie diverse, anche tra quelle classificate come alloctone invasive.

In Allegato 1 sono riportate le schede arboree per ogni singolo esemplare. Si precisa che l'età riportata è indicativa poiché desunta dalle caratteristiche degli esemplari identificati e dalle osservazioni di campo e potrà essere confermata dalle analisi dendrocronologiche (associate alla dendrochimica).

Tabella 1: Elenco esemplari identificati per il monitoraggio dendrochimico

ID	SPECIE	ALTEZZA (m)	DIAMETRO FUSTO (cm)	DIAMETRO CHIOMA (m)	ETA'	QUADRANTI
1	SALIX ALBA (Salice bianco)	18	39	15	40	D03
2	SALIX ALBA (Salice bianco)	15	65	8	60	D03
3	SALIX ALBA (Salice bianco)	20	73	10	70	D03
4	SALIX ALBA (Salice bianco)	10	50	8	55	D04
5	SALIX ALBA (Salice bianco)	18	62	10	80	D04
6	SALIX ALBA (Salice bianco)	10	35	8	50	D04
7	SALIX ALBA (Salice bianco)	10	41	10	40	D04
8	SALIX ALBA (Salice bianco)	10	23	5	30	D01
9	SALIX ALBA (Salice bianco)	20	25	5	35	D01
10	SALIX ALBA (Salice bianco)	20	35	5	30	D01
11	SALIX ALBA (Salice bianco)	15	22	5	30	D01
12	SALIX ALBA (Salice bianco)	18	40	8	40	D02
13	SALIX ALBA (Salice bianco)	18	115	6	60	D02
14	SALIX ALBA (Salice bianco)	15	37	9	40	D02



Figura 3: Ubicazione degli esemplari oggetto della campagna di monitoraggio dendrochimico

3.2 Cronoprogramma delle attività previste

La campagna multitemporale sperimentale di campionamento e analisi dendrochimica verrà effettuata secondo il seguente cronoprogramma:

Tabella 2: Programma indicativo delle attività di monitoraggio previste

Fase di progetto	Obiettivo	Frequenza e durata
Fase <i>ante operam</i>	<ul style="list-style-type: none"> Definizione delle metodiche analitiche Definizione dei range temporali di analisi Determinazione dei valori di fondo (<i>ante operam</i>) 	Una volta prima dell'inizio della fase di esercizio
Fase di esercizio 1	Determinazione delle concentrazioni in fase di esercizio	Una campagna a 4 anni dall'avvio dell'impianto
Fase di esercizio 2		Una campagna dopo 2 anni dalla Fase di esercizio 1
Fase di esercizio 3		Una campagna dopo 2 anni dalla Fase di esercizio 2

4.0 MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO E ANALISI

4.1 Metodiche di campionamento

I campioni utilizzati per le analisi dendrochimiche saranno costituiti da carote estratte trasversalmente alla linea di massima pendenza con la trivella di Pressler ad un'altezza del fusto di circa 1,50 m (nella parte centrale del fusto, evitando eventuali porzioni di tronco interessate da malformazioni strutturali o patologiche) fino ad arrivare alla profondità necessaria. Si consiglia il prelievo delle carote mantenendo costante l'esposizione del tronco (esempio, rivolta sempre a Nord, dettaglio dipendente dalle condizioni stagionali dell'area).

Nel corso delle campagne di campionamento sarà valutata anche la presenza di piante a terra o da abbattere, oltre a quelle vive mappate, che possano essere utili ai fini dello studio: in questo caso i campioni saranno prelevati tagliando una rondella dello spessore di pochi cm nella parte basale del tronco.

I campioni prelevati saranno poi sottoposti alle necessarie modalità di conservazione previste dal laboratorio e ad ispezione preliminare per valutare la presenza di anomalie, lesioni e infezioni che possano influenzare gli esiti delle analisi.

Dopo il controllo preliminare i campioni potranno essere sottoposti alle analisi previste.

4.2 Definizione del set analitico

4.2.1 Il progetto Hoop

Il Progetto Hoop consiste nella realizzazione di un impianto pilota di pirolisi alimentato da una materia prima già commercializzata in forma di compattato (circa 6.000 t/a di alimentazione) e idonea per l'alimentazione diretta all'impianto.

La pirolisi è un processo di decomposizione termica in assenza di ossigeno. I materiali plastici vengono sottoposti ad un trattamento termico. Il residuo solido, costituito dalla frazione non polimerica del materiale di partenza e da un residuo carbonioso della pirolisi, si accumula nei reattori e viene scaricato previa eliminazione dei residui idrocarburi. Dalla reazione di pirolisi si ha la formazione di coke e gas di pirolisi. I gas di pirolisi prodotti dal trattamento termico vengono condensati in un sistema appositamente progettato al fine di produrre un distillato di idrocarburi alifatici a catena lineare o ramificata, idrocarburi ciclici ed aromatici.

Tale miscela liquida a base di idrocarburi avrà caratteristiche tali da poter esser opportunamente impiegata in carica in impianti di *steam cracking* che possono esser alimentati con nafta oppure gasolio. La frazione non condensabile che si forma a seguito del processo di pirolisi, invece, è abbastanza ridotta ed è assimilabile ad un taglio GPL che viene riutilizzato, nel caso del pilota, per il fabbisogno termico dell'impianto. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione tecnica descrittiva di progetto.

L'impianto pilota Hoop sarà alimentato da una materia prima seconda prodotta all'interno della filiera esistente del riciclo in conformità allo standard UNI 10667-17 e 18, derivante dai processi di riciclo già in essere presso le filiere di recupero che in questo modo avranno incrementata la frazione recuperata con riduzione di quella destinata a termovalorizzazione e discarica. In tal senso, l'utilizzo della tecnologia Hoop fornirà uno sbocco di mercato per questi materiali riportando la plastica allo stesso livello di qualità del prodotto vergine.

La materia prima seconda è classificata come non pericolosa ai sensi del Regolamento n° 1272/2008 (CLP) e sarà intrapreso l'iter di verifica della conformità al Regolamento n° 1907/2006 (REACH).

L'impianto pilota di pirolisi prevede l'uscita dall'impianto di tre prodotti: il prodotto liquido (olio di pirolisi), che verrà stoccato in appositi serbatoi e quindi spedito per utilizzo come *feedstock* in un impianto esterno, il *fuel gas*, utilizzato all'interno dell'impianto pilota per fornire energia alla pirolisi ed il prodotto solido (Char). Tutti i prodotti di seguito descritti saranno valutati ai fini della registrazione REACH.

4.2.2 Effluenti gassosi

Gli effluenti gassosi dell'impianto sono principalmente di tre tipologie: routinari, episodici o discontinui e di emergenza.

Effluenti routinari

Gli effluenti di routine possono essere continui oppure discontinui. Questi vengono veicolati a 4 punti di emissione, identificati come camini, di seguito riportati:

- camino E2036, è l'emissione principale ed è proveniente dal RTO
- camino E2037, che riceve le correnti discontinue (aria con possibile presenza di polveri) che derivano dalle operazioni di caricamento e di trasporto pneumatico nei relativi silos di stoccaggio delle materie prime e degli additivi
- camino E2038, riceve una serie di correnti discontinue (aria che può essere inquinata da polveri) che derivano dalla movimentazione verso l'impianto e caricamento in impianto di materia prima e additivi.
- camino E2039, che è l'emissione derivante dalla captazione dell'aria (che può contenere polveri) nell'area di insaccamento del Char granulato in big-bags. Si tratta di un'emissione discontinua, con una durata massima prevista dell'insaccamento pari a 8 ore al giorno.

Si evidenzia che il progetto si inserisce in un contesto di stabilimento nel quale Versalis ha in corso un piano di progressiva riduzione delle emissioni con riduzioni di entità nettamente superiori rispetto alle quantità emesse dall'impianto Hoop.

Effluenti episodici

Gli sfiati episodici derivano essenzialmente da operazioni saltuarie oppure che hanno una durata complessiva nel corso dell'anno molto breve.

Effluenti di emergenza

Gli sfiati di emergenza deriveranno dai dispositivi di protezione delle apparecchiature da sovrappressione, collocati essenzialmente sui reattori e sui serbatoi, e saranno raccolti dalla rete torcia di sicurezza.

Sistemi di abbattimento

Al fine di ridurre le emissioni in atmosfera, l'impianto pilota è dotato di sistemi di abbattimento posti a monte della relativa emissione per l'abbattimento di composti organici volatili (COV) e delle polveri.

4.2.3 Monitoraggio emissioni

L'Istanza di modifica dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (Allegato E11 – Descrizione delle principali modifiche del Piano di Monitoraggio e Controllo proposte) presentata agli enti nel dicembre 2020 (con cui è stato avviato il procedimento ai sensi degli artt. 7 e 8 della legge 241/90 e ai sensi del D.lgs. 152/06 e s.m., per il riesame della Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata con provvedimento 16/09/2021, n. DVA-DEC-2011-520 – Procedimento ID 140/11191") propone i seguenti parametri da monitorare per i nuovi punti di emissione.

PUNTO DI EMISSIONE	NOx [mg/Nm ³]	CO [mg/Nm ³]	Polveri [mg/Nm ³]	HCl	COT	Benzene [mg/Nm ³]
Camino E2036	200	150	10	15	10	1
Camino E2037	-	-	10			-
Camino E2038	-	-	10			-
Camino E2039	-	-	10			-

Il Piano di Monitoraggio e Controllo, emesso da ISPRA il 7/04/203 e definito in coerenza con il Parere Istruttorio Conclusivo elaborato dalla Commissione Istruttorie AIA-IPPC ha aggiunto, relativamente alle emissioni dal camino E2036 e per i primi 6 mesi di esercizio al fine di confermare l'assenza di tali inquinanti, un monitoraggio con frequenza quindicinale di IPA, PCDD/F, toluene e piombo.

4.2.4 Scelta del set analitico

Gli alberi assorbono contaminanti inorganici e non volatili e i loro traccianti non volatili o sottoprodotti di biodegradazione, che sono spesso trasportati come parte di composti organici solubili (leganti) e si fissano come parte dei tessuti legnosi dell'albero (doc [10]).

Visto quanto illustrato nei paragrafi precedenti in riferimento alla tipologia di processo, non emergono specifici parametri emessi dal nuovo impianto che abbiano caratteristiche di bioaccumulo con specifico riferimento ai metalli indicati dalla Condizione Ambientale.

Tuttavia, visto il citato nuovo Piano di Monitoraggio e Controllo emesso il 7/04/203, che prevede l'inserimento di piombo ed IPA nel set di monitoraggio, si è ritenuto opportuno inserire tali seguenti parametri, avendo potenziali caratteristiche di bioaccumulo.

Considerato, inoltre, il riferimento agli ossidi di azoto nel parere n. 360 del 25/11/2022 (*la presenza di alte concentrazioni di ossidi di azoto potrebbe rappresentare un problema effettivo da controllare con attenzione e metodiche innovative, visto che viene dichiarato che a livello ambientale non si può escludere un rischio di tossicità sub-acute (cronica) né di un danno a lungo termine su specie che possono bio-accumulare in modo più lento*) si prevede di inserire nel monitoraggio anche gli ossidi di azoto attraverso l'analisi degli isotopi di ¹⁵N/¹⁴N.

Gli ossidi di azoto vengono principalmente emessi in atmosfera da fonti antropiche quali processi di combustione civili ed industriali e trasporti autoveicolari e, in minima parte, da sorgenti naturali (quali fulmini, incendi, eruzioni vulcaniche ed azione di alcuni batteri presenti nel suolo). Il monossido di azoto è un inquinante primario che si forma direttamente nei processi di combustione ad elevata temperatura, mentre il biossido di azoto è un inquinante secondario che deriva generalmente dalla ossidazione del monossido in atmosfera.

Gli ossidi di azoto, quando assorbiti dalle piante, possono modificare il metabolismo dell'azoto.

Tra gli effetti negativi degli apporti di azoto nel suolo e nelle piante tramite deposizione o per assorbimento gassoso da parte degli stomi fogliari della pianta, si evidenziano gli scompensi nutrizionali, ad esempio nel rapporto C/N e nello scambio di nutrienti tra radici e germogli, che possono influenzare la stabilità e la vitalità delle piante e in larga scala comporta la perdita di biodiversità e la degradazione degli ecosistemi.

L'analisi di ¹⁵N/¹⁴N negli anelli di accrescimento arborei è stata introdotta come metodologia per poter studiare gli effetti a lungo termine della deposizione di N sulle foreste [32]. Il rapporto tra gli isotopi di azoto prodotti dalle attività antropogeniche potrebbe essere significativamente differente da quello naturale presente nel suolo.

Anche in questo caso le difficoltà presentate da questa metodologia sono principalmente legate al trasporto laterale e scambi di N tra gli anelli di accrescimento, che può diluire o oscurare le informazioni a livello temporale. Tuttavia, il rapporto $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ potrebbe essere meno influenzato da questi processi [32].

In sintesi, quindi, il set analitico previsto dal piano di monitoraggio dendrochimico per il progetto Hoop è il seguente:

- piombo
- IPA
- isotopi di $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$.

4.3 Metodiche di analisi

Non esiste un unico metodo analitico per identificare o quantificare tutti i tipi di inquinanti (inorganici o organici) [10]. Le tecniche più comunemente utilizzate in dendrochimica includono lo spettrometro di massa al plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS), l'emissione di raggi gamma indotta da protoni (PIGE), l'analisi di attivazione dei neutroni (NAA), la cromatografia ionica, la fluorescenza a raggi X (XRF) e l'impulso anodico differenziale Stripping Voltammetry (DPASV) [20].

La prima fase del piano di monitoraggio (Tabella 2), quindi, sarà concentrata proprio sulla definizione della metodica analitica più adatta al tipo di parametri ricercati ed alla loro concentrazione. Anche per questo motivo, come già indicato in precedenza potranno essere individuati anche ulteriori esemplari da sottoporre ad analisi, sempre all'interno dei quadranti identificati nel Paragrafo 3.1.

Qui di seguito viene riportato un elenco delle principali metodiche che saranno valutate nella prima fase dello studio:

- Spettroscopia EDXRF – Fluorescenza a raggi-X a dispersione di energia: è una tecnica analitica basata sull'emissione di luce di fluorescenza da un campione esposto ai raggi X (la sigla è l'acronimo dell'espressione inglese X-Ray Fluorescence). Quando una sorgente di eccitazione di raggi X primari proveniente da un tubo X o da un radioisotopo colpisce un bersaglio campione, i raggi X possono essere o assorbiti dall'atomo o diffusi attraverso la materia. Il processo nel quale un raggio X è assorbito dall'atomo con trasferimento di tutta la sua energia ad un elettrone dello strato più interno è detto effetto fotoelettrico. La rivelazione e l'analisi della radiazione X emessa consentono di determinare la presenza e la concentrazione di diversi elementi in un campione. Nella maggior parte dei casi le transizioni elettroniche riguardano gli strati K e L. Uno spettro X tipico di un campione irradiato mostrerà diversi picchi di diverse intensità. Le frequenze dei raggi X caratteristici di ciascun elemento sono indicati come K, L, M, N in funzione degli strati dai quali sono generati.

Il metodo XRF è usato per misurare la composizione elementare di materiali grazie alla rapidità della misura e alla possibilità di mantenere integro il campione.

- Laser ablation con spettrometria di massa (LA-ICP-MS): l'ablazione laser-plasma accoppiato induttivamente-spettrometria di massa, comunemente indicata con LA-ICP-MS (dall'inglese *laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry*) è una tecnica analitica basata sull'accoppiamento dell'ablazione laser, per il campionamento, del plasma accoppiato induttivamente per la ionizzazione dell'analita e della spettrometria di massa per la sua rivelazione.

Un importante vantaggio di questi metodi è la quantità relativamente piccola di materiale richiesto per l'analisi rispetto ai metodi di digestione del legno, che li rende ideali per analisi annuali degli anelli degli alberi ([27], [33]).

La LA-ICP-MS ha i vantaggi aggiuntivi di un'elevata risoluzione di campionamento spaziale e bassi limiti di rilevabilità strumentale, che sono vantaggiosi, specialmente nel caso di alberi con anelli di crescita molto stretti. Ciò che è meno chiaro, tuttavia, è in che modo la struttura del legno può influire sull'analisi e sui risultati. Ad esempio, la struttura variabile del legno può influenzare il modo in cui particolari specie reagiscono al processo di ablazione laser e rendendo tale metodo non adeguato per alcune specie con un'elevata variazione all'interno dell'anello nella concentrazione di elementi ([20], [33]).

- **Gasromatografia:** la maggior parte degli studi in ambito petrolifero viene eseguita utilizzando la gasromatografia (GC) accoppiata a un analizzatore di massa quadrupolare (qMS) con ionizzazione a impatto elettronico (EI), che può consentire la separazione, il rilevamento e l'identificazione di molecole fino a ad un numero di atomi di carbonio di 40 circa (C_{40}). Qualsiasi composto che volatilizza senza decomporsi può essere misurato utilizzando i metodi GC. Da un lato, la gasromatografia unidimensionale con spettrometria di massa (1D GC-MS) e la MS tandem (MSMS) sono tecniche utili poiché la pressione di vapore o il punto di ebollizione finale sono compatibili con le temperature massime del gasromatografo (GC) a colonne. Tale tecnica rappresenta ancora lo strumento più consolidato utilizzato nelle metodiche analitiche standard e, come si vedrà in seguito, anche in molte tecniche di analisi composizionale. Attualmente, la tecnica GC-MS è stata ampiamente utilizzata per la qualificazione, mentre la GC accoppiata con rivelatore a ionizzazione di fiamma (GC-FID) è stata applicata per la quantificazione dei componenti di idrocarburi, grazie alla sua risposta stabile e lineare.
- **Spettrometria di massa per rapporti isotopici (IRMS):** è una specializzazione della spettrometria di massa che consente la misurazione precisa dell'abbondanza relativa di isotopi stabili in un dato campione. Questa tecnologia relativamente semplice, ma sorprendentemente potente, offre una comprensione sempre più profonda all'interno di una vasta gamma di applicazioni, che vanno dagli studi paleoclimatici alla polizia forense, dall'archeologia agli ecosistemi acquatici, dal doping sportivo alla scienza del suolo e molte altre.

5.0 RESTITUZIONE DEI DATI

I risultati dello studio comprenderanno dei report contenenti:

- Individuazione su idonea base cartografica delle stazioni di campionamento e dei singoli esemplari oggetto di prelievo di campioni da sottoporre ad analisi;
- La scheda di rilevamento degli individui monitorati che dovrà includere, per ciascun albero campionato:
 - descrizione della stazione;
 - data del campionamento;
 - codice coordinata GPS della stazione campionata;
 - specie di albero;
 - circonferenza del tronco misurata nei punti di raccolta;
 - altezza dal suolo;
 - diametro del tronco;
 - eventuale presenza di danneggiamenti;
- documentazione fotografica;
- risultati delle analisi di laboratorio ed elaborazione di dati;
- confronto e analisi dei risultati tra i diversi monitoraggi;
- segnalazione di eventuali anomalie tecniche o ambientali che potrebbero inficiare condizionare parzialmente o totalmente i risultati.

6.0 LIMITAZIONI DELL'APPROCCIO DENDROCHIMICO RISPETTO AL PROGETTO HOOP

Nel presente capitolo si intende fare una sintesi delle limitazioni dello studio prescritto rispetto allo Progetto pilota Hoop alla luce dello stato dell'arte della tecnica dendrochimica descritto nei capitoli precedenti.

Limitazioni legate al Progetto

Come già accennato nel Paragrafo 3.1, il nuovo impianto pilota avrà emissioni minime rispetto a quelle dell'intero stabilimento (per esempio nello scenario alla massima capacità produttiva è previsto un aumento di circa il 4% per gli ossidi di azoto). Non si prevede, quindi, che l'impianto possa apportare significativi incrementi in termini di emissioni rispetto allo stato attuale soprattutto sulle aree esterne allo stabilimento.

A tale riguardo, si osserva come lo stesso studio di dispersione allegato allo Studio di Impatto Ambientale faccia rilevare come per tutti i parametri modellati (CO, NOx, C₆H₆, COT e HCl e polveri) il contributo complessivo dei nuovi punti emissivi evidenzia un lieve aumento delle concentrazioni, pur mantenendosi però sempre ben al di sotto dei limiti di legge, rilevando un aggravio minimo allo stato attuale di qualità dell'aria.

Si prevede quindi, che anche le stazioni di monitoraggio dendrochimico più vicine ai futuri nuovi punti emissivi possano essere impattate solo in modo trascurabile dal nuovo impianto, soprattutto rispetto alle emissioni del resto dell'intero polo industriale di Mantova.

In base alla tipologia di processo (Paragrafo 4.2.1), inoltre, non sono previste emissioni di metalli o di altri parametri caratterizzati da specifiche proprietà di bioaccumulo. Ciò ha reso complicato anche il processo di definizione di un set analitico direttamente collegato ai possibili impatti dovuti al nuovo impianto.

Limitazioni legate all'approccio dendrochimico

L'approccio dendrochimico viene utilizzato per studiare possibili impatti registrati negli anelli del tronco dell'albero collegati alla storia delle attività antropiche che hanno avuto luogo in ambienti urbani e industriali. Il suo utilizzo come strumento di monitoraggio (in aggiunta a quelli più tradizionali) delle emissioni in fase di esercizio di un impianto è relativamente nuovo e poco o mai sperimentato. Tale differenza è legata anche all'ordine di grandezza temporale sul quale di solito si basano queste tipologie di studi; nel primo caso le analisi si basano su variazioni chimiche registrate nel corso di decenni, corrispondenti all'età degli alberi scelti, mentre nel secondo dovrebbero valutare andamenti solo a distanza di qualche anno.

Escludendo qualsiasi valutazione sulle concentrazioni assolute rilevate (come suggerito in letteratura), anche il solo confronto tra le tendenze di variazione che le sostanze presentano in periodi successivi potrebbe diventare critico e fornire risultati di difficile interpretazione nel caso di frequenza di campionamento e analisi molto ravvicinate (qualche anno come in questo caso). Trend in aumento delle concentrazioni dovuti a migrazione radiale degli elementi ed in generale a condizioni specifiche di assorbimento presenti nelle specie o nell'area monitorate, potrebbero essere erroneamente imputate ad impatti di natura antropica esterna; il rischio di tali interpretazioni inesatte, come detto, aumenta in caso di limitata risoluzione dell'approccio analitico scelto e di scarsa disponibilità di dati a supporto della storia ambientale dell'area di studio.

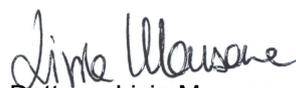
Per i motivi sopra esposti si ritiene opportuno mantenere lo studio dendrochimico prescritto nel Parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS n. 360 del 25/11/2022 e descritto nel presente documento a livello sperimentale come riportato nella stessa Condizione Ambientale senza la garanzia che esso possa fungere da monitoraggio dell'ecosistema per la verifica degli eventuali impatti ambientali del nuovo impianto a causa delle molteplici limitazioni tecniche descritte nel presente documento. Evidentemente, nella fase esecutiva, potranno essere integrati o adattati i metodi di campionamento e analisi dei campioni per raggiungere una significatività sufficiente a poter distinguere gli effetti dell'impianto in fase di valutazione da quelli dovuti ad inquinamento diffuso o passato.

Pagina delle firme

WSP Italia S.r.l.

Dott. Luigi Alberti
Agronomo




Dott.ssa Livia Manzone
Project Director

Prof. Tommaso Sitzia
*Esperto in assestamento forestale
ed ecologia del paesaggio*



Prof.ssa Claudia Cocozza
Esperta in ecologia ed ecofisiologia forestale



C.F. e P.IVA 03674811009
Registro Imprese Torino
R.E.A. Torino n. TO-938498
Capitale sociale Euro 105.200,00 i.v.

ALLEGATO 1

Schede arboree

Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE"
PROGETTO HOOP "Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste"
presso l'impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D03



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

1

Età stimata (anni)

40

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

18

D. fusto (cm)

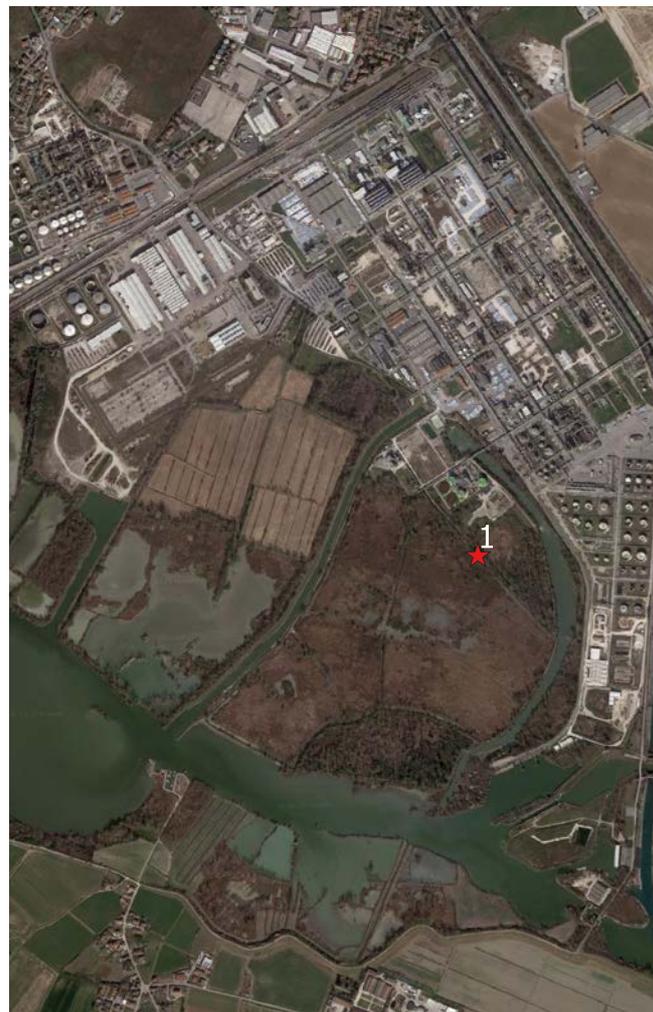
39

COOR. WGS84/UTM32N

EST 644550.064

NORD 4999914.316

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D03



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

2

Età stimata (anni)

60

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

15

D. fusto (cm)

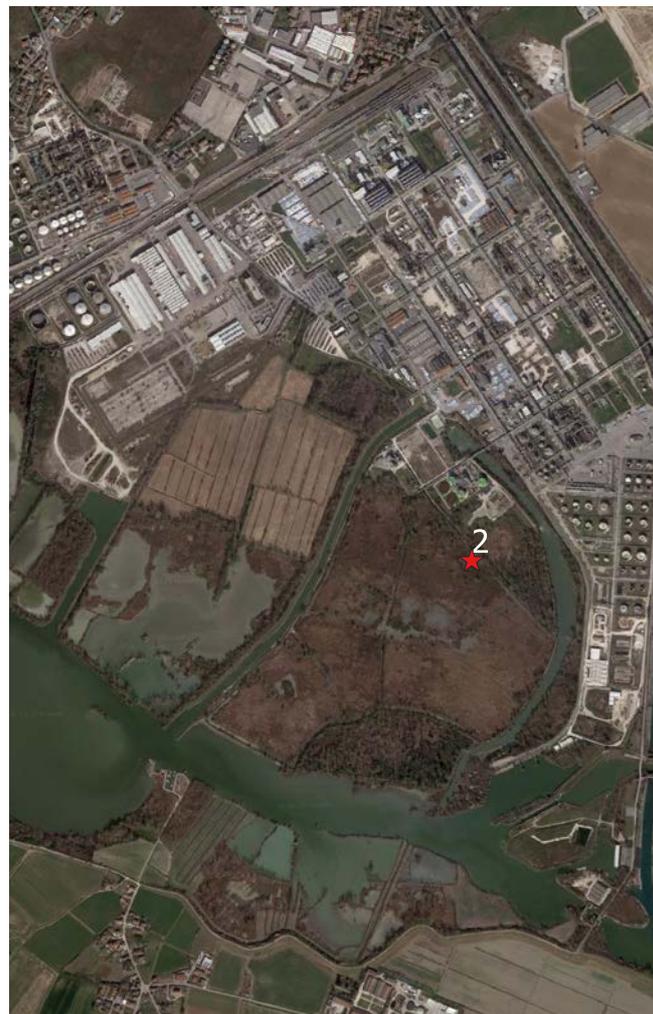
65

COOR. WGS84/UTM32N

EST 644529.861

NORD 4999898.258

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D03



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

3

Età stimata (anni)

70

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

20

D. fusto (cm)

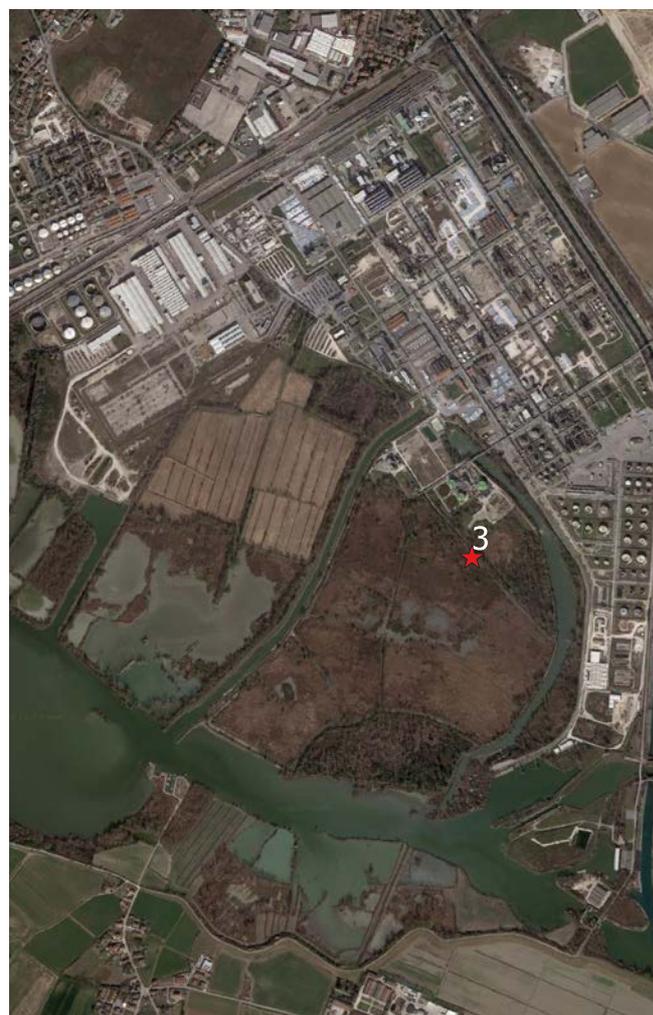
73

COOR. WGS84/UTM32N

EST 644530.501

NORD 4999918.399

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE"
PROGETTO HOOP "Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste"
presso l'impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D04



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

4

Età stimata (anni)

55

Specie

SALIX ALBA (Salice bianco)

H (m)

8

D. fusto (cm)

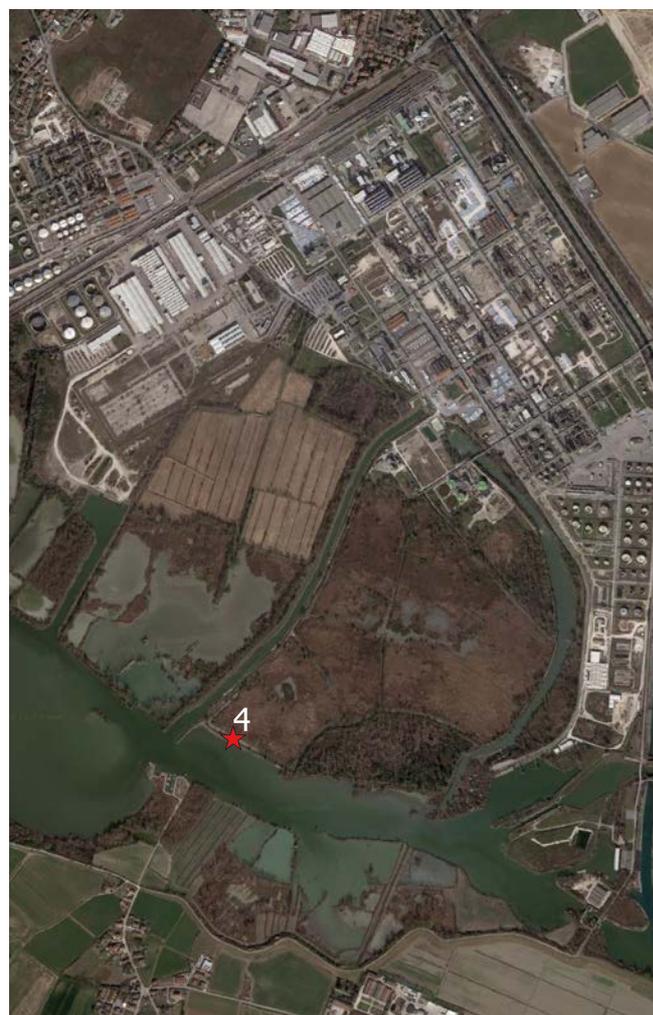
50

COOR. WGS84/UTM32N

EST 643744.751

NORD 4999316.931

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D04



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

5

Età stimata (anni)

80

Specie

SALIX ALBA (Salice bianco)

H (m)

18

D. fusto (cm)

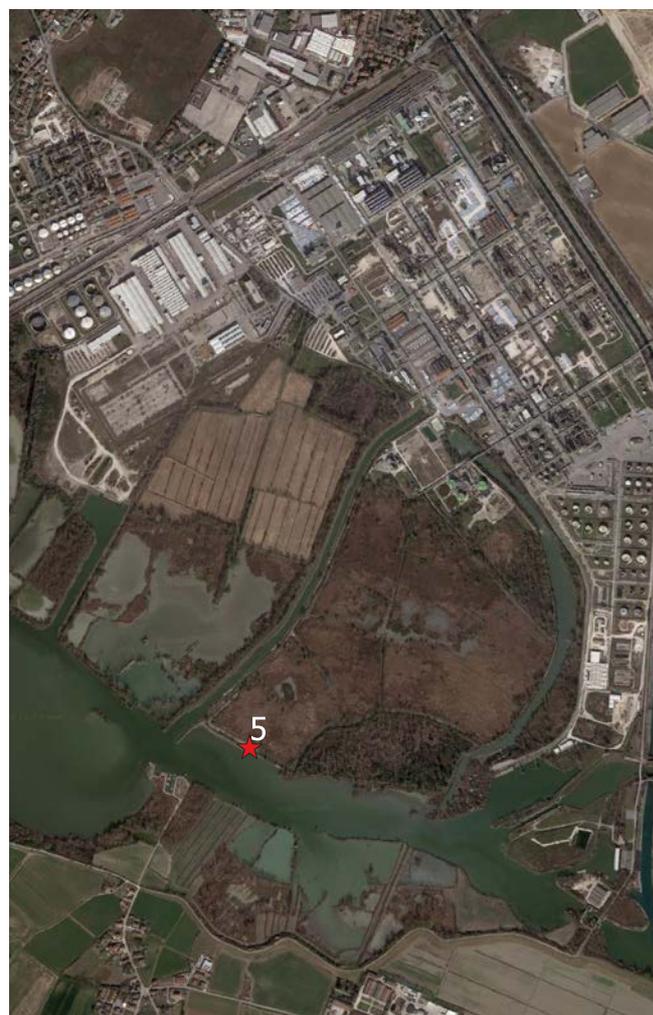
62

COOR. WGS84/UTM32N

EST 643798.753

NORD 4999286.718

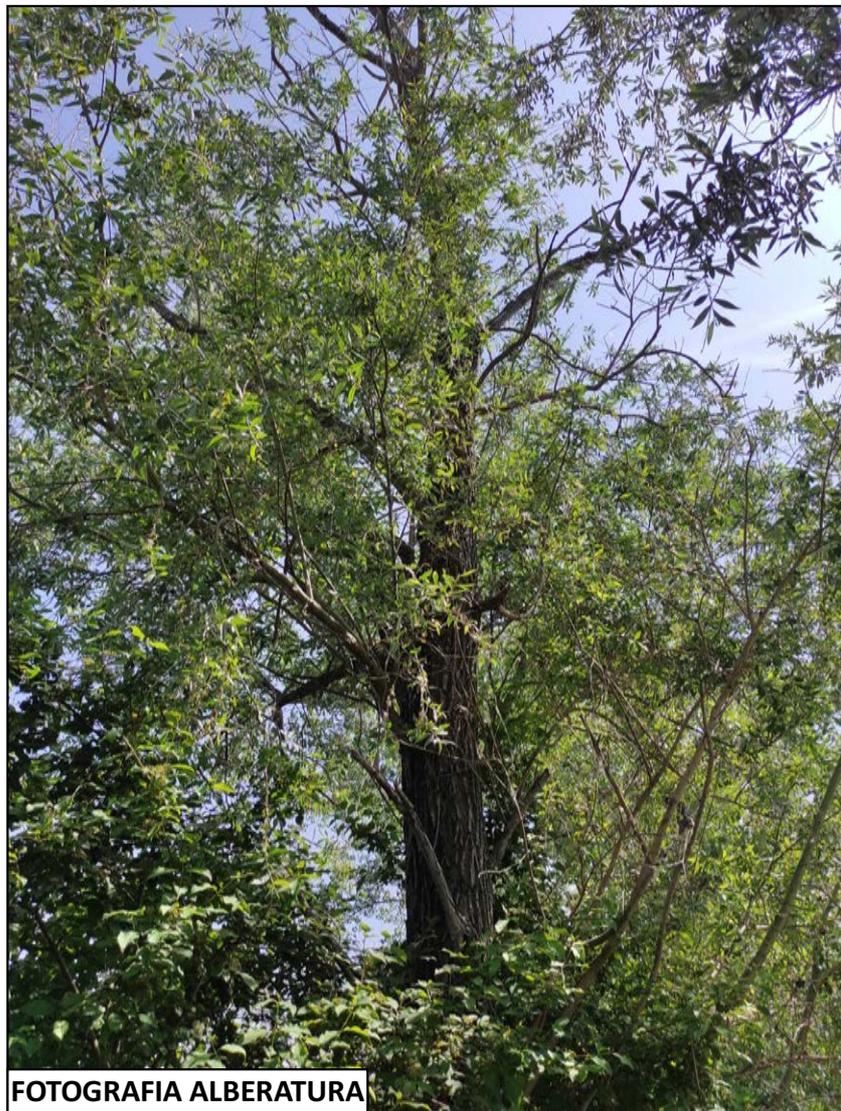
ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE"
PROGETTO HOOP "Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste"
presso l'impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D04



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

6

Età stimata (anni)

50

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

10

D. fusto (cm)

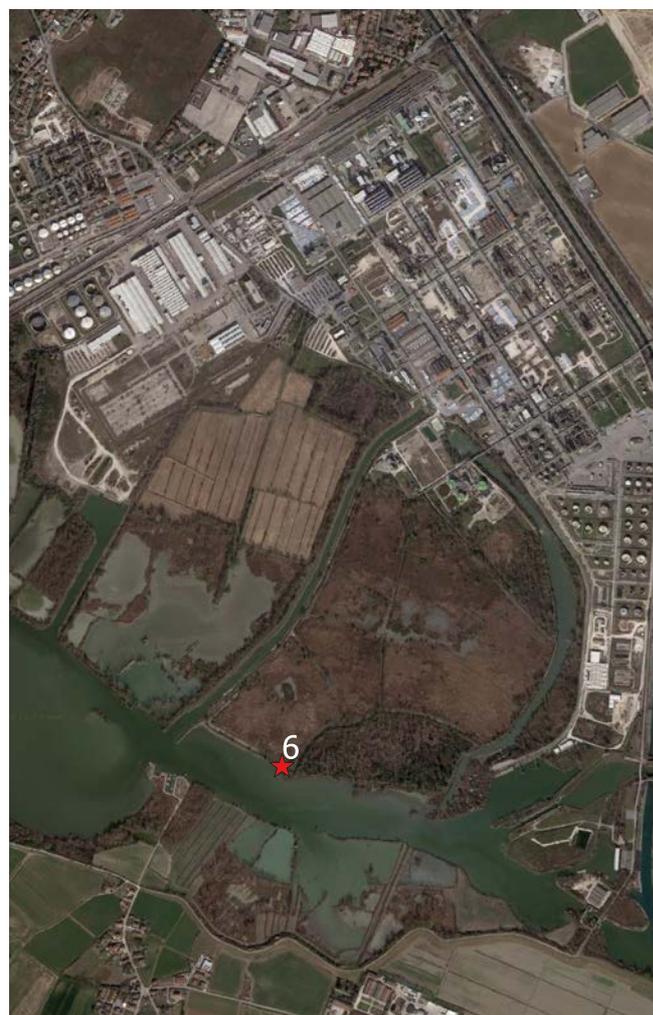
35

COOR. WGS84/UTM32N

EST 643905.464

NORD 4999225.352

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D04



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

7

Età stimata (anni)

40

Specie

SALIX ALBA (Salice bianco)

H (m)

10

D. fusto (cm)

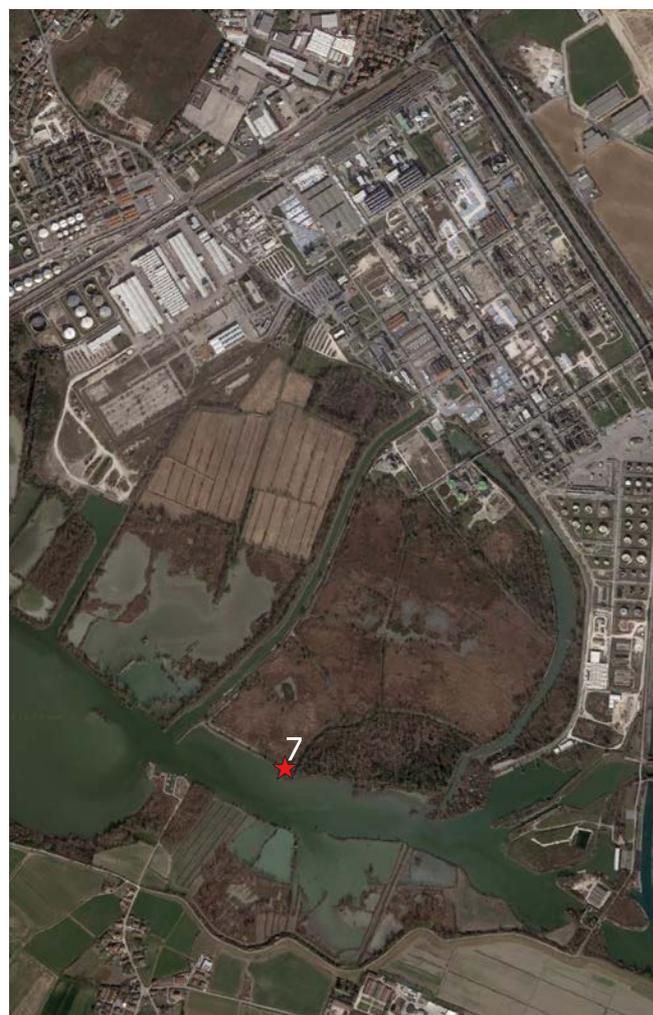
41

COOR. WGS84/UTM32N

EST 643915.698

NORD 4999219.044

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D01



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

8

Età stimata (anni)

30

Specie

SALIX ALBA (Salice bianco)

H (m)

10

D. fusto (cm)

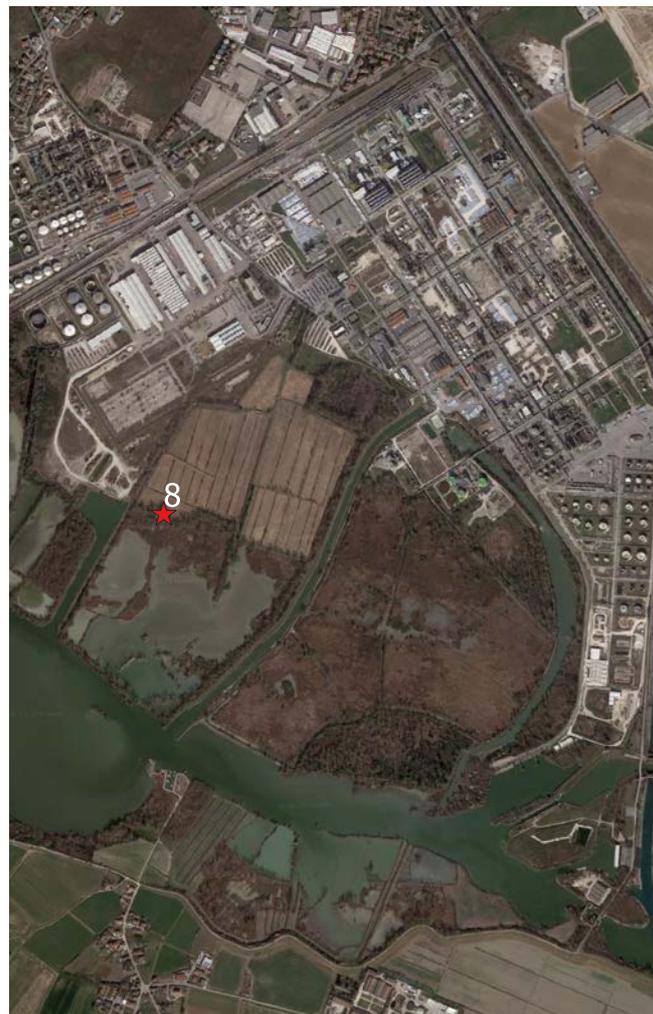
23

COOR. WGS84/UTM32N

EST 643515.996

NORD 5000051.574

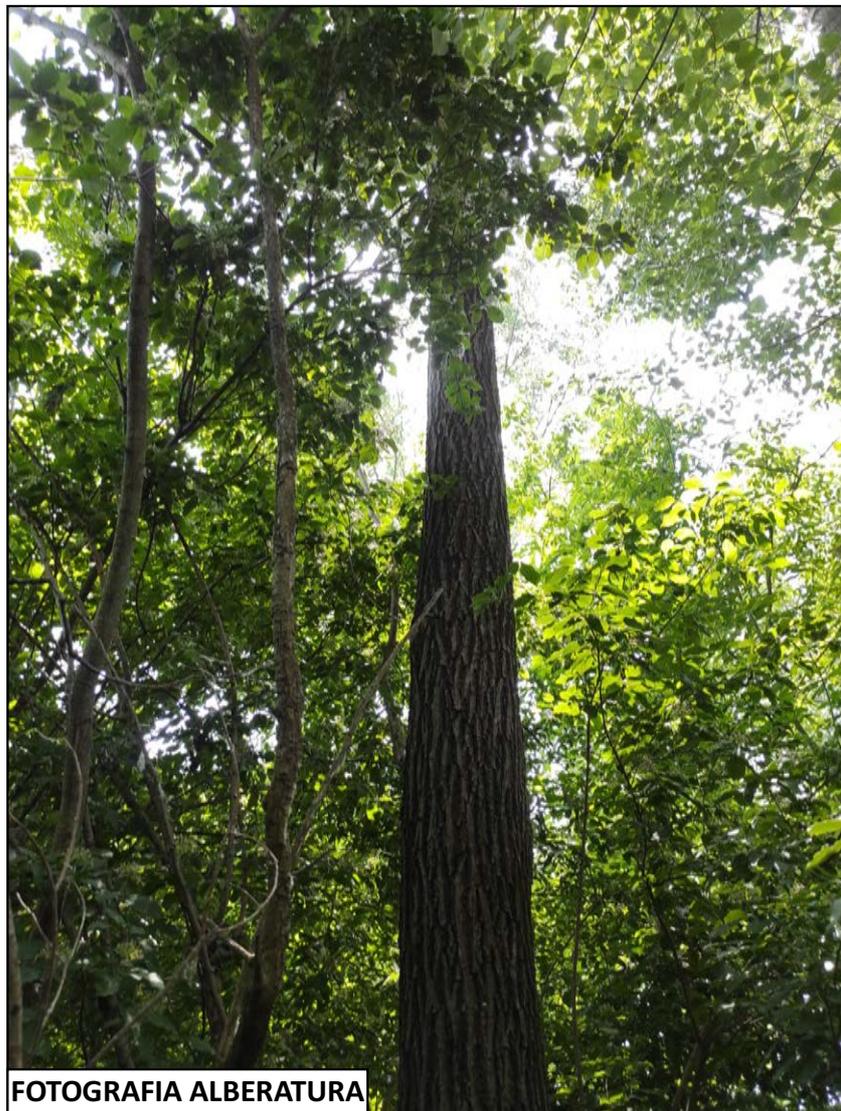
ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D01



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

9

Età stimata (anni)

35

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

20

D. fusto (cm)

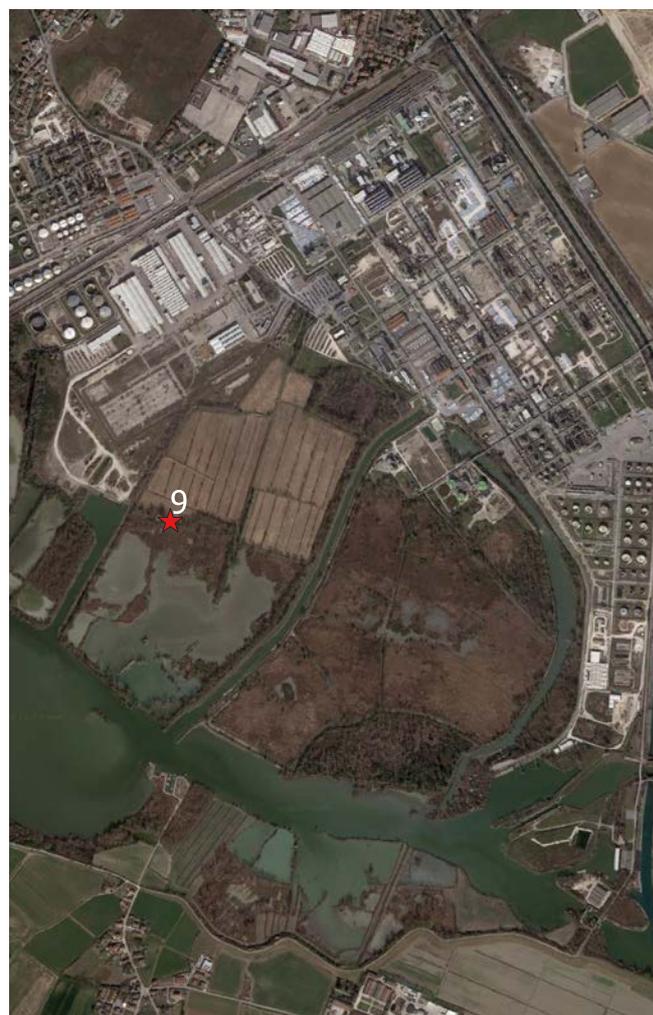
25

COOR. WGS84/UTM32N

EST 643538.124

NORD 5000038.529

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D01



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

10

Età stimata (anni)

30

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

20

D. fusto (cm)

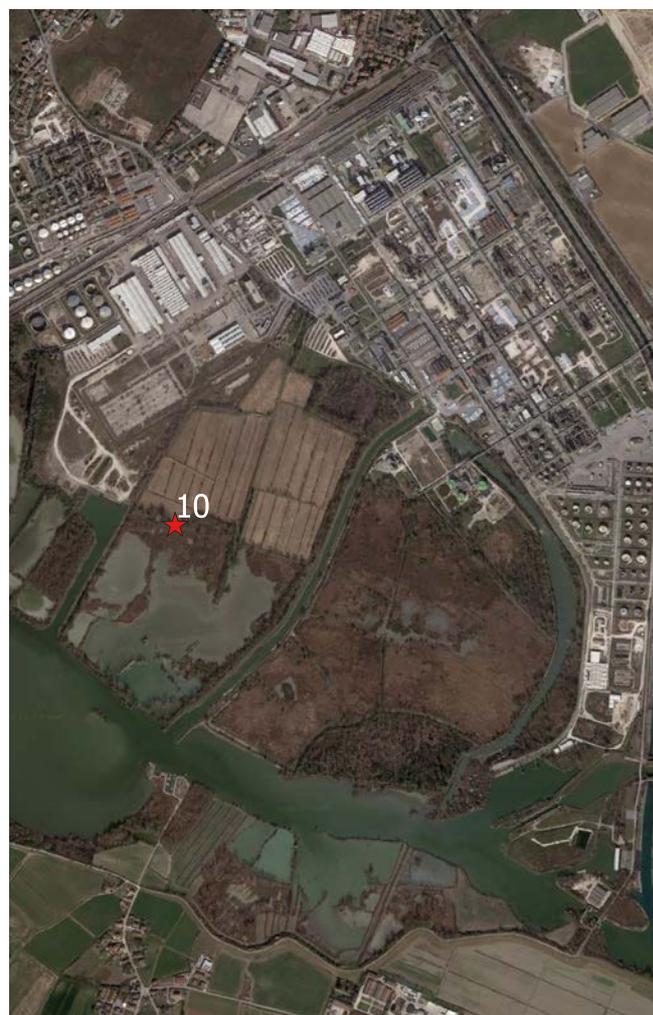
35

COOR. WGS84/UTM32N

EST 643553.907

NORD 5000025.360

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-23

Quadrante di campionamento
D01



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

11

Età stimata (anni)

30

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

15

D. fusto (cm)

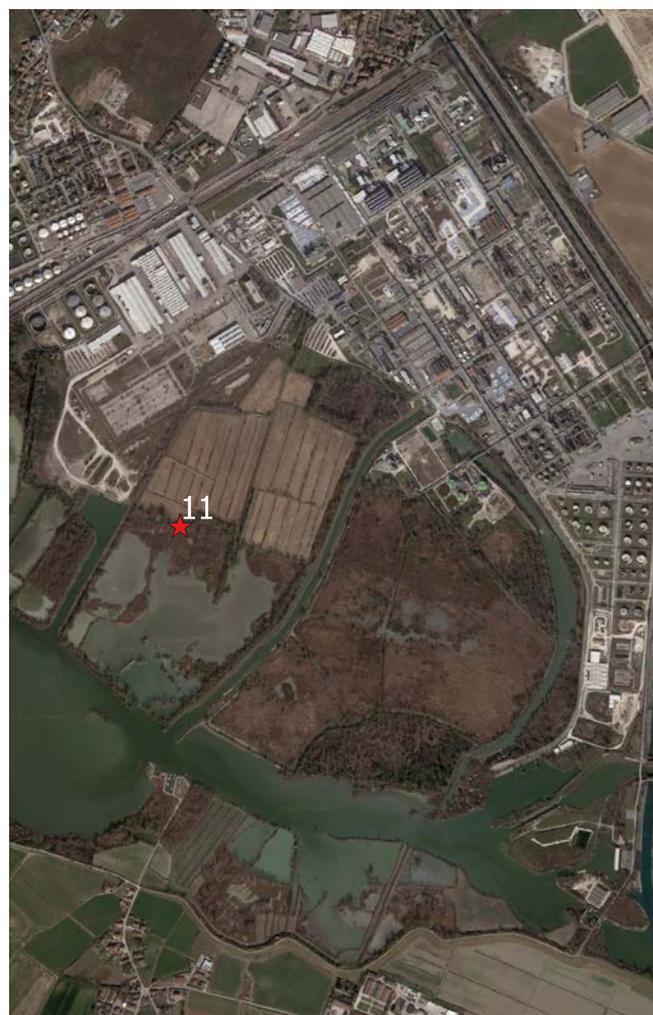
22

COOR. WGS84/UTM32N

EST 643570.250

NORD 5000020.253

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-26

Quadrante di campionamento
D02



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

12

Età stimata (anni)

40

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

18

D. fusto (cm)

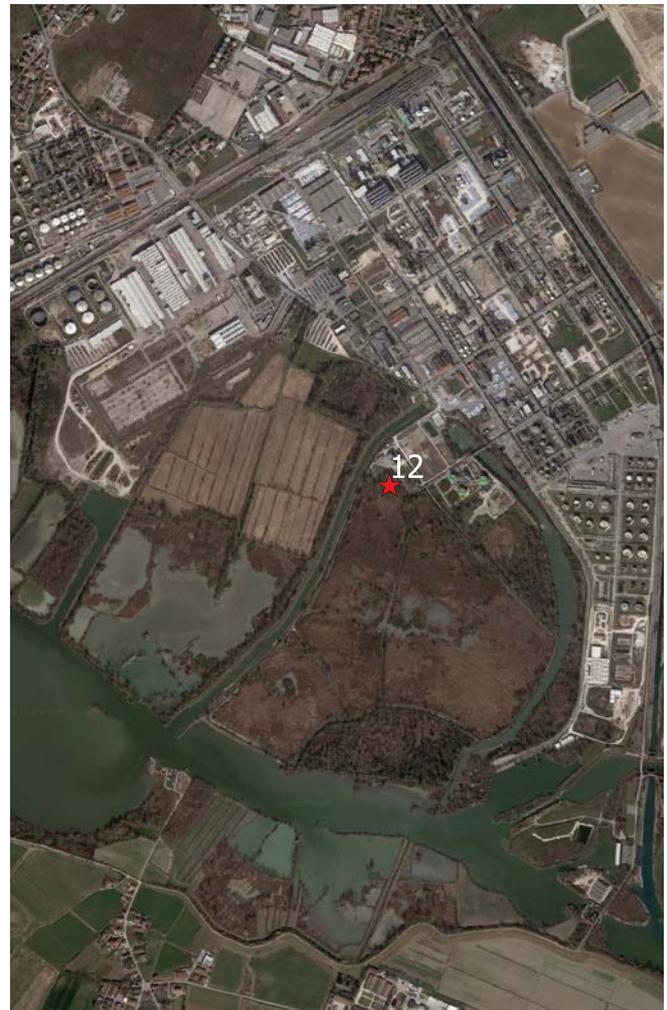
40

COOR. WGS84/UTM32N

EST 644255.975

NORD 5000139.922

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-26

Quadrante di campionamento
D02



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

13

Età stimata (anni)

60

Specie

SALIX ALBA (*Salice bianco*)

H (m)

18

D. fusto (cm)

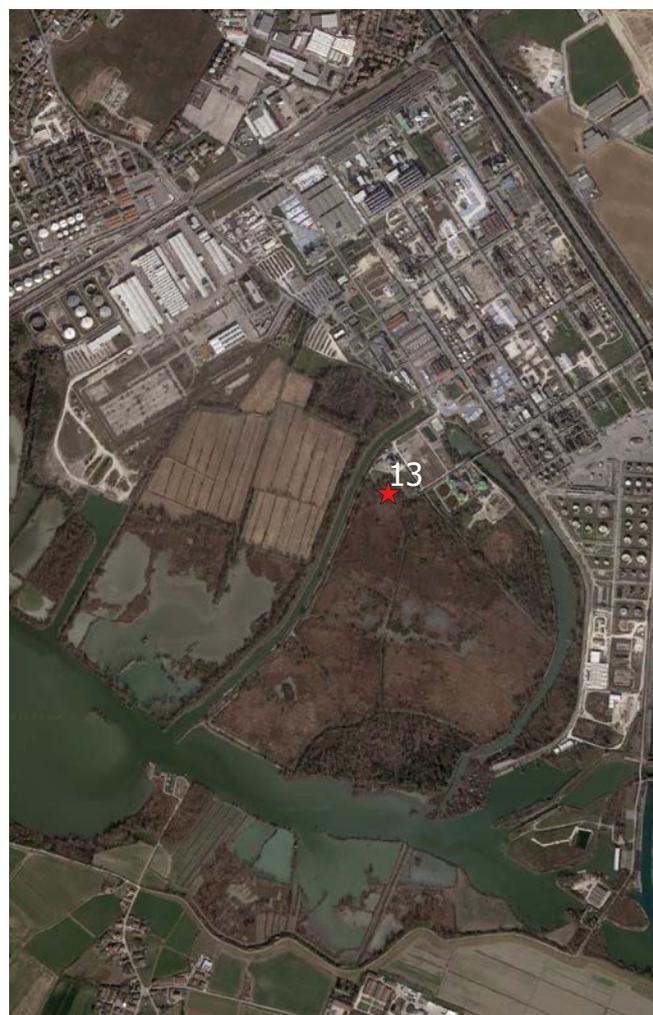
115

COOR. WGS84/UTM32N

EST 644254.978

NORD 5000130.471

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



Scheda di campionamento
PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ANALISI DENDROCHIMICHE”
PROGETTO HOOP “Impianto pilota per la pirolisi di plastiche miste”
presso l’impianto di Versalis S.p.A. sito nel comune di Mantova

Data rilievo
2023-05-26

Quadrante di campionamento
D02



FOTOGRAFIA ALBERATURA



PUNTO DI CAMPIONATURA

Cod. censimento

14

Età stimata (anni)

40

Specie

SALIX ALBA (Salice bianco)

H (m)

15

D. fusto (cm)

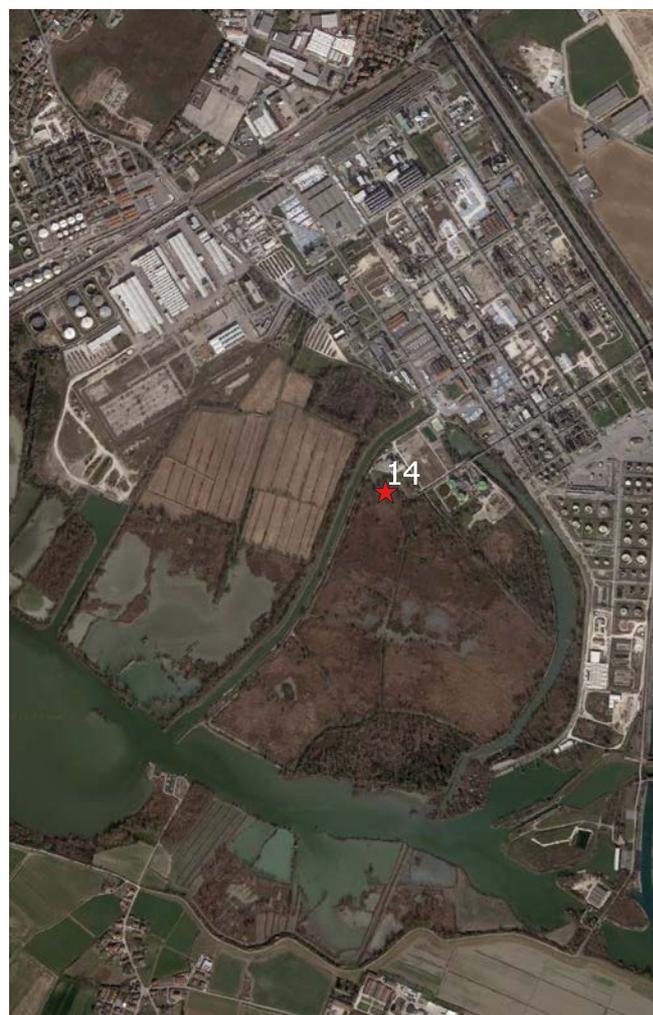
37

COOR. WGS84/UTM32N

EST 644246.411

NORD 5000134.369

ESTRATTO PLANIMETRICO
SCALA 1:25000



wsp

wsp.com