



Regione del Veneto

Università IUAV di Venezia

I

U

A

V

Progetto DTM Delta Po

DTM “Digitalia” e DTM “Laser-Scanner”:
ANALISI COMPARATA PER LA RAPPRESENTAZIONE DEL TERRITORIO
CON ELEMENTI PER LA COSTRUZIONE DI UNA BASE CONOSCITIVA
CONDIVISA

Versione del 15 gennaio 2008

Gruppo di lavoro:

Silvia Castelli (*rilevo GPS e collaudo*)

Luigi Di Prinzio (*coordinamento*)

Stefano Picchio (*elaborazione e rappresentazione*)

Rilievo Laser Scanner:

CGR-Blom

INDICE

0. OBIETTIVI GENERALI DELLA RICERCA	5
1. REALIZZAZIONE DEI MODELLI DIGITALI DEL TERRENO CON TECNOLOGIA LASER-SCANNER (DIGITAL TERRAIN MODEL-DTM, DIGITAL SURFACE MODEL-DSM).....	6
1.1 Area oggetto della ricerca.....	6
1.2 Realizzazione dei modelli 3D Laser Scanner (DTM, DSM).....	8
a. Volo ed acquisizione dei dati	10
b. Elaborazione di base dei dati, realizzazione dei modelli 3D.....	10
Dati prodotti da CGR-Blom	12
c. Mosaicatura del DTM e del DSM in ambiente GIS	14
2. COLLAUDO MODELLI 3D CON RILIEVO TOPOGRAFICO GPS	17
Strategia del collaudo: verifica dell'accuratezza plano- altimetrica	17
a. Definizione delle aree di controllo	19
b. Esecuzione del rilievo con tecnologia satellitare dei punti di controllo a terra (GCP Ground Control Point).....	19
c. Analisi delle differenze altimetriche e planimetriche	19
Conclusioni	27
3. CONFRONTO TRA IL MODELLO DTM LASER SCANNER ED IL MODELLO DTM "DIGITALIA"	28
3.1 Impostazione del confronto	28
3.2 Archivio "Digitalia"	29
a. Analisi delle caratteristiche del dato "Digitalia"	30
b. Trasformazione del TIN Digitalia nel formato GRID	35
c. Mosaicatura dei grids in un unico Modello Digitale Terreno (DTM) .	36
d. "Pseudo-collaudo" del DTM Digitalia con rilievo topografico GPS ..	37
3.3 Confronto altimetrico tra il DTM Laser Scanner e il DTM "Digitalia" .	39
Analisi di un'area di dettaglio del confronto altimetrico tra DTM Laser Scanner e DTM Digitalia	48
Analisi agli estremi dei valori del confronto.....	49
Ulteriore base altimetrica valutata: "DTM - IGM"	54
Conclusioni	55
4. CARATTERISTICHE E POTENZIALITA' DEI MODELLI LASER SCANNER NELL'ANALISI E RAPPRESENTAZIONE DEL TERRITORIO E NELLA GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	56
4.1 Analisi e rappresentazione del territorio	56
Miglioramento della capacità di interpretazione della morfologia del territorio	57
Evidenza dei sistemi di opere e manufatti di particolare interesse per la conoscenza del territorio.....	58
Miglioramento della rappresentazione del territorio, attraverso l'integrazione tra DSM e ortofoto a grande scala.....	59
Miglioramento della capacità di lettura delle trasformazioni del tessuto urbano, insediativo e infrastrutturale.....	62

Contabilizzazione delle volumetrie dell'edificato e delle biomasse	65
4.2 Analisi e gestione del rischio idraulico.....	70
Mappatura e simulazione del rischio idraulico	77
5. PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA BASE CONOSCITIVA CONDIVISA DEL TERRITORIO DEL DELTA DEL PO	79
Obiettivi e schema generale del progetto	79
Problemi.....	80
Attori e domanda di conoscenza	83
Dati.....	87
Matrice dati – attori – temi	89
Modello di base di conoscenza condivisa	95
Geodati – il repertorio in ambiente web – rappresentazione, consultazione, condivisione	96
Attori – Schede e profilo dei portatori di interessi	97
Attori – Geodati: alimentazione del repertorio dei dati territorio e ambiente	98
Attori – Problematiche: la mappa delle segnalazioni	99
Problematiche: lettura mediante l'associazione temi – aree.....	100
Problematiche: lettura mediante rappresentazioni tematiche.....	101
Problematiche - Geodati: interpretazione e individuazione dei potenziali deficit informativi	102
BIBLIOGRAFIA	103
ALLEGATI.....	104
1. Materiali consegnati da CGR-Blom	104
Quadro d'unione.....	104
Dati "Grezzi"	104
Dati "Ground"	104
Dati "Overground"	104
DTM (Digital Terrain Model).....	104
DSM (Digital Surface Model)	104
"Shaded Relief"	104
2. Materiali elaborati dal gruppo Ricerca Sit.....	105
Formato GRID ESRI (ESRI Inc.).....	105
Raster Grid MapInfo (MapInfo Corp.)	105
Raster Arc ASCII Grid	105
3. Altri materiali cartacei e digitali	106
Carta del DTM da Laser Scanner in formato A0.....	106
Carta del DSM da Laser Scanner in formato A0	106
Carta del DTM Digitalia in formato A0	106
Carta delle differenze altimetriche tra DTM Laser e DTM Digitalia in formato A0.....	106
4. Ulteriore elaborazione dei dati (a cura del dott. Massimo Maso)	107
Generazione dei modelli digitali	107
Elaborazione dei dati laser.....	107
Classificazione dei dati laser.....	108
Alcuni risultati: shaded relief e network idraulico	109

5. Le specifiche tecniche per la costruzione di modelli digitali del terreno da differenti fonti di dati	112
6. La geologia del Delta del Po.....	113
Evoluzione geologica del Delta	113
La subsidenza	114
Estrazioni metanifere	117
Gli effetti sull'idrografia e sull'uso del suolo	119
7. Questionario informativo.....	122
8. Convenzione	123

0. Obiettivi generali della ricerca

La situazione ambientale del Delta del Po è il risultato di una serie di eventi complessi che ne hanno modificato la morfologia e l'altimetria, in particolare negli anni '50-'60, rappresentando ancora oggi uno dei più drammatici casi di subsidenza in Italia. Dal punto di vista naturalistico, altimetrico, geologico e morfologico il delta presenta una serie di caratteristiche che lo rendono un ambiente peculiare, in cui una pluralità di attori, pubblici e privati, operano con differenti finalità ed obiettivi, a volte in conflitto, per la salvaguardia e valorizzazione dell'ambiente, lo sviluppo economico dell'area, la tutela dal rischio idrogeologico.

La complessità dei problemi esistenti hanno portato a scegliere il territorio del Delta del Po come *caso studio* per lo sviluppo di una ricerca, realizzata dall'Università IUAV di Venezia - gruppo ricerca SIT- su richiesta della Regione Veneto.

Gli obiettivi, formalizzati come Accordo di Programma riportato in Allegato, hanno previsto la realizzazione di un Modello Digitale del Terreno del territorio mediante tecnologia laser-scanning, ampiamente applicata per il rilevamento e la modellazione tridimensionale nelle discipline del rischio idrogeologico, in grado di fornire un modello dello stato attuale del territorio, ed il suo confronto, con le basi dati tridimensionali disponibili, in particolare il TIN del Progetto Digitalia.

La ricerca ha previsto inoltre la progettazione di una quadro conoscitivo a supporto delle politiche di governo del territorio del Delta del Po, nel quale il DTM Laser sarà inserito ed integrato con le basi informative esistenti, in funzione della domanda informativa espressa dai numerosi portatori d'interesse e delle tematiche che maggiormente caratterizzano il territorio: sicurezza/difesa del suolo e rischio idraulico, salvaguardia e valorizzazione dell'Ambiente, trend evolutivi dell'uso del suolo.

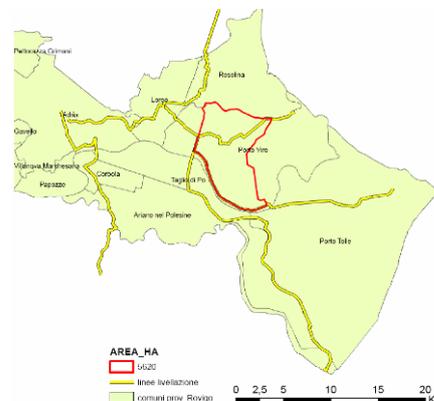
1. Realizzazione dei Modelli Digitali del Terreno con tecnologia Laser-scanner (Digital Terrain Model-DTM, Digital Surface Model-DSM)

1.1 Area oggetto della ricerca

L'area oggetto della ricerca comprende gran parte del territorio del Comune di Porto Viro, tra il Po di Levante a Nord, il Po di Venezia a Sud, la S.S. 309 Romea ad Ovest e le Valli Moraro e Cà Pasta ad Est, per una estensione complessiva di 5620 ha.

Diversi elementi hanno portato ad identificare questa area per gli obiettivi della ricerca, come per la peculiare situazione altimetrica, la pluralità di destinazioni d'uso del suolo e la disponibilità di dati altimetrici recenti. In particolare sono state considerate:

- *La situazione idrografica e altimetrica.* Il territorio è quasi completamente al di sotto del livello del mare, con alcune depressioni di oltre - 3 m l.m.m. L'area costituisce un bacino chiuso, delimitata da 2 arginature fluviali a Nord e Sud, il Po di Levante e il Po di Venezia, e dall'arginatura est sulle zone vallive. A ovest l'area è delimitata dalla S.S. Romea 309.
- *Il quadro storico.* L'area è stata oggetto di forti emungimenti metaniferi (vi sussistevano alcune centrali di compressione), ed ha subito i maggiori abbassamenti di tutto il Polesine, tra gli anni 50 e 60.
- *La presenza di insediamenti urbani e industriali.* Nella zona sono presenti alcuni insediamenti urbani, tra cui la località Contarina, ed alcuni insediamenti industriali di grandi dimensioni. Sono in fase di realizzazione ulteriori zone di espansione industriale.
- *La situazione agronomica e ambientale.* L'area è quasi totalmente destinata all'agricoltura, confina ad est con aree naturalistiche considerate di particolare rilevanza ambientale e appartenenti alla rete Natura 2000, per cui sono presenti percorsi naturalistici e siti per il bird-watching.
- *La disponibilità di dati altimetrici recenti.* L'area è stata attraversata da due linee di livellazione di alta precisione appartenenti alla rete altimetrica fondamentale, per le tratte: lotto 1° -Treviso, Mestre, Padova, Ferrara e Mestre, Brontolo; lotto 2° - Mestre – Brondolo – Adria – Codigoro; Loreo – Porto Viro – Cà Vendramin – Bocca di Po; Porto Viro – Porto Levante; Contarina – Ca Venier – Pila. La livellazione è stata effettuata nel periodo dicembre 2005 - gennaio 2006 su delibera della Giunta Regionale della Regione Veneto 1628 del 28/06/2005.
Il progetto della Regione veneto prevede inoltre la realizzazione, contestuale alle misure altimetriche delle livellazioni, di misure gravimetriche e di una rete GPS di precisione.
- *La disponibilità di altri Modelli Digitali del Terreno.* Sono disponibili il TIN realizzato nell'ambito del progetto Digitalia dal CNR di Pisa e il DTM dell'IGM

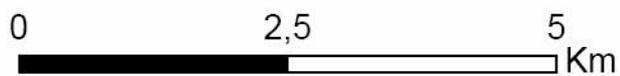


Inquadramento della zona oggetto della ricerca

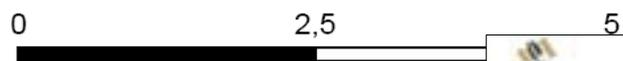
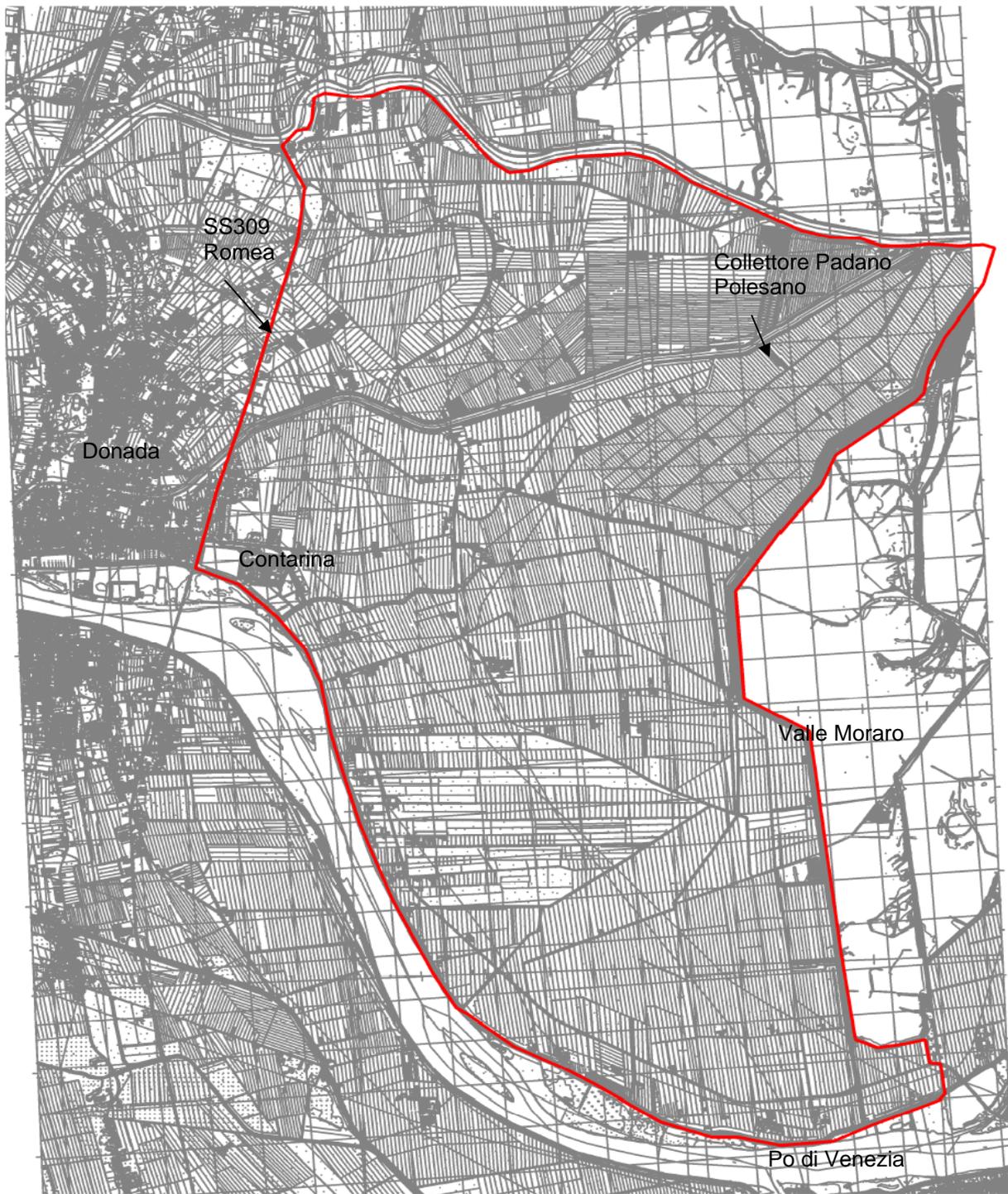


AREA_HA

 5620



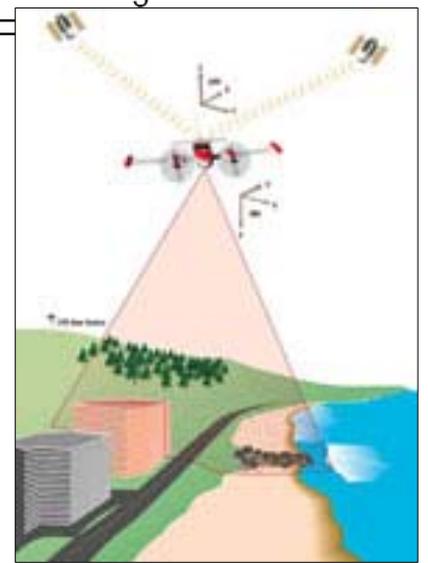
Ortofoto della Compagnia Generale Ripresearee - Parma - anno 2000



Carta Tecnica Regionale aggiornamento planimetrico 1998, aggiornamento altimetrico 1984

1.2 Realizzazione dei modelli 3D Laser Scanner (DTM, DSM)

Il laser-scanner è un sistema attivo utilizzabile su piattaforma aerea o su elicottero, che permette la generazione del DSM (Digital Surface Model) e del DTM (Digital Terrain Model) con una tecnologia basata sull'invio di impulsi laser a terra e sulla registrazione di più risposte (multi echo) appartenenti ad ogni singolo impulso.



Nel box sotto è schematizzata la metodologia per la realizzazione dei modelli tridimensionali con tecnologia Laser, dalla progettazione all'acquisizione, fino all'elaborazione di modelli e alla verifica dell'accuratezza del dato acquisito durante il volo.

METODOLOGIA PER LA REALIZZAZIONE DEI MODELLI TRIDIMENSIONALI DA TECNOLOGIA LASER

a. volo ed acquisizione dei dati

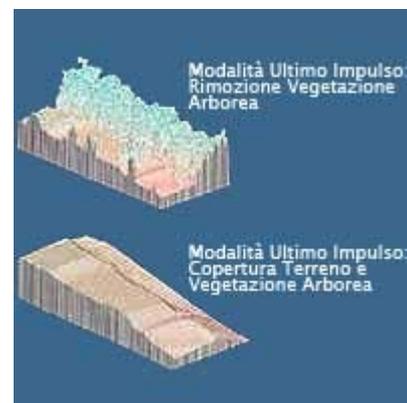
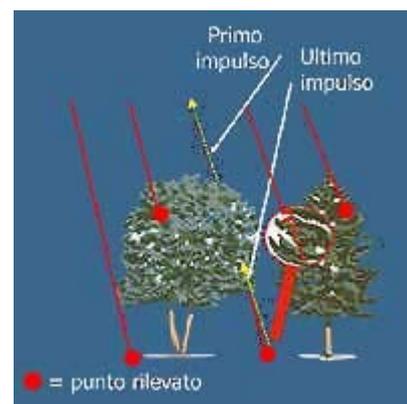
- pianificazione del volo (geometria e piano di volo,..)
- approntamento delle stazioni di riferimento a terra, per l'acquisizione di dati satellitari
- calibrazione della strumentazione e del sistema
- acquisizione dati vera e propria

b. elaborazione di base dei dati, realizzazione modelli 3D

- elaborazione dei dati di navigazione
- elaborazione dei punti laser rilevati (con applicazione di algoritmi di filtraggio e classificazione dei punti del terreno e realizzazione dei modelli DTM-DSM)

c. Mosaicatura del DTM e del DSM in ambiente GIS

- importazione, mosaicatura e riclassificazione dei dati grid in ambiente GIS, per consentire una efficace utilizzazione dei prodotti finali con i software più comuni in commercio (ArcGis-3DAnalyst, MapInfo-Vertical Mapper)
- elaborazione DTM (CGR-Blom) Laser finalizzata al confronto con il DTM derivato dal Progetto Digitalia



a. Volo ed acquisizione dei dati

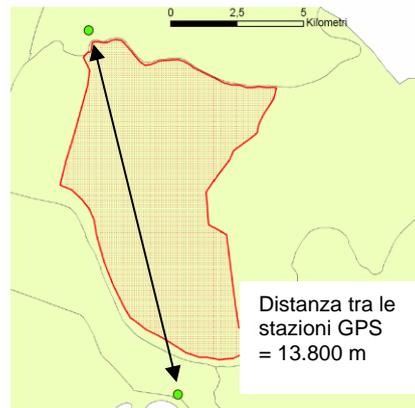
Il survey è stato eseguito il 5 maggio dalla Compagnia Generale Ripreseeree in condizioni di buona visibilità, con sensore laser scanner aerotrasportato (LIDAR) secondo le seguenti specifiche tecniche:

- Semiangolo di scansione 10 gradi
- Quota relativa di volo 1.200 metri (alla quale corrisponde una larghezza media della strisciata di scansione di 410 metri)
- Frequenza di misurazione circa 33.000 Hz
- Densità media dei punti a terra di circa 1 per mq.
- Accuratezza orizzontale: <+ 1,0 m
- Accuratezza verticale <+ 0,20 m
- Registrazione di due risposte laser per ogni impulso
- Registrazione del valore d'intensità del segnale LIDAR (Light Detection And Ranging)

La morfologia della zona è tendenzialmente pianeggiante, con presenza di alcune aree a quota -3,00 m; non sono presenti coperture vegetazionali fitte.

Per l'intera durata del volo sono state eseguite le registrazioni dei segnali satellitari da due stazioni fisse a terra ubicate su vertici di coordinate note della rete AIPO (febbraio 2005). In entrambe le stazioni sono stati utilizzati ricevitori GPS a doppia frequenza operanti in modalità relativa ad intervallo di acquisizione di 1 secondo, elevation mask >10°, PDOP <2. La distanza tra le stazioni è pari a circa **13.800 m**.

Le indicazioni dell'Intesa in merito (*vedi nota 1 a fine capitolo*) richiedono almeno una stazione di riferimento ad una distanza non superiore a 50 km ed una frequenza di misura della posizione non inferiore a 1 Hz. L'NGS (National Geodetic Survey) americano individua in 20 km la massima distanza tra le stazioni, che incide per circa 5 cm nell'accuratezza verticale del dato laser.



b. Elaborazione di base dei dati, realizzazione dei modelli 3D

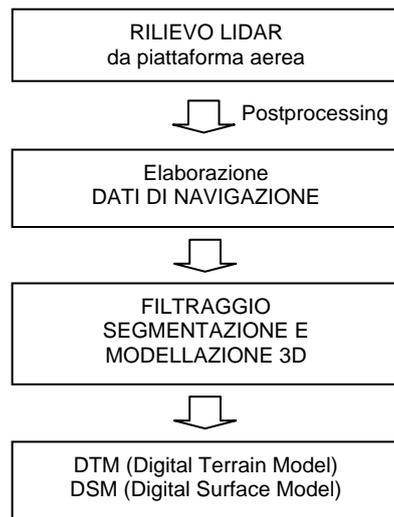
Di seguito vengono individuate i punti essenziali che caratterizzano questa fase, realizzata da CGR-Blom di Parma, con il software TerraScan.

Elaborazione dei dati di navigazione

Uno dei fattori che influenza maggiormente l'accuratezza nella realizzazione del DTM da dati laser-scanning è l'errore di posizionamento.

Il calcolo delle coordinate dei punti laser si effettua determinando vettori 3D. Le misure GPS fissano la posizione dell'origine del vettore, il sistema inerziale ne individua la direzione (quella del raggio emesso) e la misura di distanza del telemetro laser ne determina il modulo. La sequenza per la determinazione dei punti laser è così sintetizzata:

- determinazione della posizione dell'aereo con GPS differenziale (DGPS). Le posizioni dell'aereo vengono interpolate fra quelle misurate e consentono di definire il punto origine per la misura di distanza, tenendo conto dell'istante di emissione dell'impulso e dell'eccentricità dell'antenna rispetto al telemetro.
- calcolo della direzione del vettore dalla determinazione degli angoli di rotazione tra il sistema di riferimento oggetto ed un sistema solidale all'IMU
- calcolo del modulo del vettore posizione spaziale con il telemetro laser.



Schema per la elaborazione di base dei dati LIDAR

Il calcolo delle soluzioni GPS è influenzato principalmente da tre problemi: l'interferenza delle radio-frequenze RFI con il segnale GPS, l'uso di una o più stazioni, l'effetto della distanza tra reference station e il ricevitore rover.

Per minimizzare gli errori si è scelto di utilizzare due stazioni master in contemporanea distanti circa 14 km tra loro.

Elaborazione dei punti laser rilevati

Verifica dell'omogeneità dei punti e primo filtraggio degli errori grossolani

In fase di elaborazione dei dati viene verificata l'omogeneità della distribuzione della nuvola di punti e vengono eliminati i punti non appartenenti alla superficie del terreno (automobili, muretti,..)

Filtraggio e classificazione dei dati acquisiti

Dal rilevamento è possibile ottenere tre modelli digitali del terreno:

1. *DSM da registrazione del primo impulso laser*: comprende tutti gli oggetti presenti sulla superficie
2. *DSM da registrazione del secondo impulso*: comprende l'edificato e la vegetazione impenetrabile al laser
3. *Grid DTM da filtraggio del DSM secondo impulso* con algoritmi automatici: si ottiene il grigliato con passo di 1 m con quote riferite al suolo mediante filtraggio della vegetazione e delle costruzioni.

Esistono in letteratura diversi approcci/algoritmi per il filtraggio dei dati laser aerei come l'interpolazione polinomiale ai minimi quadrati, le funzioni di morfologia matematica, le funzioni di distanza, le funzioni splines.... Esistono inoltre diversi prodotti software in grado di applicare i diversi algoritmi di filtraggio.

L'applicazione di filtri permette poi la successiva classificazione dei dati filtrati, ovvero l'assegnazione dei punti "Non Terreno" a classi specifiche mediante criteri di tipo geometrico e/o radiometrico. In questo modo è possibile classificare i punti appartenenti alla vegetazione o ad edifici.

Nella verifica della precisione in quota del DTM, sono state utilizzate inoltre le procedure di interpolazione lineare dei TIN (Rete Irregolare di Triangoli), includendo le breaklines

Segmentazione e Modellazione 3D

La "segmentazione" consiste nella suddivisione di un'area classificata in sotto-aree elementari omogenee rispetto ad un dato criterio, con creazione del contorno delle stesse. La segmentazione è un'operazione che per molti aspetti dipende dalla classificazione ma che contemporaneamente opera filtrando ulteriormente i punti classificati. Classificazione e segmentazione sono cioè operazioni che non possono essere separate ma che procedono parallelamente nell'analisi dei punti che appartengono ad un dato oggetto.

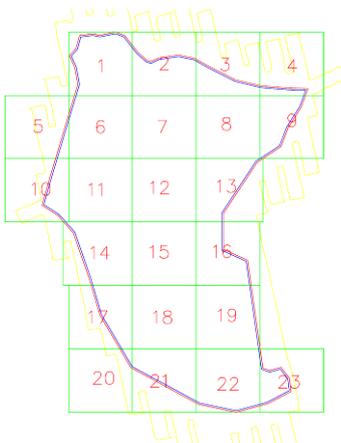
La modellazione solida o ricostruzione tridimensionale è l'ultima fase dell'elaborazione dei dati laser e concerne (nel caso specifico degli edifici) la stima della forma, della posizione e dell'orientamento degli edifici applicando metodi basati su modelli di tipo parametrico o generico

Trasformazione delle coordinate

Per la trasformazione finale delle coordinate nel sistema nazionale, sono stati applicati dati geodetici complementari (parametri di trasformazione e ondulazione del geoido).

Dati prodotti da CGR-Blom

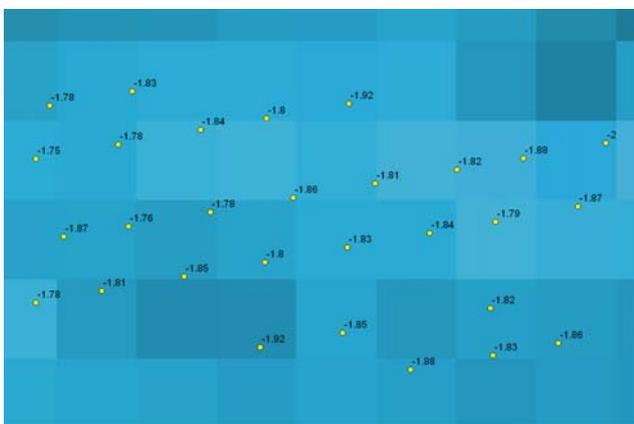
Quadro d'unione delle tavole del rilievo laser



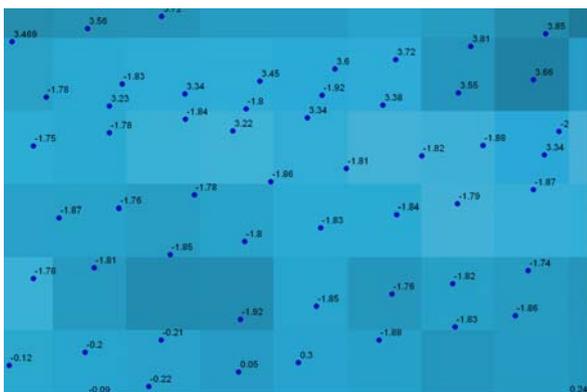
Dati Grezzi



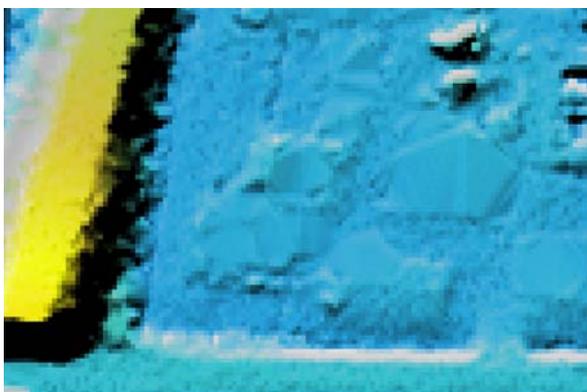
Dati "Ground"



Dati "Overground"



DTM (Digital Terrain Model) maglia 1x1 m



DSM (Digital Surface Model) maglia 1x1 m



Shaded Relief Image



c. Mosaicatura del DTM e del DSM in ambiente GIS

I dati Lidar forniti dalla CGR sono stati sottoposti ad ulteriore elaborazione dal gruppo di ricerca SIT, per la:

- importazione, mosaicatura e riclassificazione dei dati grid in ambiente GIS, per consentire una efficace utilizzazione dei prodotti finali con i software più comuni in commercio (ArcGis-3DAnalyst, MapInfo-Vertical Mapper)
- elaborazione DTM (CGR-Blom) Laser finalizzata al confronto con il DTM derivato dal Progetto Digitalia.

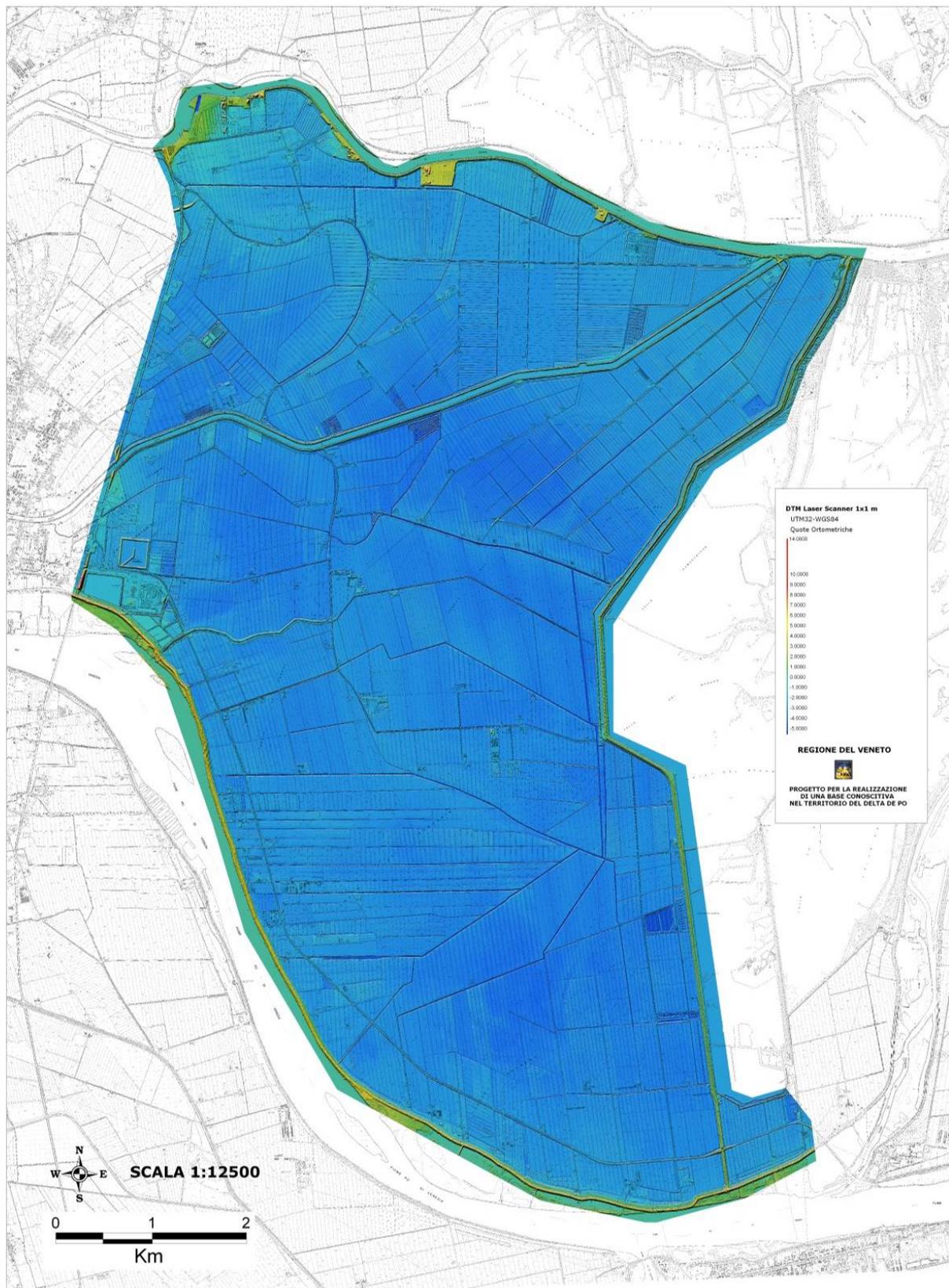
Le relative metodologie di elaborazione sono descritte in dettaglio nei capitoli 2 e 3.

Di seguito sono riportati il mosaico del DTM e del DSM Laser dell'intera area di studio, realizzati dall'elaborazione dei grid forniti dalla CGR-Blom in ambiente GIS (gruppo di ricerca SIT).

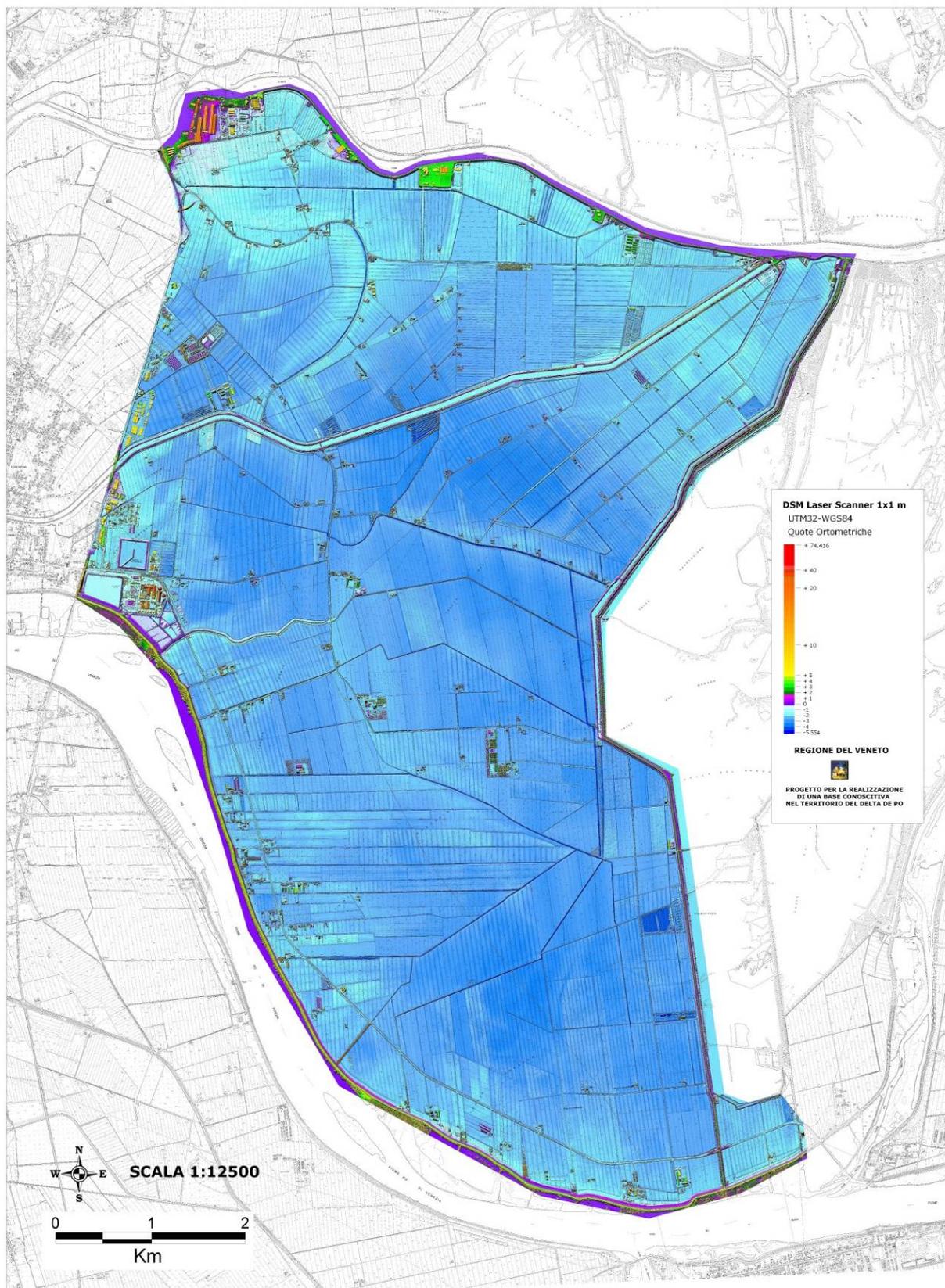
Nota 1

Al fine di valutare l'accuratezza del dato plano-altimetrico ottenuto da laser-scanner occorre tenere conto di molti fattori, principalmente legati alle prestazioni ed alla sincronizzazione del sensore laser e del sistema GPS_INS, dalla geometria di acquisizione, dalla morfologia del territorio e dalla tipologia di copertura vegetale. Inoltre occorre considerare l'eventuale trasformazione utilizzata per il passaggio di Datum.

Sono disponibili esperienze significative, legate principalmente alla disciplina del rischio idraulico, condotte da organizzazioni ed Agenzie di diversi paesi, per valutare la qualità del rilievo stesso. In Italia uno sforzo per definire le procedure di acquisizione dei dati con LIDAR da piattaforma aerea è stato fatto dal gruppo di lavoro promosso dal CTC dell'Intesa Stato Regioni Enti Locali che ha redatto il documento " Prescrizioni tecniche per la produzione di DTM" in collaborazione con i ricercatori dell'Istituto di Geomatica e Fotogrammetria del Politecnico di Losanna.



Il mosaico del DTM Laser Scanner dell'intera area di studio



Il mosaico del DSM Laser Scanner dell'intera area di studio

2. Collaudo modelli 3D con rilievo topografico GPS

Strategia del collaudo: verifica dell'accuratezza plano-altimetrica

Il collaudo è stato eseguito dal gruppo di ricerca SIT attraverso la verifica in campo della accuratezza planimetrica ed altimetrica, ovvero l'acquisizione a terra con metodologia GPS di una serie di punti, attraverso i quali valutare la qualità, l'omogeneità e la rispondenza dei dati con quanto specificato e la realizzazione di diagrammi delle differenze altimetriche tra GCP (Ground Control Point) e valori del DTM da Laserscanner.

Esistono diverse fonti di errore che vanno ad incidere sulla qualità del dato. La tabella seguente indica le fonti di errore sull'accuratezza del posizionamento e il relativo ordine di grandezza.

GPS	INS	LASER	INTEGRAZIONE
5-15 cm	5-30 cm	0,75-3 cm	5-10 cm
Effetto ione e troposferico	Deriva nel tempo	Dimensioni dell'impronta	Sincronizzazione
Soluzione dell'ambiguità	Allineamento campo gravitaz.	Morfologia terreno	Offset
Interpolazione		Calibrazione	Trasformazioni tra sist. di coordinate

La verifica dell'accuratezza prevede l'utilizzo di **punti di controllo a terra (GCP)** e la determinazione degli errori quadratici medi nelle tre componenti (RMSX, RMSY, RMSZ) ottenuti dal calcolo delle differenze di coordinate per punti corrispondenti fra il dataset rilevato e i GCP. Tale metodologia, prevista come standard NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy), permette di definire le accuratezze verticali e orizzontali con un livello di significatività del 95%

Le indicazioni dell'Intesa in merito alle aree di controllo indicano che:

"Le aree di controllo dovrebbero avere una superficie minima di 3.000 m², con bassissima o nessuna vegetazione e dovrebbero essere distribuite regolarmente sull'intera superficie da rilevare. Al fine di rilevare eventuali inclinazioni della strisciata, è utile ubicare alcune aree di controllo sul bordo della strisciata e nelle zone di sovrapposizione tra strisciate. Le irregolarità del terreno in tali aree dovrebbero essere molto modeste. Particolari del terreno, come ad esempio piani inclinati (rampe, ecc.), possono essere adoperate per evidenziare gli errori planimetrici. Sulle aree di controllo si dovrebbe misurare un reticolo di punti con un'ampiezza di maglia abbastanza piccola, ad esempio di 10m e comunque in modo da rilevare il terreno con precisione di ± 10 cm. I campi di calcio, per la regolarità delle pendenze, sono particolarmente adatti allo scopo. La procedura per la determinazione delle quote della zona di controllo è libera. L'impiego di GPS e teodoliti ha dato ottimi risultati; la livellazione geometrica consentirebbe una maggiore precisione. Una possibile variante consiste nella determinazione delle aree di controllo con GPS cinematico da autovetture, se si impiegano a questo scopo le strade."

La CGR suggerisce la realizzazione di un piano quotato di una o più piazzole pianeggianti di superficie almeno pari a 400-500 metri quadrati (10-15 per 30-50 m) rilevando almeno 1 punto ogni 5-10 metri quadrati, i cigli e le variazioni di pendenza con regolarità.

Le specifiche FEMA (Federal Emergency Agency) prevedono almeno 20 punti di controllo per ogni categoria di vegetazione (suolo nudo o copertura erbosa, erba alta e campi coltivati, zone cespugliate, zone boscate, zone urbanizzate) individuati su aree pianeggianti o con pendenza uniforme non superiore al 20%. I punti di controllo non devono essere posizionati su breaklines. I punti di controllo scelti su terreni in pendenza o irregolari possono causare errore nella valutazione delle discrepanze, poiché è più difficile condurre una corretta interpolazione dei dati

Nella fase di acquisizione dei GCP occorre tenere in considerazione: alcuni elementi:

- il punto acquisito dal laser non è un elemento puntuale ma una media di singoli punti che stanno all'interno dell'impronta del raggio (60 cm)
- quando il dislivello tra oggetti non è sufficientemente elevato, la misura laserscanner risultante è il valore medio delle quote degli oggetti misurati, mentre se la quota è sufficientemente elevata da dare due impulsi ben differenziati, si hanno la quota della sommità e della base dell'oggetto.

Di seguito viene illustrato lo schema metodologico per il collaudo dei modelli tridimensionali realizzati da CGR-Blom.

**SCHEMA METODOLOGICO PER LA VERIFICA
DELL'ACCURATEZZA PLANIMETRICA E ALTIMETRICA
DEI MODELLI TRIDIMENSIONALI CGR-BLOM**

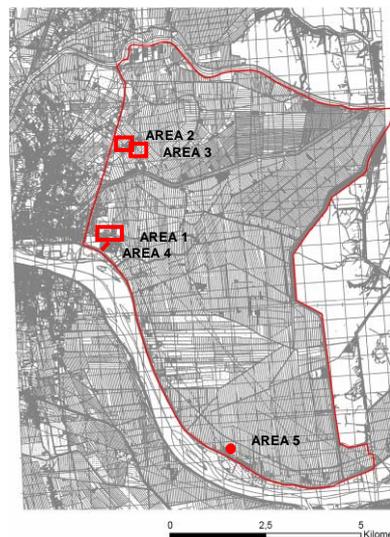
- A. definizione delle aree di controllo**
- B. esecuzione del rilievo con tecnologia satellitare dei punti di controllo a terra (GCP)**
- C. analisi delle differenze altimetriche e planimetriche**
 - analisi delle differenze altimetriche e planimetriche tra i modelli tridimensionali CGR-Blom e i punti di controllo a terra, rilevati con tecnologia satellitare, per ognuna delle aree di controllo individuate

a. Definizione delle aree di controllo

Ai fini del controllo piano altimetrico sono state identificate le seguenti aree:

- due piazzole pianeggianti asfaltate di estensione maggiore di 500 mq (area 1 e 2) ubicate in zone diverse
- gli spigoli di un edificio e la relativa quota della gronda del tetto (area 3)
- una sezione lungo l'argine del fiume Po (area 4)
- un punto a quota nota derivata dalla livellazione di alta precisione eseguita nel 2005 (area 5)

Nella immagine sono riportate le immagini delle aree in cui è stato effettuato il controllo piano-altimetrico.



b. Esecuzione del rilievo con tecnologia satellitare dei punti di controllo a terra (GCP Ground Control Point)

I punti di controllo a terra sono stati rilevati con metodologia DGPS in modalità cinematica RTK, mediante ricevitori doppia frequenza Ashtech Z-Surveyor dotati di 12 canali digitali e di metodo Z-tracking per la ricostruzione del codice P crittografato.

L'inquadramento dei rilievi nel Sistema di Riferimento Gauss-Boaga, è stato ottenuto mediante stazionamento sul vertice IGM95 denominato "Casone Moraro". Sono stati inoltre rilevati punti appartenenti alla livellazione effettuata dalla Regione Veneto nel periodo 2005-2006, al fine di verificare la rispondenza delle quote ortometriche.

c. Analisi delle differenze altimetriche e planimetriche

Area 1 – Piazzale industriale pianeggiante asfaltato

Il confronto è stato effettuato tra il DTM 1x1m, il DSM 1x1 m ed i dati GPS acquisiti all'interno di un piazzale pianeggiante asfaltato di un'area industriale. L'estensione dell'area di controllo è pari a 3636 metri quadri, sulla quale ricadevano:

- 3406 raw data laser (51 con impulso 1 e 3355 con impulso 2)
- 3638 punti DTM (CGR-Blom)
- 1570 punti di controllo GPS (GCP)

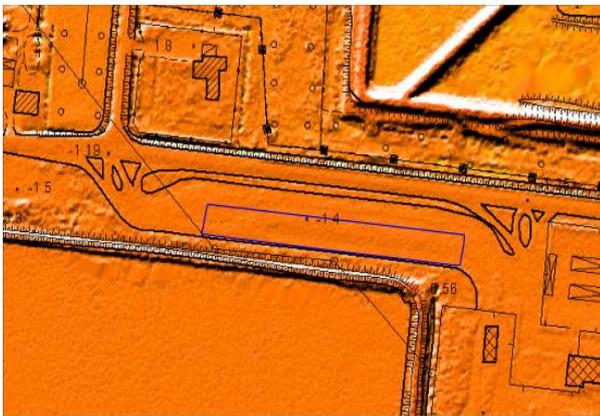
Le figure seguenti illustrano i risultati ottenuti.



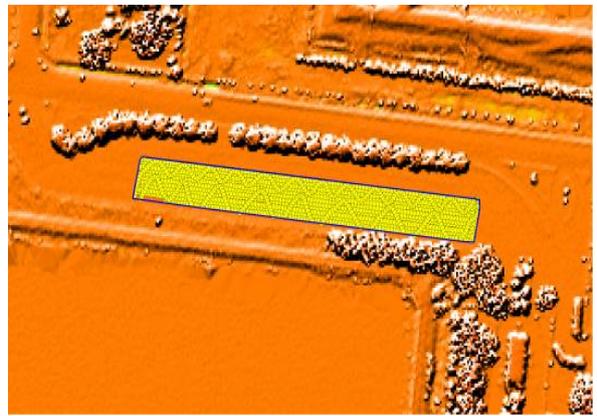
Ortofoto 2000



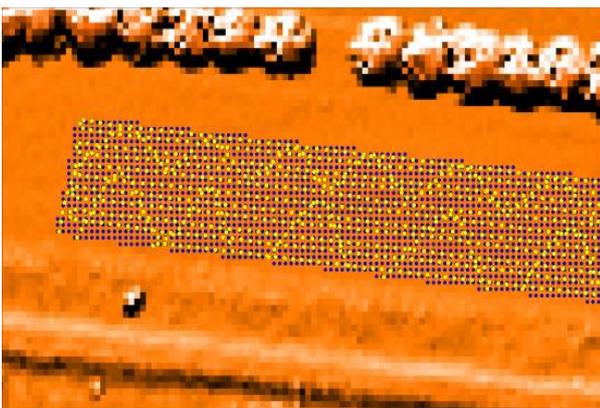
DSM -Digital Surface Model



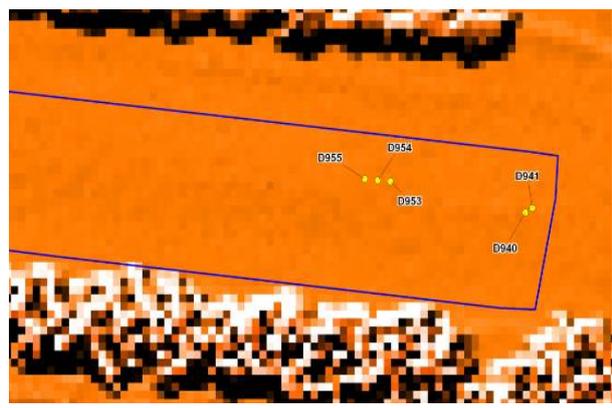
Sovrapposizione DTM e CTR



Sovrapposizione DSM e GCP (punti gialli)



Sovrapposizione DSM, punti DTM e GCP



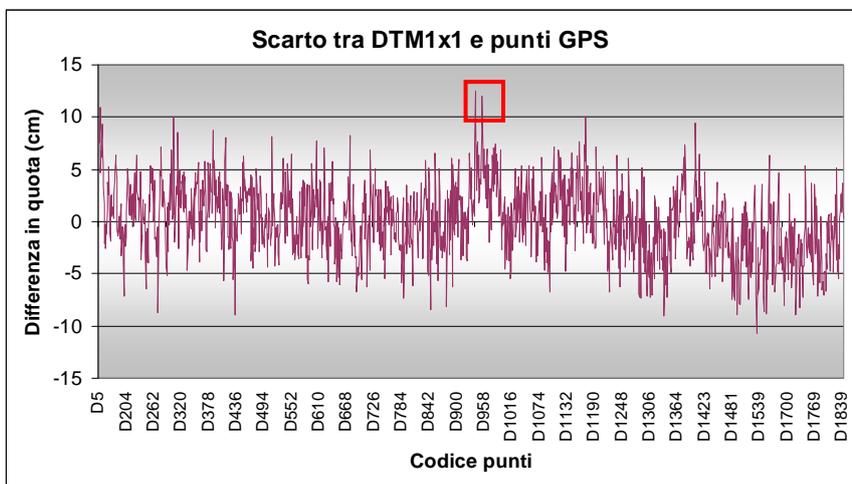
Punti con errore superiore a 10 cm

Come riassunto nella tabella seguente la quota media è pari a 1,37 m, con deviazione standard pari a 0,06 m sia per i punti GPS, sia per il DTM sia per il DSM.

	Z GPS (m)	Z DSM (m)	Z DTM (m)	Differenza (cm)
MEDIA	-1,37	-1,37	-1,37	0,1
DEV STD	0,06	0,06	0,06	3,4
MAX	-1,21	-1,21	-1,21	12,5
MIN	-1,50	-1,53	-1,53	-10,7

La differenza media tra quota GPS e quota DTM è pari a 0,1, con deviazione standard pari a 3,4 cm. La differenza massima GPS-DTM è 12,5 cm per i valori positivi e -10,7 cm per i valori negativi.

Dal grafico degli scarti tra DTM e punti GPS è possibile individuare le differenze medie ed i punti con errore maggiore (in questo caso superiore a 10 cm) mappandoli.



Area 2 – Piazzale pianeggiante parzialmente asfaltato

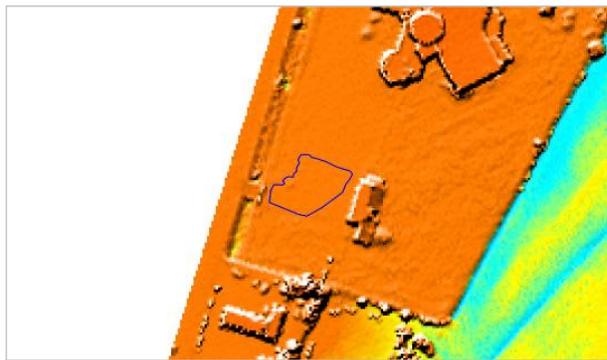
Il confronto è stato effettuato tra il DTM 1x1 m, DSM 1x1 m ed i dati GPS acquisiti all'interno di un piazzale pianeggiante ma solo parzialmente asfaltato, ubicato in diversa zona rispetto al precedente, al fine di verificare la omogeneità delle caratteristiche del DTM. L'estensione dell'area di controllo è pari a 621 metri quadri, sulla quale ricadevano:

- 655 raw data laser (53 con impulso 1, 602 con impulso 2)
- 622 punti DTM (CGR-Blom)
- 247 punti di controllo GPS (GCP)

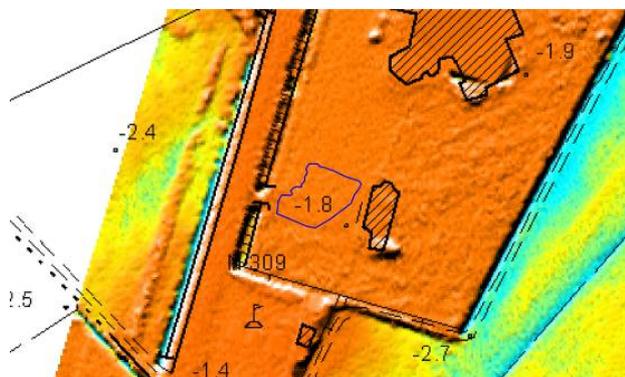
Le figure seguenti illustrano i risultati ottenuti



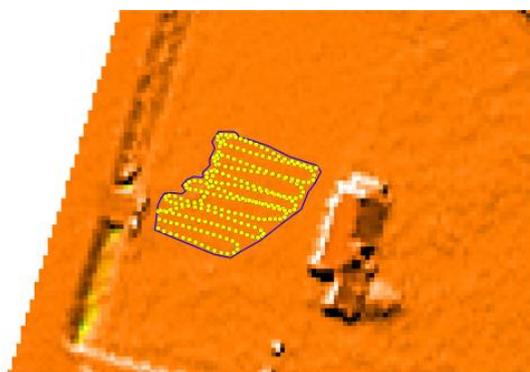
Ortofoto 2000



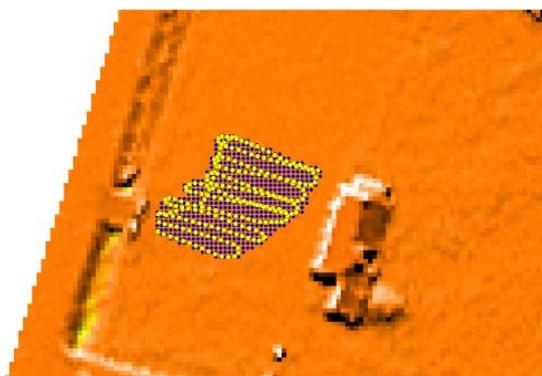
DSM



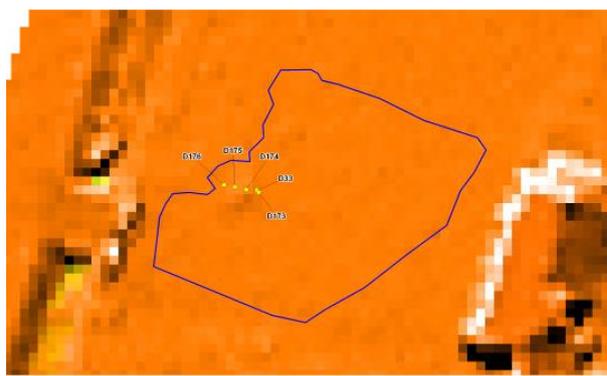
Sovrapposizione DTM e CTR



Sovrapposizione DSM e punti GPS



Sovrapposizione DSM, punti DTM e punti GPS



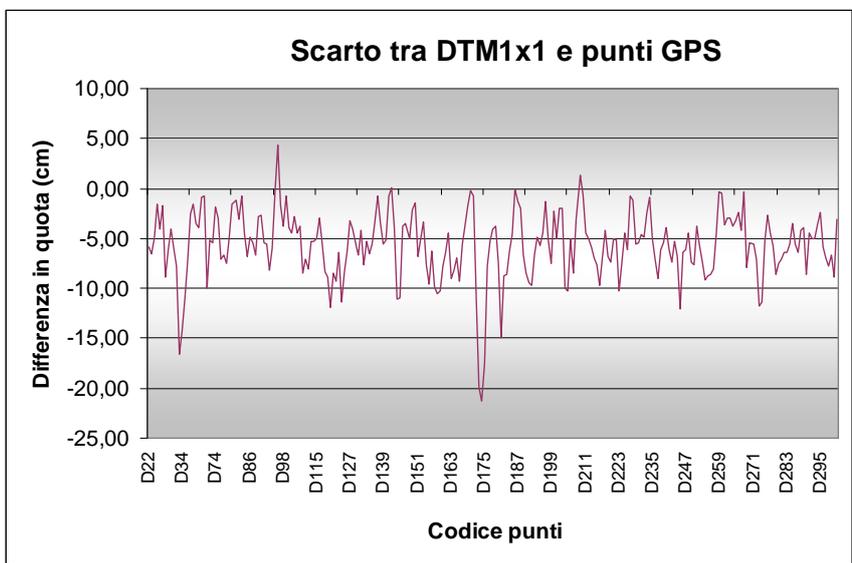
Punti con errore superiore a 10 cm

Come riassunto nella tabella seguente la quota media è pari a 2,05 m per i punti GPS, e 1,99 cm per punti sul DTM con deviazione standard pari a 0,05.

	Z GPS (m)	Z DSM (m)	Z DTM (m)	Differenza (cm)
MEDIA	-2,05	-1,99	-1,98	-5,6
DEV STD	0,05	0,05	0,05	3,4
MAX	-1,92	-1,87	-1,76	4,41
MIN	-2,17	-2,12	-2,11	-21,22

La differenza media tra quota GPS e quota DTM è pari a - 5, 7 cm, con deviazione standard pari a 3,4 cm. La differenza massima GPS-DTM è 4,4 cm per i valori positivi e -21,2 cm per i valori negativi.

Il grafico degli scarti DTM – punti GPS mostra uno *shift* costante negativo dei valori del DTM ed una serie di punti con errore superiore a 20 cm in prossimità di una variazione di pendenza sul territorio



Area 3 – Tetto piano di edificio

Al fine di verificare l'accuratezza planimetrica ed altimetrica del Digital Surface Model, è stato effettuato tra il DSM 1x1 ed i dati GPS acquisiti su edificio, caratterizzato da un tetto piano calpestabile cui si accede attraverso una serie di gradoni ubicati posteriormente. In questo modo è stato possibile non solo confrontare i valori altimetrici GPS-DSM sul tetto piano, ma anche percorrere l'intero perimetro del tetto ed identificare gli spigoli dell'edificio.

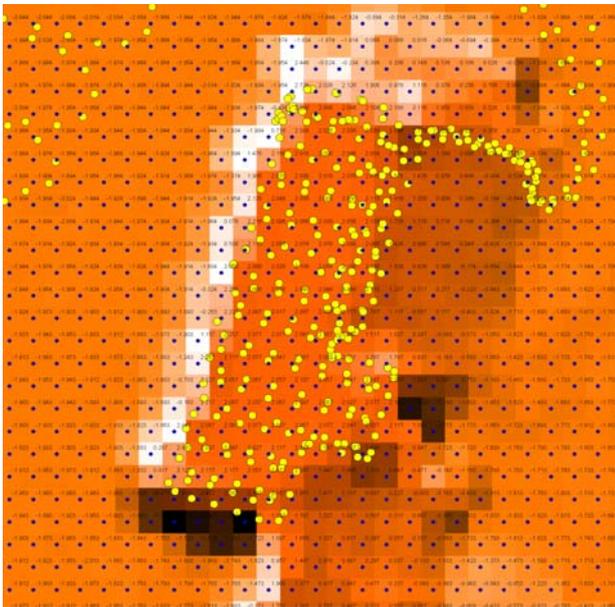
- L'estensione dell'area di controllo piana è pari a 71 metri quadri, sulla quale ricadevano:
- 74 raw data laser
 - 70 punti DSM (CGR-Blom)
 - 119 punti di controllo GPS (GCP)



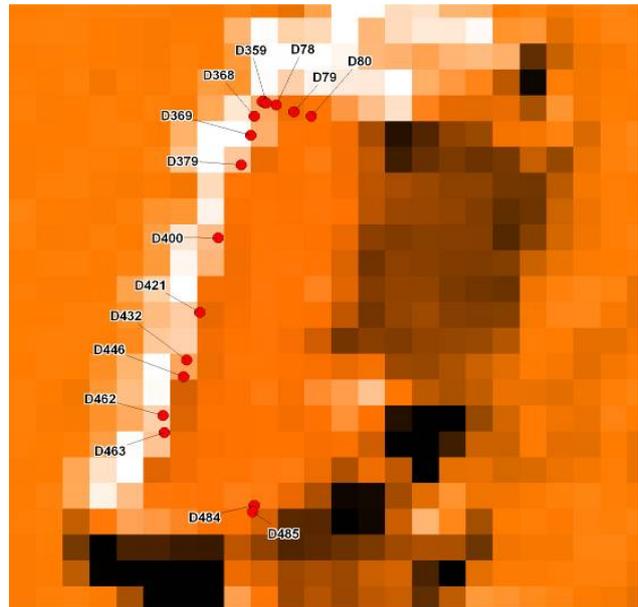
Ortofoto 2000



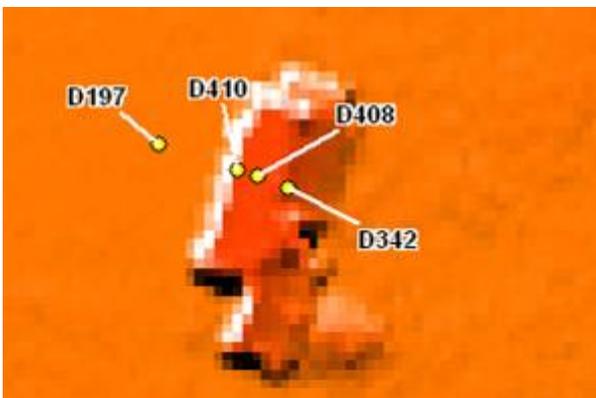
DSM



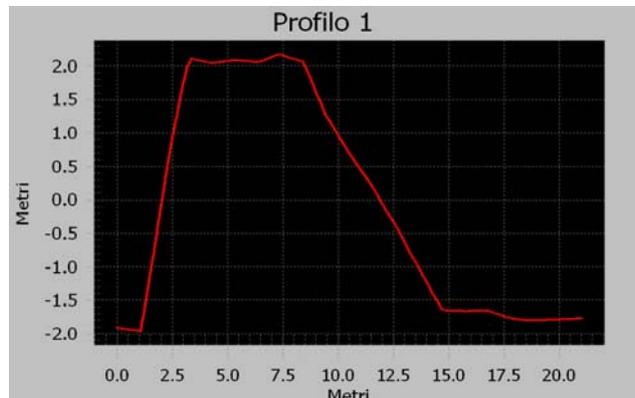
DSM e punti GPS



Punti ubicati lungo il bordo dell'edificio



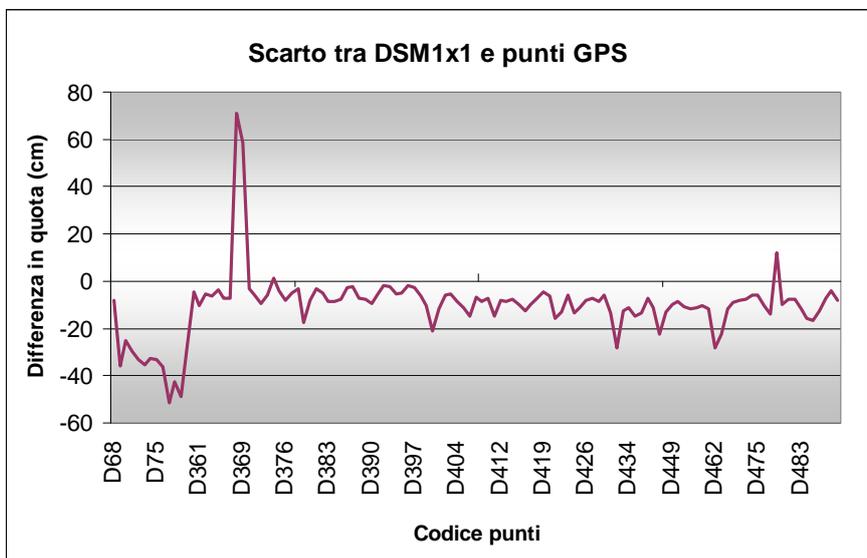
Profilo dell'edificio lungo la sezione indicata



La differenza media tra quota dei punti GPS e quota dei punti sul DSM è pari a -10,4 cm. I valori del DTM, riferendosi alle quote del terreno, ovviamente differiscono fortemente dai precedenti. Le differenze massime, riscontrate lungo i margini, sono state di 71 e -51,5 cm.

	Z GPS (m)	Z DSM (m)	Z DTM (m)	Differenza (cm)
MEDIA	1,96	-1,87	2,06	-10,4
DEV STD	0,09	0,06	0,11	14,0
MAX	2,04	-1,76	2,26	71,1
MIN	1,57	-1,96	1,24	-51,5

I dati GPS acquisiti e i valori del DSM corrispondenti mostrano sostanzialmente scarti al di sotto dei 15 cm per la parte centrale del tetto. I valori del DSM lungo i bordi del tetto differiscono significativamente dalla quota reale, anche 70 cm.



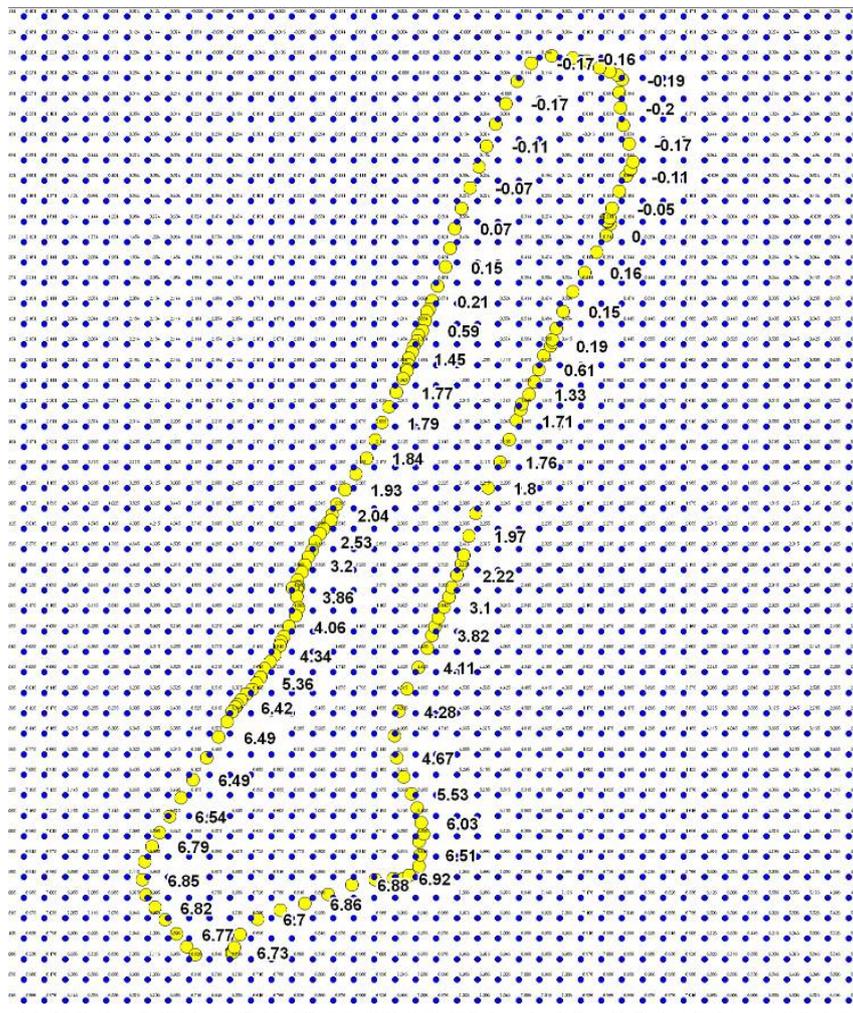
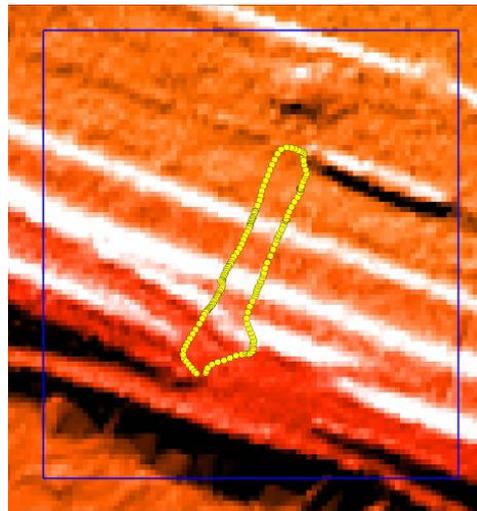
Per l'analisi delle differenze planimetriche, le coordinate degli spigoli e del perimetro dell'edificio, sono stati confrontati con le corrispondenti coordinate sul DSM (fig d). Tutti i punti hanno mostrato scarti inferiori al metro.

E' stato inoltre ricostruito il profilo dell'edificio. L'altezza del fabbricato sulla facciata principale, misurata direttamente, è pari a 4,00 m. quella misurata con sistema GPS è pari a 3,98 cm, quella misurata sistema laser è pari a 4,02 m

PTO	E	N	Z GPS (m)	Z DTM (m)	Z DSM (m)
D197	755514,68	4992969,95	-2,01	-2,00	-1,90
D410	755523,03	4992967,05	1,97	-1,93	2,12
D408	755525,18	4992966,44	2,00	-1,90	2,09
D342	755528,25	4992965,24	1,49	-1,83	1,88

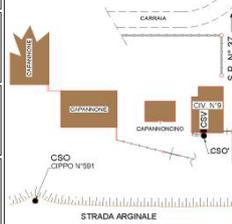
Area 4 – Argine fluviale

Al fine di verificare la capacità del DTM ottenuto da laserscanner a descrivere le caratteristiche di terreni ad elevata pendenza, sono state acquisite le coordinate altimetriche e planimetriche lungo un argine fluviale, e confrontate con i corrispondenti valori sul DTM 1x1m. La pendenza media è pari al 15%. Le differenze tra DTM e punti GPS variano da un minimo di 5 a un massimo di 58 cm.



Area 5 – Punto a quota nota appartenente alla rete di livellazione 2005

Al fine di verificare la qualità del rilevamento GPS e della relativa trasformazione delle quote da essissoidiche ad ortometriche, sono state acquisite le coordinate di un punto appartenente alla rete di livellazione effettuata dalla Regione Veneto nel 2005. Il ricevitore è stato posizionato per due volte sopra il cippo n. 591 della linea D02, la cui quota ortometrica è pari a 6,014 m, come riportato nella monografia allegata. Il valore rilevato con il ricevitore GPS è pari a 6,03 m e a 6,04 m.

 <p>ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE RETE ALTIMETRICA DI ALTA PRESSIONE ©2004 GeoTools Manager v.1.2</p>	Nazione: ITALIA Regione: VENETO Provincia: ROVIGO Comune: PORTO VIRO	
	Serie 100: 077 Comacchio Serie 25N: 077 INO Mesola Serie 50: 187 Codigoro Serie 25: 187 sez I Mesola	
C: 6,0148 (CSO) - CHIODO ANONIMO - sulla sommità del cippo n°591, a sinistra della strada arginale nella direzione di Pila.	Progressiva chilometrica: Km 8,848 dal Caposaldo 0174#_###_009# Quotato: Il caposaldo è stato quotato nell'anno 2005 Ricognito: L'ultima ricognizione effettuata sul caposaldo risale all'anno 2005	 
C: -1,9620 (CSO) - CHIODO ANONIMO - sulla soglia di accesso al civico n° 9.		
C: 0,1537 (CSV) - PIASTRINA DI ALTRO ENTE - (CSL Colon Delta Padano) in corrispondenza del cso.		
ANNOTAZIONI □ 010079 0,3250 010284 0,3255 010205 ● (CSO) 010205 ● (CSO) 010205 ⚠ EX CS 154	Coordinate Geografiche WGS84 Roma40 φ: 44°57'57,8" φ: 44°57'55,4" λ: 12°16'12,0" λ: -00°10'55,6"	0174#_D02_008#
STRADA ARGINALE, MADONNINA SECONDA (Cippo n.591)		BTITULO GEOGRAFICO MILITARE - Servizio Geodetico - Via di Novati, 93 - 50127 FIRENZE - ☎ 055 2732442 - 📠 055 417909

Conclusioni

Dal punto di vista plano-altimetrico, il rilievo laser-scanning effettuato dalla Compagnia Generale Ripresearee presenta **una accuratezza altimetrica inferiore a 15 cm per le aree pianeggianti**, quindi anche migliore di quanto definito nelle specifiche tecniche, mentre **l'accuratezza planimetrica è coerente con le specifiche**. Il DSM è stato inoltre in grado di descrivere adeguatamente gli edifici esistenti, dal punto di vista altimetrico e planimetrico. Il test di collaudo su aree ad elevata pendenza, ha invece evidenziato un errore maggiore nelle misure, pari ad un massimo di 58 cm per pendenze pari a 15%.

L'analisi dei *raw data* di origine ha inoltre evidenziato una maggiore densità di punti nelle aree a maggiore variazione altimetrica, ed inferiore nelle aree pianeggianti e/o nude.

3. Confronto tra il modello DTM Laser scanner ed il modello DTM "Digitalia"

3.1 Impostazione del confronto

La tecnologia laser-scanning è attualmente utilizzata per la produzione di DTM ad alta risoluzione, realizzati per lo più da soggetti pubblici e privati per ambiti territoriali limitati e con finalità specifiche. Questo perchè non esiste un DTM in scala nazionale in grado di fornire un dato di altimetria con un livello di precisione comparabile (livello 4-5 dell'Intesa, pari ad una precisione in quota di ± 30 cm o inferiore). Gli elevati costi di realizzazione e la limitata utilizzazione ad ambiti specifici, come nelle discipline del rischio idrogeologico, lasciano spazio a molti dubbi sull'effettiva possibilità di applicazione su larga scala. Per l'intero territorio è invece disponibile il DTM dell'IGM definito, nella pubblicazione dell'Intesa, come un livello 0 di precisione ($\pm 7-12$ m) e il DTM della CGR "it2000", avente una precisione che si aggira intorno a ± 5 m. Per l'intera Regione Veneto è inoltre disponibile il DTM derivato dal TIN del Progetto Digitalia, facente riferimento a quote desunte dalla CTR ed integrate con ulteriori punti quota.

Il seguente capitolo descrive la comparazione tra i due modelli tridimensionali disponibili nell'area di interesse: il DTM derivato dal rilievo LIDAR e il DTM derivato dal TIN Digitalia.

Il tema del confronto tra due prodotti dalle caratteristiche così diverse è stato affrontato non solo dal punto di vista della precisione altimetrica e planimetrica, ma anche attraverso una valutazione della potenzialità di applicazione nell'ottica degli obiettivi del quadro informativo previsto e, più in generale, sui contenuti informativi che questi prodotti dovrebbero offrire a chi opera nella gestione del territorio e dell'ambiente.

Nel valutare gli esiti del confronto tra i due DTM occorre quindi tenere in considerazione i diversi elementi che li differenziano sotto molti punti di vista:

- la **differenza metodologica** con cui i DTM sono ottenuti. Da un lato, infatti, le nuove tecnologie, caratterizzate da una sovrabbondanza di dati e da una restituzione finale fortemente automatizzata. Dall'altra il processo di fotointerpretazione e restituzione che caratterizza l'elaborazione del DTM da cartografia
- il **differente periodo di realizzazione e di aggiornamento**: il TIN Digitalia deriva principalmente da punti quotati della CTR aggiornata al 1984
- la **differente precisione e costi di realizzazione**, molto più elevati per un DTM da rilievo LIDAR
- l'evoluzione del territorio, soggetto al fenomeno della **subsidenza**

Basi altimetriche oggetto del confronto

Il confronto è stato effettuato tra i seguenti modelli tridimensionali:

- TIN/DTM derivati dall'archivio "Digitalia" e DTM Laser Scanner
- DTM/DSM derivati da tecnologia Laser Scanner

3.2 Archivio "Digitalia"

Nell'Azione A2 dell'IntesaGIS "Stato-Regioni ed Enti Locali per la realizzazione dei sistemi informativi geografici di interesse generale" è stato realizzato il "DTM a copertura nazionale nel sistema WGS84 integrato con le informazioni disponibili degli Enti ed Amministrazioni firmatarie". L'azione A1 dell'Accordo Integrativo è stata sviluppata presso il CNR di Pisa, con il progetto Digitalia, la quale ha previsto la costruzione di un modello del terreno a maglia triangolare. La Regione del Veneto ha partecipato al progetto fornendo la base informativa della propria CTRN. Il TIN, consegnato dal CNR nel 2004, pertanto si riferisce ai rilievi aerofotogrammetrici del 1983/84. Un ulteriore aggiornamento dei livelli informativi della Carta Tecnica Numerica è stato messo a punto nel 1998, ma sembra da escludere che siano stati aggiornati anche i livelli riguardanti l'altimetria.

La ricostruzione del TIN è avvenuta processando i dati vettoriali delle cartografie con un opportuno algoritmo (Pareschi et al., 2000a-b; Favalli e Pareschi, 2002), il quale garantisce una ricostruzione ottimale di creste ed impluvi partendo da dati sparsi (punti quotati isolati, curve di livello, rotture di pendenza, ecc.). Il TIN è stato realizzato sul sistema di riferimento dati UTM-WGS84 ed è stato organizzato in tiles, di lato 10x10 Km. Per ogni tiles sono disponibili le curve di livello, i punti quotati, il TIN (nodi e vertici dei triangoli e relazioni di vicinanza), le break-lines e infine una matrice di quote, a passo 10 m., calcolata a partire dal TIN (DTM vero e proprio).

Il processo che porta alla formazione della Rete Triangolare TIN "Digitalia" nasce dall'estrazione di opportuni livelli dalla Carta Tecnica Regionale Numerica integrati da ulteriori livelli informativi altimetrici descritti in seguito.

La realizzazione richiede in partenza un rilievo aerofotogrammetrico ed una successiva fase di stereorestituzione per l'implementazione della CTRN.

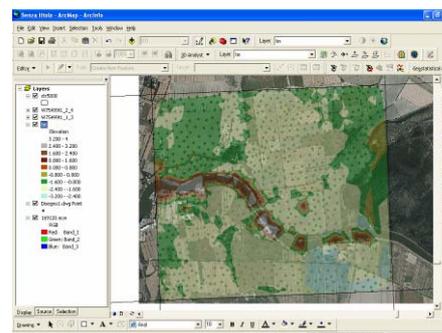
I livelli utilizzati per la costruzione del TIN sono il 10 "Curve di livello e altimetria" (curve direttrici, curve ordinarie, curve ausiliarie e batimetriche) e il livello 11 "Punti quota" (Quote di campagna rilevate direttamente e quote stereo terreno rilevate in fase di stereorestituzione).

L'accuratezza e la qualità del DTM derivato dal TIN Digitalia si inquadra tra i livelli 2 e 3 così come definito dalle specifiche tecniche del gruppo di lavoro "Intesa GIS" sui Modelli Digitali del Terreno. Essendo la fonte dei dati infatti proveniente dalla Carta Tecnica Numerica 1:5000, la precisione in altezza su terreno scoperto è superiore a 1 metro, la spaziatura della griglia consigliata è pari a 10 m, così come descritto nella tabella seguente.

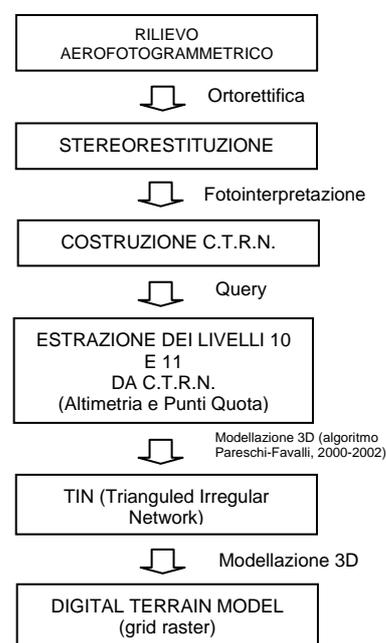
Per una rassegna dei requisiti richiesti per la produzione dei Modelli Digitali del Terreno da differenti fonti di dati si veda l'allegato 1.

Data la natura intrinsecamente eterogenea del database nazionale Digitalia, le valutazioni dell'accuratezza non possono che essere locali e non possono che fornire esiti variabili.

Sono mostrati i passaggi che hanno portato alla predisposizione del database Digitalia per la costruzione del Modello Digitale del Terreno (DTM), con l'obiettivo di una corretta predisposizione dei modelli per gli opportuni confronti.



Una tile del TIN Digitalia



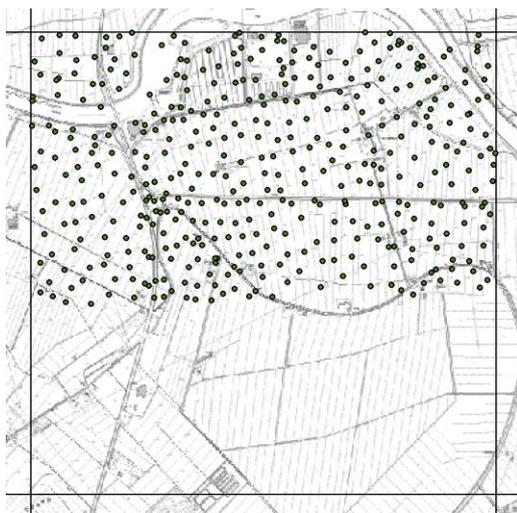
SCHEMA METODOLOGICO PER L'ANALISI DEL MODELLO TRIDIMENSIONALE „DIGITALIA“

- A. Analisi dei dati utilizzati per la realizzazione del database TIN „Digitalia“
- B. Trasformazione del TIN „Digitalia“ nel formato GRID in ambiente GIS per consentire il confronto con il DTM laser scanner già predisposto
- C. Mosaicatura dei grids in un unico Modello Digitale del Terreno (DTM)
- D. “Pseudo-collaudo” del DTM Digitalia con rilievo topografico GPS

a. Analisi delle caratteristiche del dato “Digitalia”

Il database fornito dall'archivio “Digitalia” presenta il TIN prodotto utilizzando i seguenti dati altimetrici:

- 1) punti quotati da cartografia IGM e CTRN;

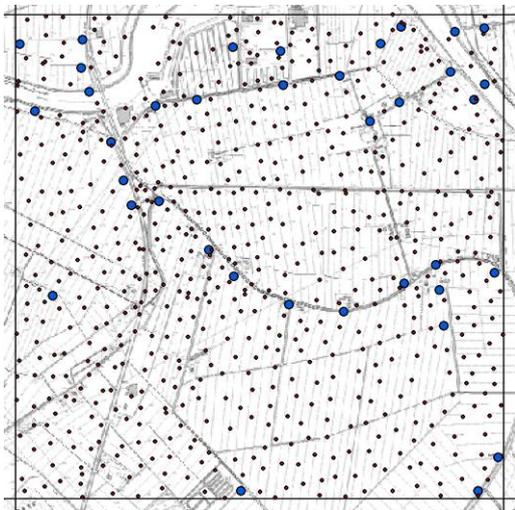


- 2) punti quotati aggiunti dall'operatore per una migliore restituzione del TIN;



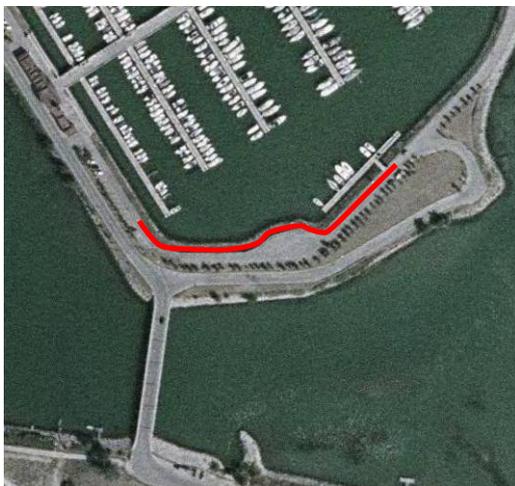
Si segnala che, a seguito di un approfondimento sui livelli altimetrici in una serie di tavolette della CTRN, si sono rilevati un maggior numero di punti quotati rispetto a quelli utilizzati nel processo di realizzazione del TIN Digitalia.

Dalla figura sottostante si può notare che il livello 11 "punti quotati" estratto dalla CTRN nell'inquadramento dello stesso tile mostrato precedentemente (W75499_2_4), riporta un numero di punti superiore diviso in "quote di campagna" (in blu) e "quote stereo terreno" (in rosso).

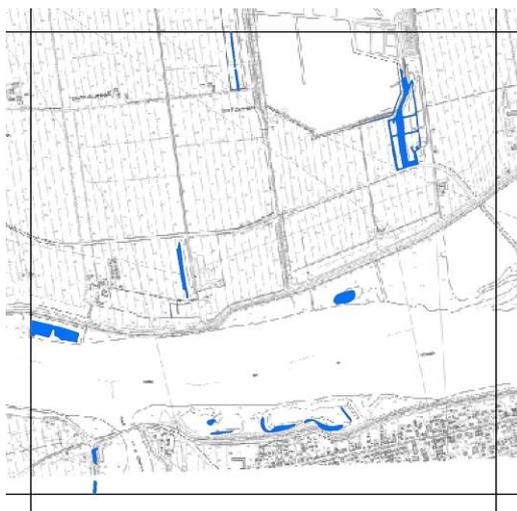


Dove esistono lacune o disgiunzioni nel database input oppure in particolari morfologie, le elaborazioni dell'algoritmo DEST potevano originare nel modello degli evidenti artefatti. Si intende per "punti aggiunti dall'operatore" dei punti isolati introdotti dall'operatore GIS in corrispondenza di questi artefatti in fase di controllo dell'output. La quota di questi punti è stata assegnata dall'operatore sulla base di una ponderata ma soggettiva interpretazione del territorio basata sul contesto locale con l'ausilio di altre banche dati raster disponibili, come IGM 1:25000, ed ortofoto AIMA 2001 (dove disponibili) (S. Tarquini, CNR Pisa).

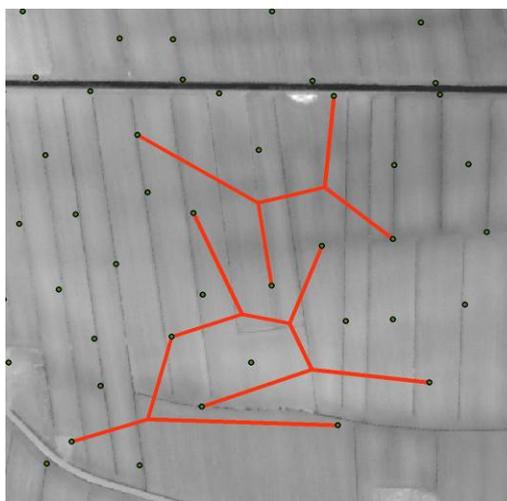
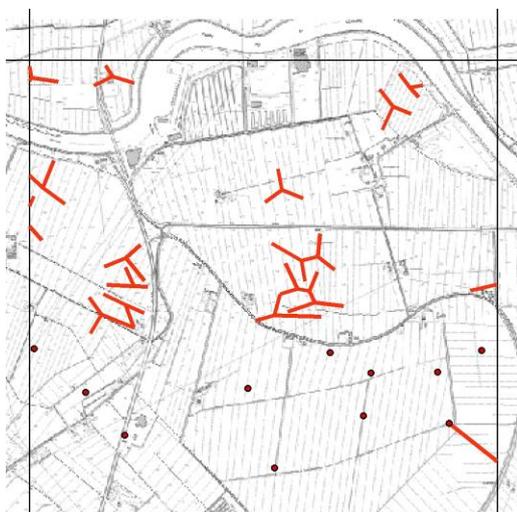
- 3) curve di livello (non presenti nell'area di studio se non ai margini esterni della stessa);
- 4) moli o altre particolari rotture di pendenza derivate dalla CTRN;



5) impluvi e laghi;



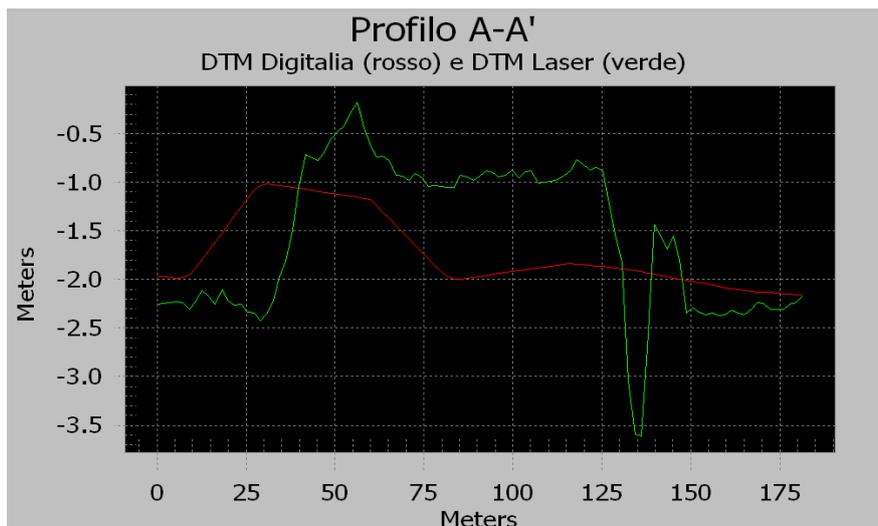
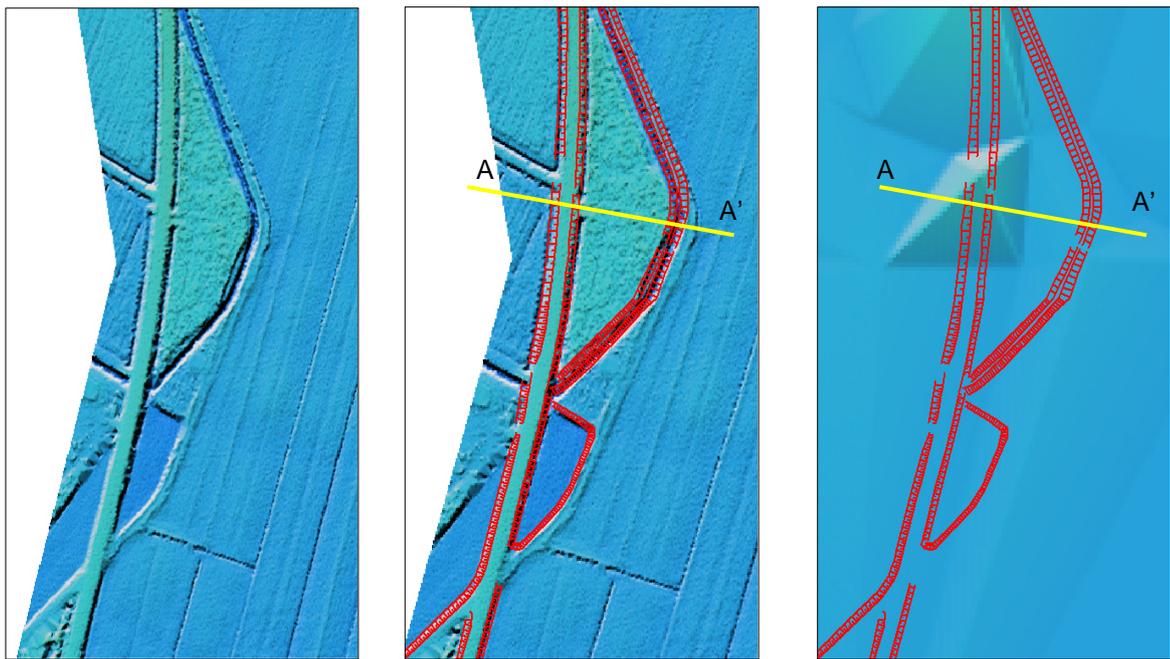
6) creste di completamento derivate dal CNR



Questi dati fanno riferimento a particolari rotture di pendenza quali canali, argini o altro (S.Tarquini, CNR Pisa). In realtà il TIN Digitalia non riporta alcune delle linee di discontinuità o break lines, presenti invece ed estratte dalla CTRN.

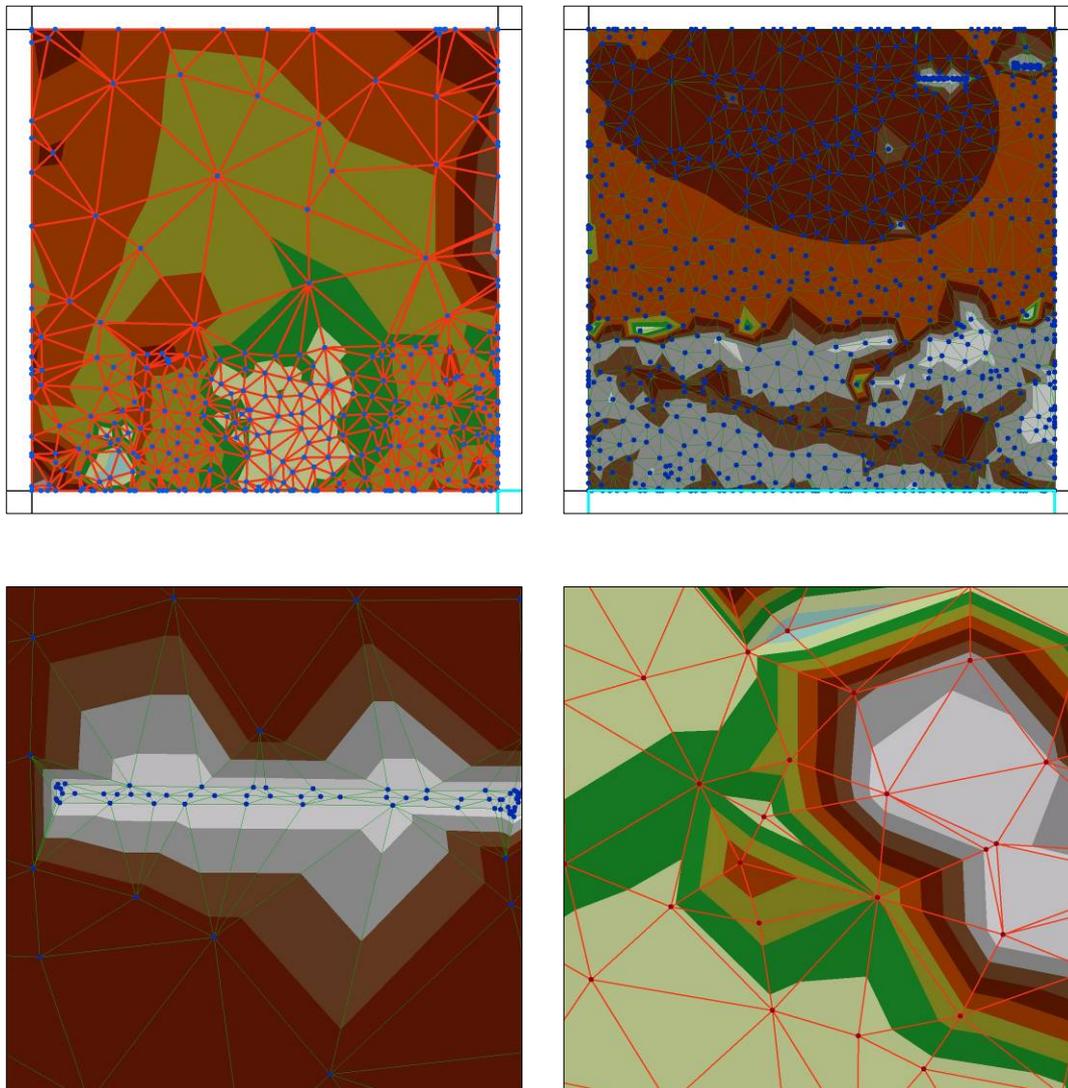
Nell'esempio seguente sono mostrati il livello "discontinuità" estratto dalla CTRN e visualizzato con tratteggio rosso rispettivamente sopra il DTM laser scanner (a sinistra e al centro) e il DTM "Digitalia" (a destra).

Viene inoltre riportato il profilo A-A' di confronto tra i due DTM (Laser e Digitalia), in cui si evidenziano le variazioni di pendenza in prossimità delle break lines della CTRN.



7) Il TIN

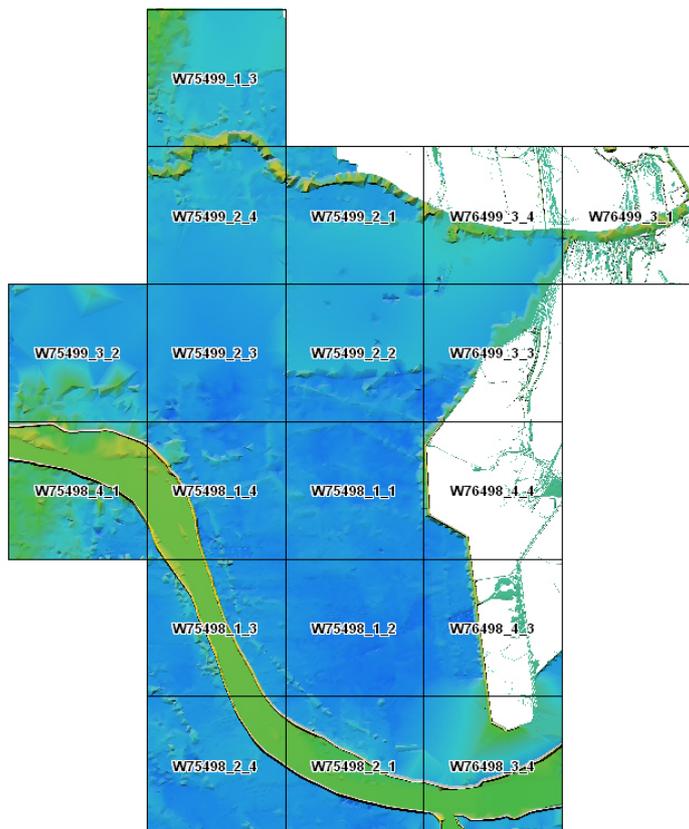
L'insieme dei dati mostrati alimentano l'algoritmo di Pareschi et al. (cit) per l'implementazione della maglia irregolare dei triangoli TIN che modellano con quel formato il territorio di riferimento.



L'algoritmo utilizzato per l'interpolazione della maglia irregolare dei triangoli TIN, realizzata dal CNR di Pisa, è approfonditamente spiegato all'interno dell'articolo "*Digital elevation model construction from structured topographic data: The DEST algorithm*" (di Massimiliano Favalli and M. Teresa Pareschi - JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 109, F04004, doi:10.1029/2004JF000150, 2004), mentre il lavoro che descrive il modello digitale nella sua interezza è "*TINITALY/01: a new Triangular Irregular Network of Italy*" di Simone Tarquini, Ilaria Isola, Massimiliano Favalli, Francesco Mazzarini, Marina Bisson, Maria Teresa Pareschi and Enzo Boschi ANNALS OF GEOPHYSICS, VOL. 50, N. 3, June 2007).

Le tiles del Digitalia presenti nell'area di studio sono le seguenti:

- "W75498_2_4"
- "W75498_2_1"
- "W76498_3_4"
- "W75498_1_3"
- "W75498_1_2"
- "W76498_4_3"
- "W75498_4_1"
- "W75498_1_4"
- "W75498_1_1"
- "W76498_4_4"
- "W75499_3_2"
- "W75499_2_3"
- "W75499_2_2"
- "W76499_3_3"
- "W75499_2_4"
- "W75499_2_1"
- "W76499_3_4"
- "W76499_3_1"
- "W75499_1_3"



L'immagine riporta la mosaicatura dei grid ottenuti dalla trasformazione dei TIN Digitalia

b. Trasformazione del TIN Digitalia nel formato GRID

Abbiamo già mostrato il processo seguito dal Pareschi et al. che ha portato alla costruzione della rete irregolare dei triangoli nel progetto „Digitalia“.

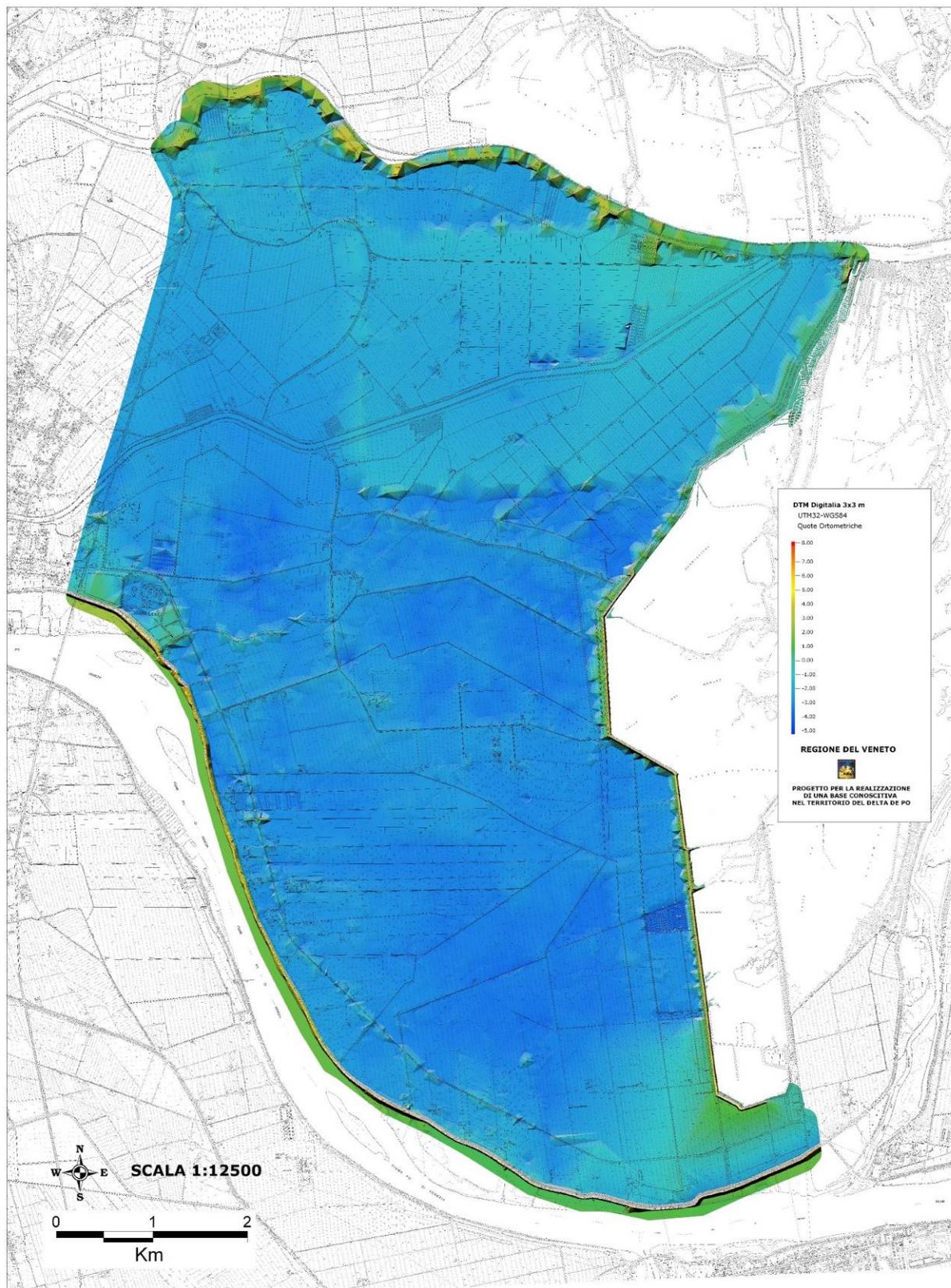
Il passo successivo per la trasformazione del TIN in Grid avviene interpolando ciascuna tile del TIN scegliendo un opportuno passo della cella e adottando il metodo di interpolazione bilineare all'interno dei triangoli.

Sappiamo infatti che la caratteristica dei triangoli di Delaunay è quella di avere pendenza ed esposizione costante mentre la quota Z varia all'interno dei singoli triangoli.

Pertanto è stata tralasciata la scelta dell'interpolazione del grid con passo 10 m, adottando la maglia di 1 metro, confrontabile quindi con il DTM generato dal rilievo Laser scanner.

In questo senso l'interpolazione è più forte, rispetto al reale utilizzo del Digitalia con passo 10 m, ma si tratta di un passaggio necessario per il confronto con il DTM laser scanner.

c. Mosaicatura dei grids in un unico Modello Digitale Terreno (DTM)



Il mosaico del DTM "Digitalia" dell'intera area di studio

d. "Pseudo-collaudo" del DTM Digitalia con rilievo topografico GPS

Alla luce di quanto visto fin'ora è possibile verificare con precisione l'accuratezza del Modello Digitale del Terreno (ottenuto da rilievi aerofotogrammetrici) interpolando la maglia dei triangoli per ricavare i relativi grids.

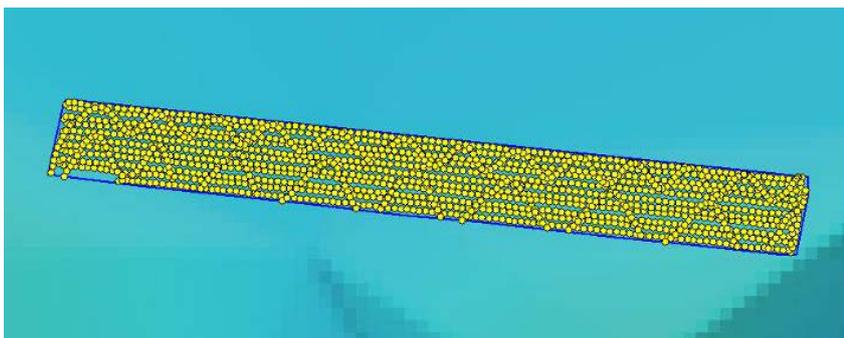
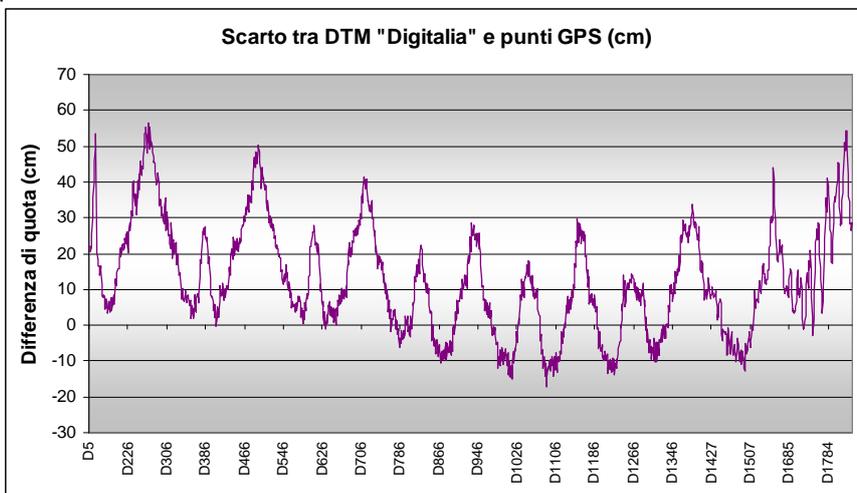
Pertanto si utilizzano i dati a disposizione del rilievo topografico GPS utilizzati per collaudare il DTM laser, tenuto conto del fatto che le epoche di fonte dei dati sono lontane più di venti anni.

Area 1 – Piazzale industriale pianeggiante asfaltato

Il confronto tra punti GPS rilevati nel piazzale pianeggiante, già oggetto del collaudo dei modelli tridimensionali CGR-Blom, e il DTM "Digitalia, ha evidenziato i seguenti risultati:

	Z GPS (m)	Z DTM Digitalia (m)	Differenza (cm)
MEDIA	-1,37	-1,24	12,60
DEV STD	0,06	0,12	15,12
MAX	-1,21	-0,88	56,43
MIN	-1,50	-1,42	-17,23

La differenza media di quota è pari a 12,60 cm con una deviazione pari a 15 cm circa. Sono però presenti punte massime di errore di oltre 56 cm. Dal grafico degli scarti tra DTM "Digitalia" e punti GPS è evidente un andamento non casuale di errore, che riporta ad una specifica zona del piazzale, affetta da errori.

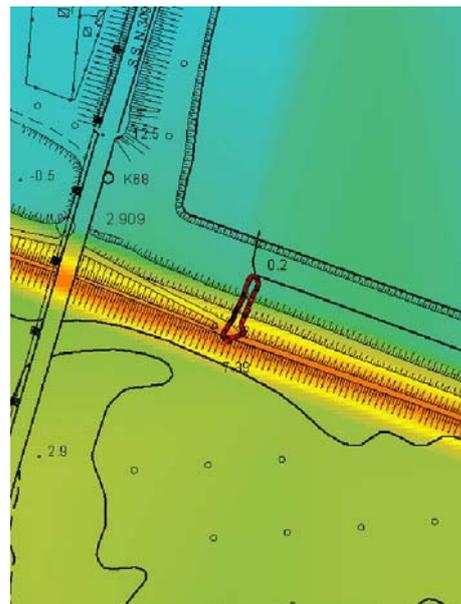
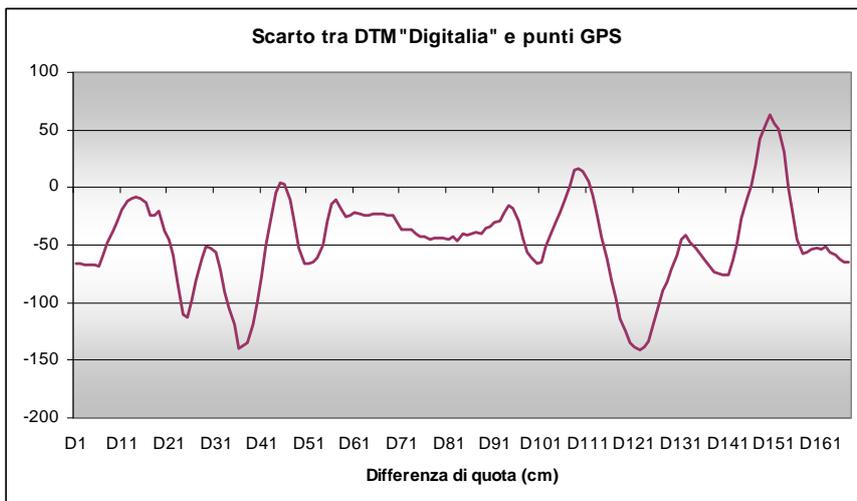


Area 4 – Argine fluviale

Il confronto tra DTM "Digitalia" e punti GPS rilevati lungo l'argine fluviale, ha portato ai seguenti risultati:

	Z GPS (m)	Z DTM Digitalia (m)	Differenza (cm)
MEDIA	-2,89	-3,36	47
DEV STD	2,63	2,64	39
MAX	6,94	7,39	63
MIN	-0,22	-0,22	-141

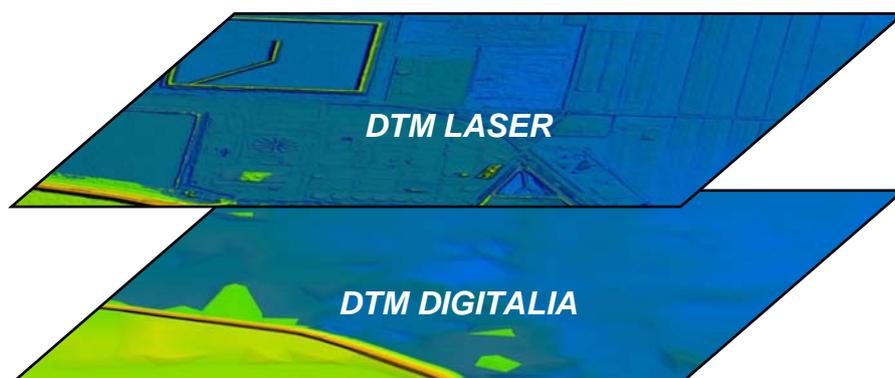
La differenza media è pari a 47 cm, con punte massime di +63 cm e -141 cm.



Conclusioni

La verifica dell'accuratezza planimetrica ed altimetrica ha portato a risultati soddisfacenti, considerando i limiti intrinseci del collaudo (oltre 20 anni di distanza tra acquisizione dei punti GPS e punti DTM, differente metodologia di rilevamento, ...). In aree pianeggianti, infatti, il Digitalia descrive l'andamento del terreno con una differenza media rispetto al rilievo GPS di 13 cm, con punte massime di differenza di 56 cm. In zone a maggiore pendenza invece, la differenza tra Digitalia e punti GPS è mediamente molto elevata, pari a 47 cm, con punte massime anche di 141 cm. Il Digitalia, non descrive adeguatamente, quindi, zone ad elevata pendenza, come gli argini fluviali.

3.3 Confronto altimetrico tra il DTM Laser Scanner e il DTM "Digitalia"



Questo tipo di analisi tenta di individuare un approccio analitico il più possibile plausibile e scientificamente corretto alla luce dei limiti evidenti che i prodotti così differenti impongono.

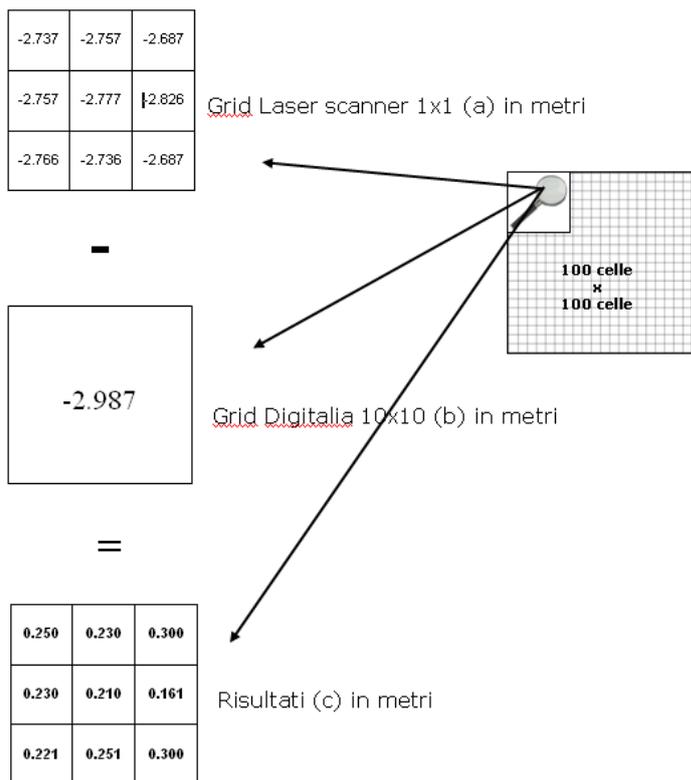
Com'è noto, infatti il DTM generato dal rilievo Lidar rappresenta una base dati altimetrica di elevato dettaglio (con risoluzione spaziale pari a 1 metro/pixel), mentre il TIN "Digitalia" imporrebbe una griglia ideale con passo 10 metri, in quanto le accuratèzze in quota dei punti quotati ed elementi lineari estratti dalla CTR 1:5000 (da cui deriva) sono di +/-1 metro (cfr: Prescrizioni Tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno, WG03 IntesaGIS 2001).

La metodologia utilizzata per raggiungere l'obiettivo del confronto tra le due basi altimetriche è quello della Map Algebra, secondo la quale è possibile utilizzare espressioni di tipo logico e matematico applicate a dati spaziali (Tomlin, 1992) ed utilizzata principalmente nella modellazione raster.

Il requisito principale richiesto per procedere alla differenza tra i due livelli informativi raster, ovviamente, è quello per cui i set di dati devono essere esattamente delle stesse dimensioni, sia in termini di n° di celle della griglia (base per altezza) che in termini di risoluzione spaziale (metri/pixel).

Inizialmente è stata valutata la strada del confronto applicando la risoluzione spaziale inferiore (10m), riferendosi cioè al limite oggettivo imposto dal DTM derivato dal Digitalia. In questo senso ci si è trovati di fronte al confronto tra un valore altimetrico del Digitalia di una cella (pari alla superficie di 100 m²) con 100 valori del DTM laser scanner (pari alla stessa superficie di 100 m²).

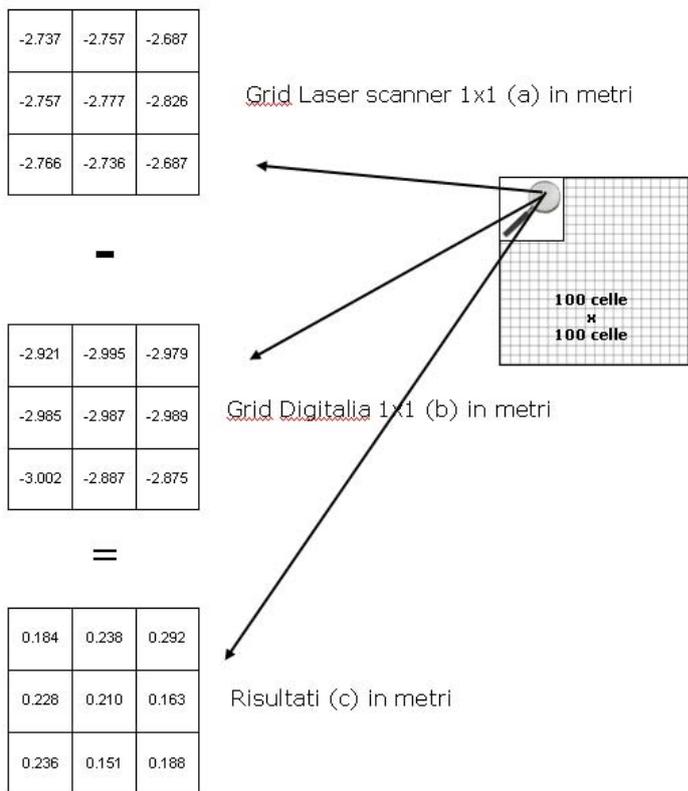
La Map Algebra in questo caso impone il confronto cella per cella scegliendo il passo del livello a risoluzione maggiore (cioè 1m) e pertanto attribuendo lo stesso valore 100 volte al Digitalia, confrontandolo con i singoli valori del DTM da laser scanner. Si tratta effettivamente di un operatore cosiddetto "focale", cioè nel quale il valore degli elementi del layer risultato è funzione dei valori di elementi appartenenti ad un intorno dell'elemento considerato.



Qui sopra è mostrato un esempio della differenza algebrica tra un campione di 9 celle considerando il DTM laser con passo 1x1 m e il DTM Digitalia con passo 10x10 m. In realtà l'esempio è a scopo illustrativo in quanto il confronto vero e proprio si è basato tra una cella Digitalia 10x10 e 100 celle del grid Laser 1x1 (100 celle). Il confronto viene eseguito esclusivamente tra il pixel centrale del DTM Digitalia e le 9 celle del DTM Laser e come risultato si ottiene una griglia con passo 1x1 m. Si tratta di un operatore focale

Digitalia (m)	Laser (media) (m)	Confronto (m)
- 2.987	- 2.748	0.239

Il risultato del test indica un saldo positivo pari a 0.239 nell'area test, mentre utilizzando il ricampionamento del TIN Digitalia con passo 1x1 m si ottiene un risultato pari a 0.21 m. Vediamo lo stesso esempio sulla medesima area campione prendendo in esame il DTM Laser con passo 1 metro e il DTM Digitalia ricampionato con passo 1 metro.



Laser (media di a) (m)	Digitalia (media di b) (m)	Media del confronto (c) (m)
- 2.748	- 2.958	+ 0.210

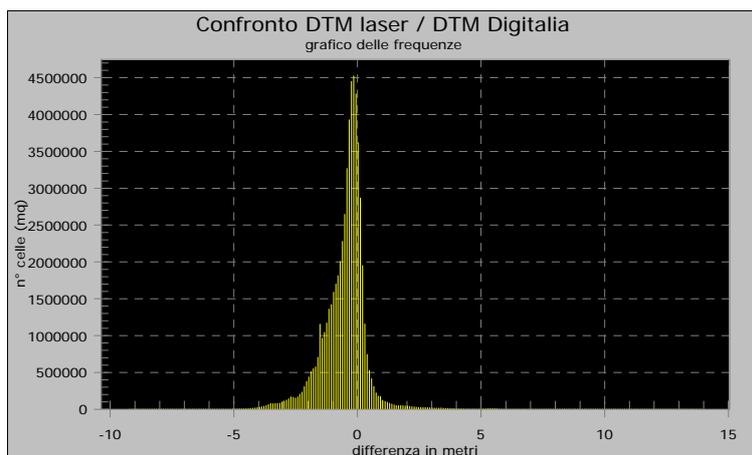
Questo secondo approccio sarà pertanto quello utilizzato nel confronto tra il DTM Laser e il DTM Digitalia, in quanto il risultato sembra essere più preventivo e contenuto rispetto al primo.

Alla luce di quanto premesso, il confronto tra i *Grids* è stato effettuato tra il DTM derivato da laser scanner nel sistema UTM32-WGS84 in quote ortometriche e il DTM derivato dal Digitalia. L'operazione algebrica tra i due raster è:

DTM LASER – DTM DIGITALIA = DIFFERENZA TRA DTM

	Min (m)	Max (m)	STDV (m)	Media (m)
Variazioni altimetriche dell'intera area di studio (confronto DTM laser scanner/DTM Digitalia)	-9.215	13.888	0.903	-0.495

I risultati di questa prima analisi mostrano un variazione media dei valori altimetrici pari a -0,495 m con una Deviazione Standard pari a 0,9 m, un valore minimo del confronto pari a -9.215 m e un valore massimo pari a 13.888 m.



L'istogramma dei valori risultati dal confronto, nell'intera area di studio

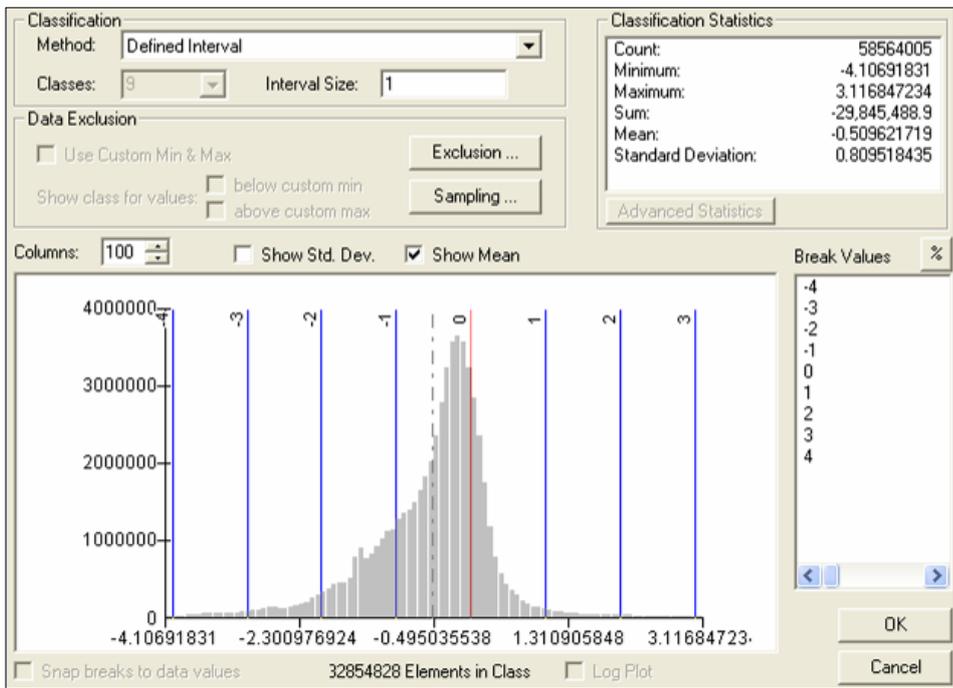
INTERVALLO DI CONFIDENZA	RANGE min (m)	RANGE max (m)	N° CELLE (m ²)	% AREA DI STUDIO	MEDIA (m)
totale	-9.215	13.888	58.947.547	100%	-0.495
media +/- 4 dev std	-4.107	3.117	58.564.005	99.35%	-0.509
media +/- 2 dev std	-2.301	1.311	55.917.458	94.86%	-0.462
media +/- 1 dev std	-1.398	0.408	47.936.825	81.32%	-0.374
media +/- 1/2 dev std	-0.947	-0.0435	30.005.675	50.90%	-0.402

Dalla tabella si desume come restringendo l'intervallo di analisi del confronto, la media diminuisca considerando rispettivamente dall'intera area di studio fino al range compreso tra la media +/- la metà della deviazione standard.

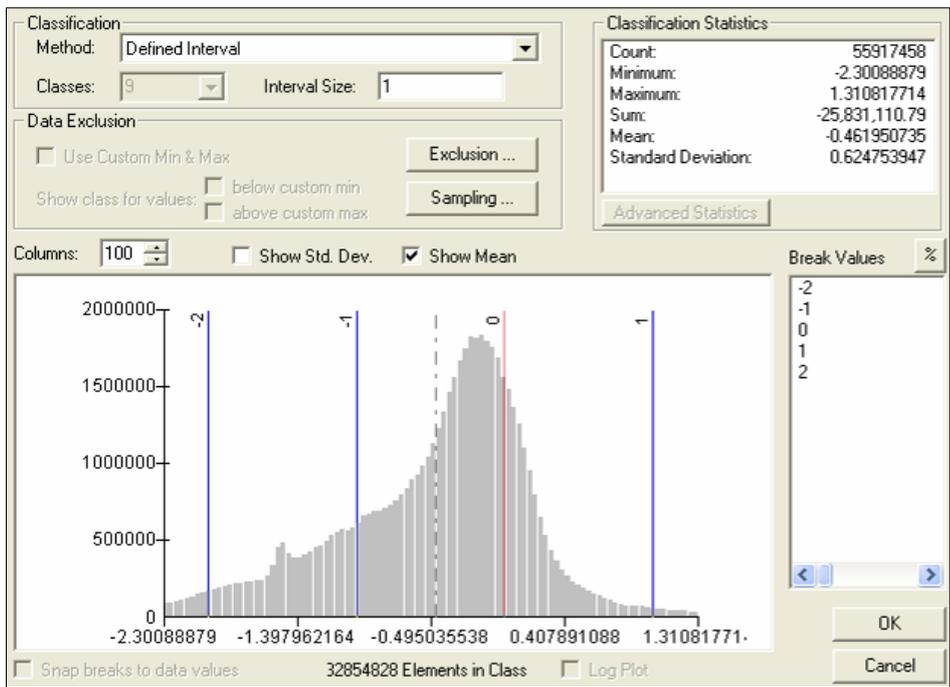
In sostanza restringendo l'intervallo di confidenza si nota come il risultato del confronto si stabilizza intorno al valore di -0.4 m, lasciando gli errori agli estremi dell'analisi. Questi saranno oggetto di analisi nel seguito.

L'81,32 % delle celle prodotte rientra in un *range* di variazioni altimetriche compreso tra -1.4 e + 0.4 m, mentre il 99,35 % delle celle prodotte rientra in un *range* di variazioni altimetriche compreso tra -4.1 e +3.1 m.

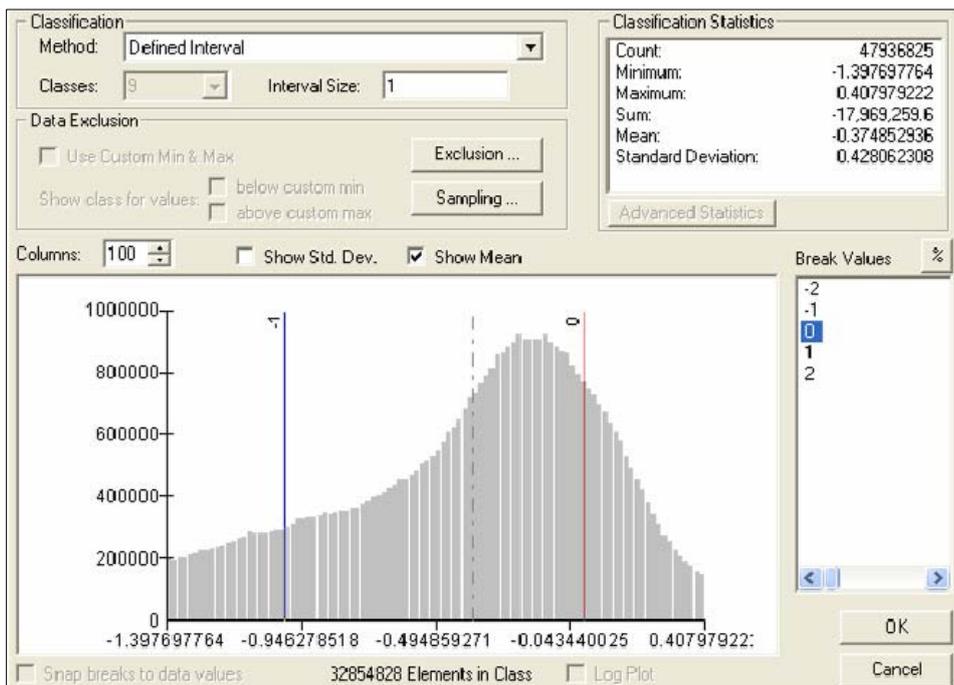
A livello preventivo si può sostenere che i risultati del confronto rientrano entro la soglia d'errore definita dai due prodotti (1,3 m) definita come somma delle accuratèzze in quota.



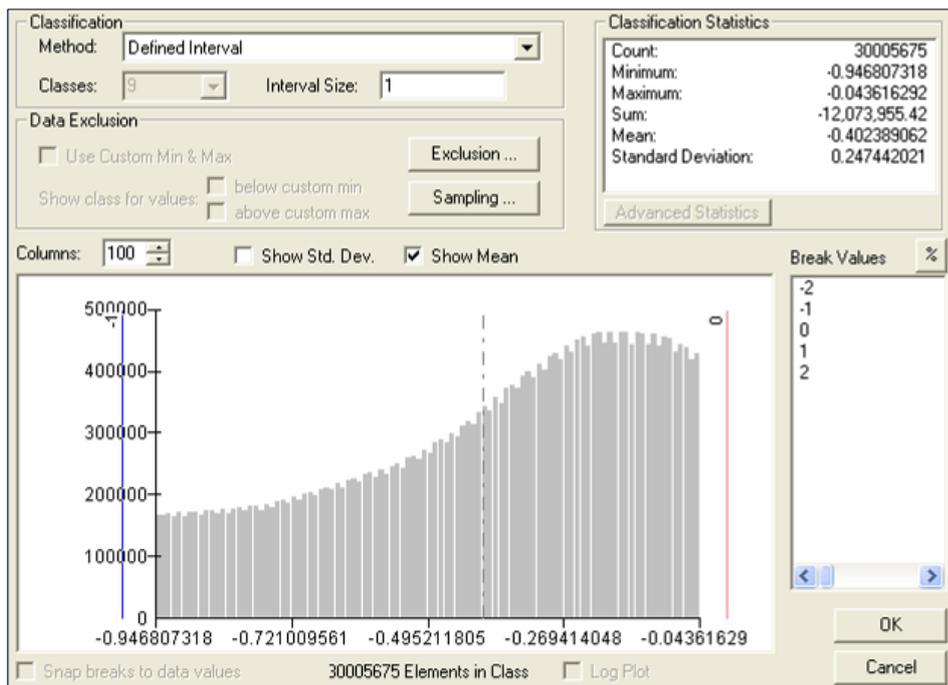
L'istogramma del risultato del confronto considerato su un range di valori compreso tra - 4.1 e + 3.1 m (media +/- 4 dev std). I valori significativi sono: media = -0.509; STDV = 0.809. I valori considerati rappresentano il 99,35 % del totale dell'area di studio.



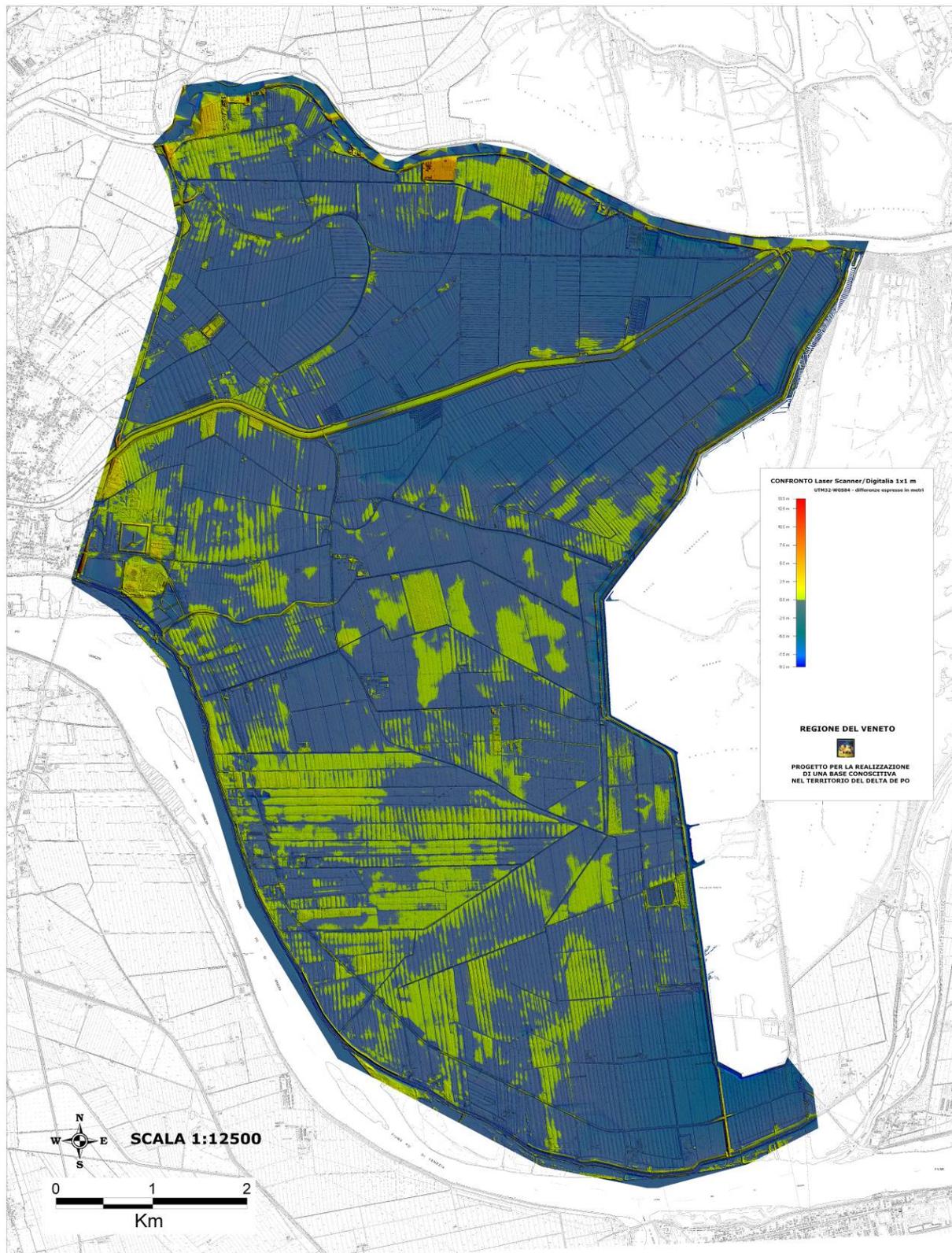
L'istogramma del risultato del confronto considerato su un range di valori compreso tra - 2.3 e + 1.3 m (media +/- 2 dev std). I valori significativi sono: media = -0.462; STDV = 0.624. I valori considerati rappresentano il 94,86 % del totale dell'area di studio



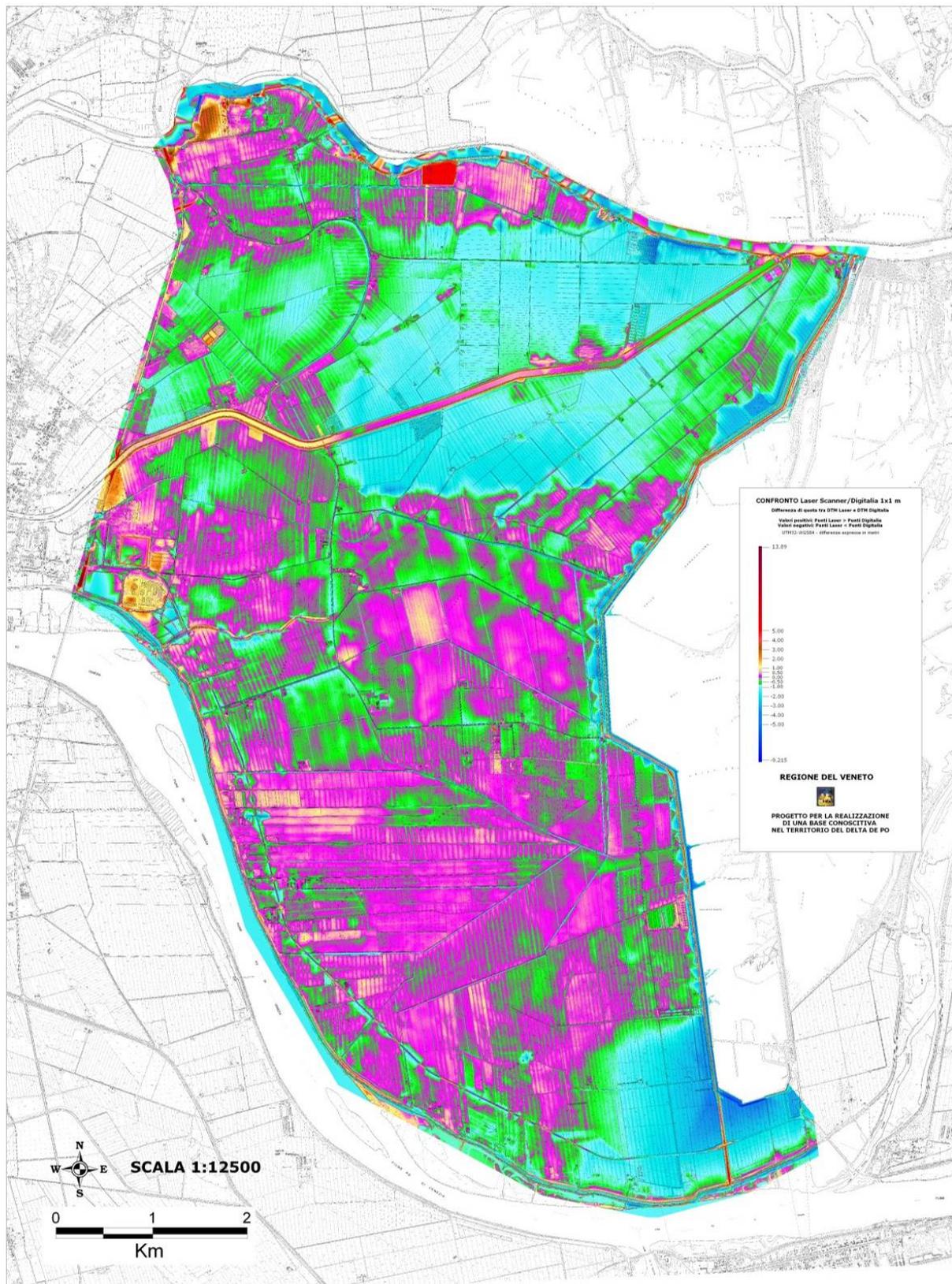
L'istogramma del risultato del confronto considerato su un range di valori compreso tra -1.4 e +0.41 m (media +/- 1 dev std). I valori significativi sono: media = -0.374; STDV = 0.428. I valori considerati rappresentano l'81,32 % del totale dell'area di studio



L'istogramma del risultato del confronto considerato su un range di valori compreso tra -0.95 e 0 m (media +/- 1/2 dev std). I valori significativi sono: media = -0.4; STDV = 0.247. I valori considerati rappresentano il 50,90 % del totale dell'area di studio



Il risultato del confronto nell'intera area di studio (in blu i territori con saldo negativo)



Il risultato del confronto nell'intera area di studio
(in verde i territori con segno negativo tra 0 e -0.5 m, in fucsia quelli tra 0 e +0.5 m)

Abbiamo visto che le differenze principali risultate dal confronto sono interpretabili solo alle estremità dei valori.

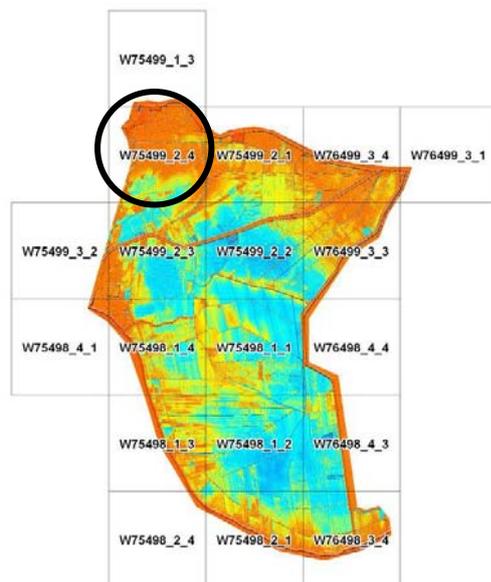
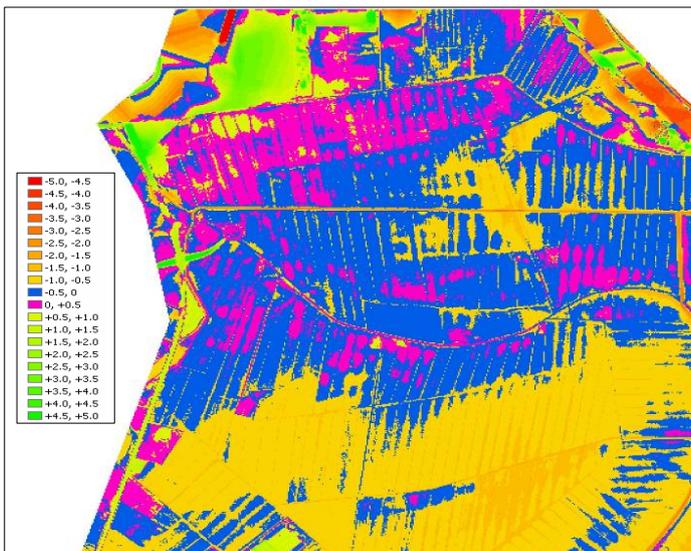
Laddove i valori hanno una oscillazione molto limitata, (-0.40 m) sono attribuibili sia alla natura e alle evoluzioni morfologiche dei suoli, sia alla natura e alle caratteristiche dei processi che caratterizzano i due prodotti.

Tali differenze pertanto sono attribuibili o a nuovi interventi da parte dell'uomo legati alla trasformazione delle forme del terreno, o legati ad errori difficilmente verificabili di cui il modello Digitalia può essere affetto.

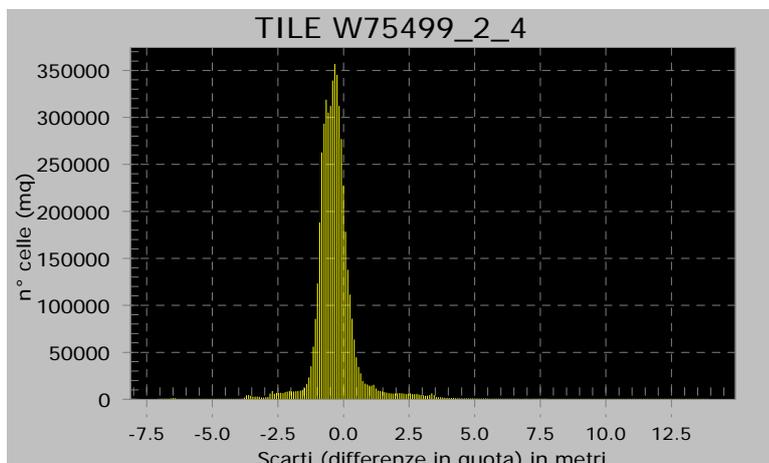
Analisi di un'area di dettaglio del confronto altimetrico tra DTM Laser Scanner e DTM Digitalia

Il risultato del confronto tra le due basi altimetriche è stato analizzato in dettaglio all'interno di un singolo tile, prendendo come area di indagine statistica TIN "W75499_2_4", pari ad un'estensione di 500,43 ettari. Sono stati calcolati i valori minimi e massimi, la media e la deviazione standard dei 3 grids risultanti:

- il DTM laser scanner 1x1m;
- il DTM derivato dal Digitalia 1x1m;
- il GRID risultato del confronto 1x1m



	Min (m)	Max (m)	STDV (m)	Media (m)
DTM Laser scanner	-5.143	13.491	1.165	-1.968
DTM "Digitalia"	-3.179	3.796	0.925	-1.667
Variazioni altimetriche del tile W75499_2_4	-7.071	13.886	0.864	-0.300

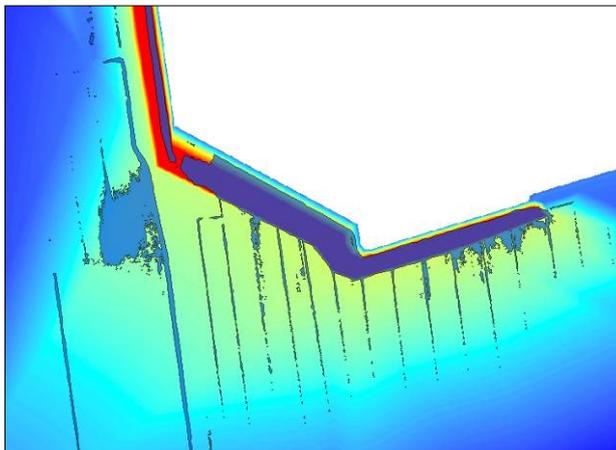
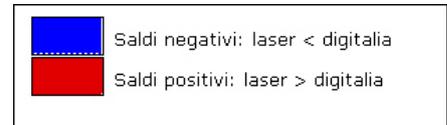
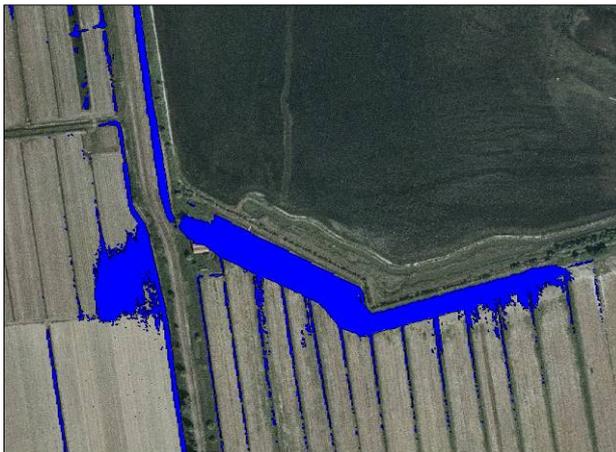
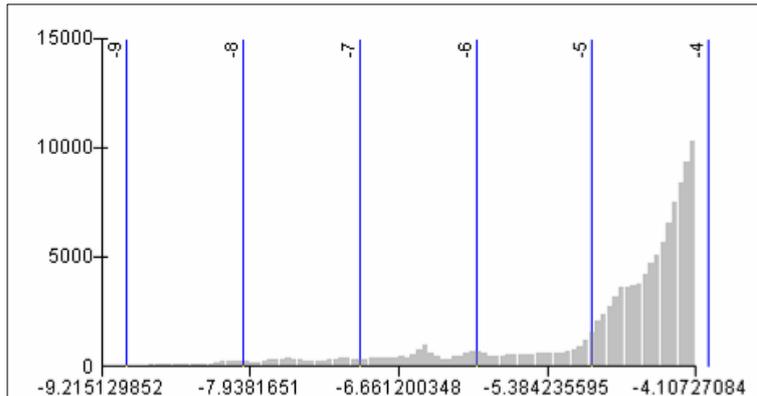


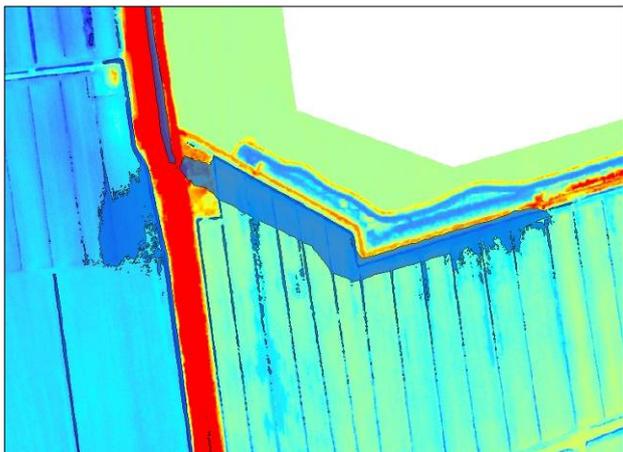
Tile w75499_2_4: grafico degli scarti in quota del confronto tra laser scanner e digitalia

Analisi agli estremi dei valori del confronto

In questo paragrafo si cerca di mettere in luce quali sono le caratteristiche del confronto delle due basi altimetriche nelle estremità dei valori risultanti dalla differenza. Come esposto precedentemente gli intervalli di confidenza più consistenti sono tutti attorno al valore medio del confronto, pertanto verranno presi in considerazione ora gli estremi negativi e positivi.

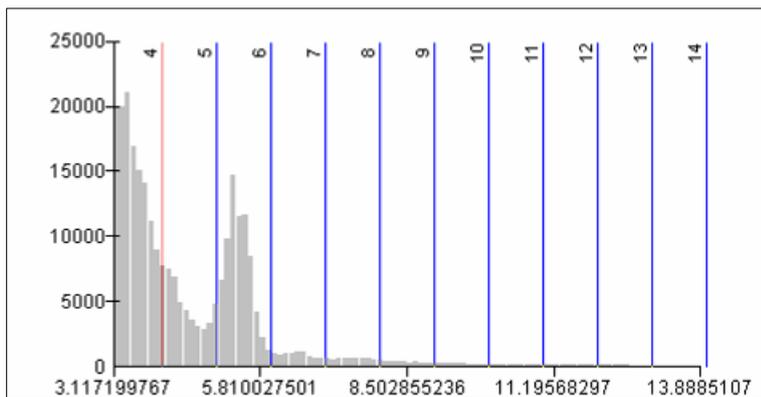
I valori negativi considerati sono quelli compresi tra l'estremo negativo del confronto -9.215 m e -4.107, che corrisponde ad un'estensione pari al 0,20 % dell'intera area di studio.

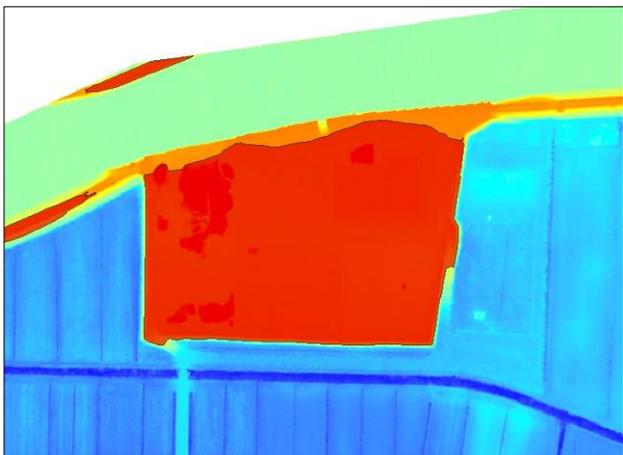
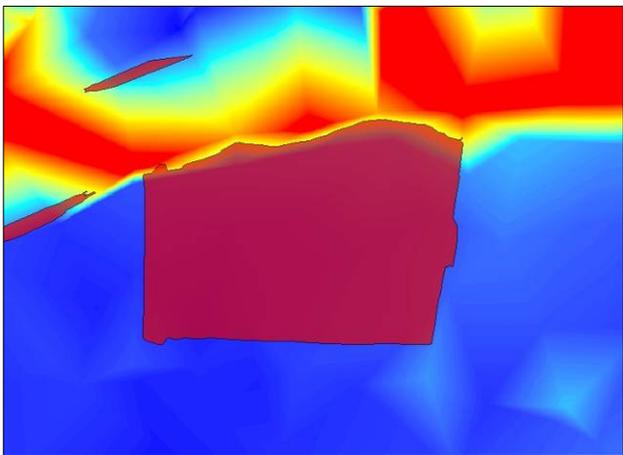
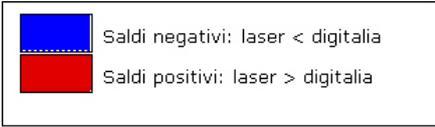




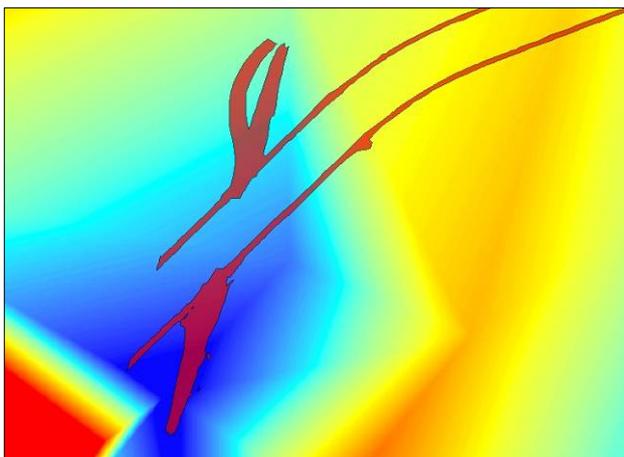
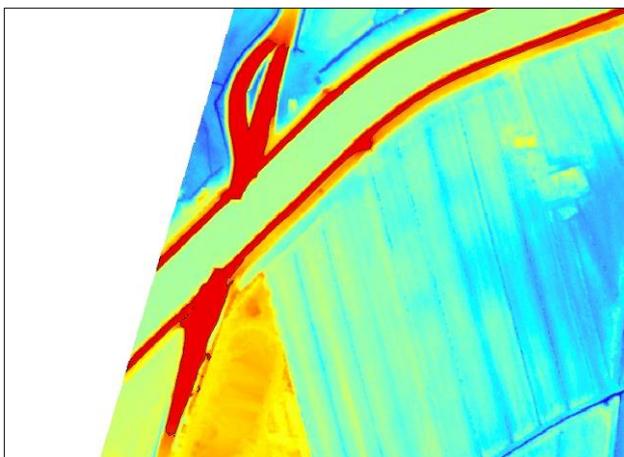
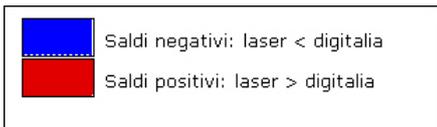
Esempio 1: un'area con saldi fortemente negativi visualizzata rispettivamente sull'ortofoto, sul DTM laser e sul DTM Digitalia

I valori positivi considerati sono quelli compresi tra l'estremo positivo del confronto +13.888 m e +3.117 m, che corrisponde ad un'estensione pari al 0,45 % dell'intera area di studio.

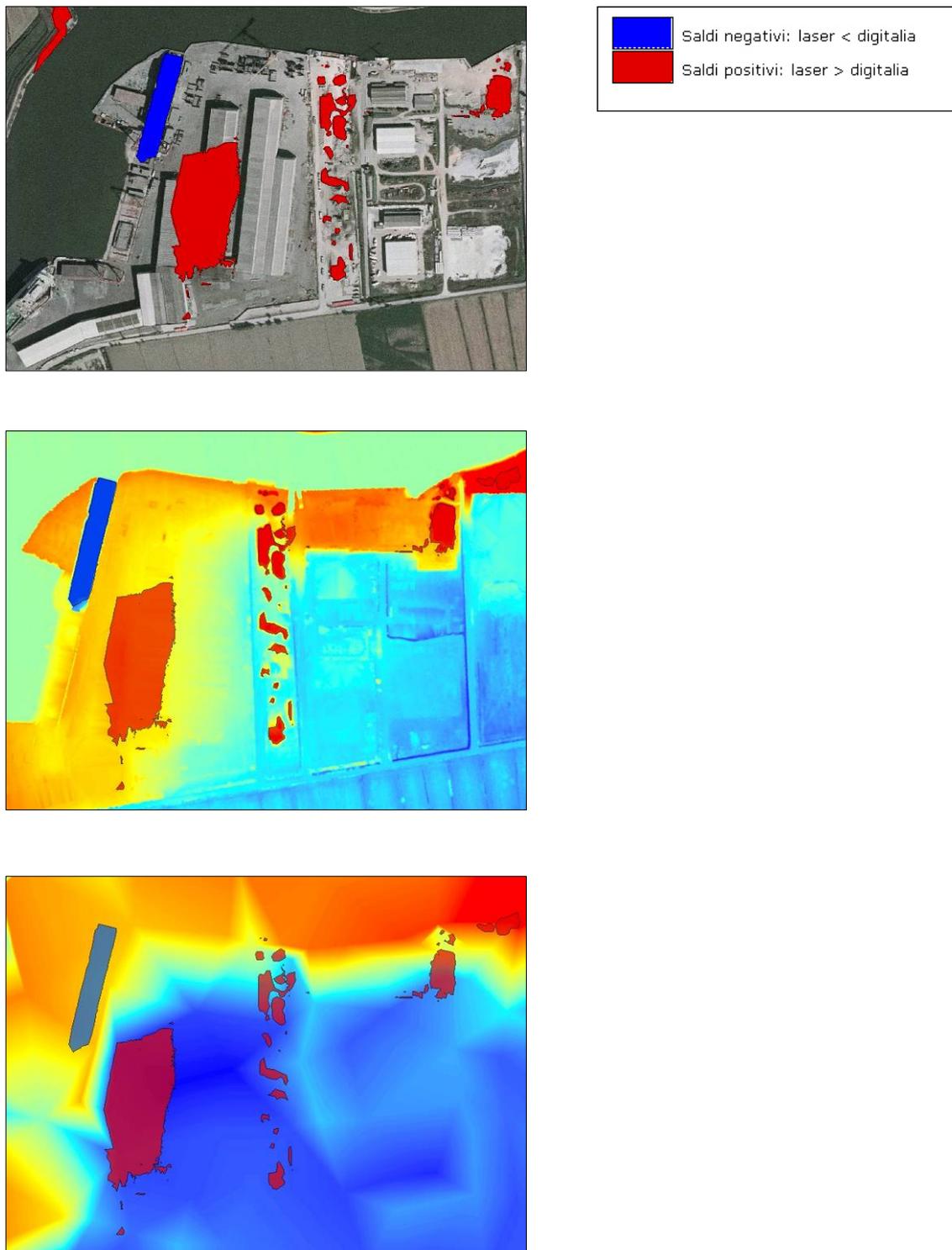




Esempio 2: un'area con saldi fortemente positivi visualizzata rispettivamente sull'ortofoto, sul DTM laser e sul DTM Digitalia



Esempio 3: un'area con saldi fortemente positivi visualizzata rispettivamente sull'ortofoto, sul DTM laser e sul DTM Digitalia



Esempio 4: un'area con saldi sia negativi che positivi visualizzata rispettivamente sull'ortofoto, sul DTM laser e sul DTM Digitalia

Si può notare chiaramente che i valori positivi all'estremità del confronto si hanno principalmente in corrispondenza degli argini e di tutte quelle opere di recente costruzione che il DTM laser riconosce parte del terreno e quindi ad una quota superiore da quella riportata o assente nel DTM "Digitalia".

Ulteriore base altimetrica valutata: "DTM - IGM"

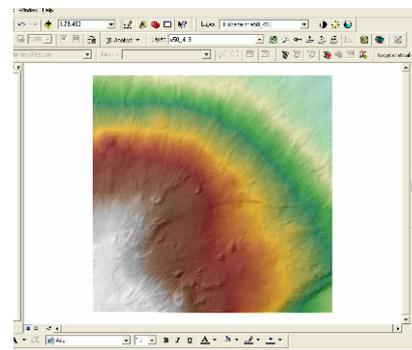
E' stata inoltre valutata la possibilità di estendere il confronto tra dati Laser Scanner con il DTM fornito dall'I.G.M. e disponibile a livello nazionale, di cui sono descritte le caratteristiche di seguito.

L'I.G.M. ha incaricato nel 1986 una ditta privata di digitalizzare l'orografia della cartografia ufficiale alle scale 1:25000, 1:50.000 ed 1:100.000. Da questi dati numerici l'I.G.M. ha ricavato per interpolazione il DTM. Il progetto è terminato nel 1990. Il DTM prodotto è caratterizzato da precisioni diverse, legate alla scala della carta di origine ed agli standard impiegati all'epoca di redazione: nell'area di studio del delta del Po, gli elementi sono stati derivati dalle tavolette 1:25.000 e la precisione stimata è di $\pm 7-12m$; nelle zone con foreste e copertura arborea la precisione (scarto quadratico medio) è circa $\frac{1}{4}$ dell'altezza degli alberi. Le informazioni altimetriche sono fornite da curve di livello, punti quotati e linee di costa dei laghi principali e dei mari; non sono disponibili altre breaklines.

Il modello digitale fornito dall'I.G.M. è espresso in coordinate piane, nel sistema di riferimento geodetico ED50-UTM. Le quote sono espresse in metri e riferite al mareografo di Genova. Il modello numerico del terreno è stato ottenuto interpolando le curve di livello dell'archivio I.G.M. e punti quotati. Oltre a questi sono state utilizzate le linee di costa dei laghi, aventi quota pari al livello delle acque dei laghi stessi, e del mare (quest'ultima proviene da cartografia scala 1:100.000) per arrestarne l'interpolazione. Il grigliato regolare di quote presenta un passo di 20 metri ed ha grandezza di 500 pixel x 500 pixel e coprono un'area di 10 Km x 10 Km.

Il DTM nazionale dell'I.G.M. rappresenta un valido insieme di dati di base, disponibile sull'intero paese. Esso possiede caratteristiche qualitative migliori di altri DTM derivati da satellite e dovrebbe essere considerato come il livello base fra i DTM nazionali. Alla luce delle specifiche tecniche dell'IntesaGIS, il DTM dell'I.G.M. possiede un livello di precisione indicato come "Livello 0".

Il Modello Digitale del Terreno dell'I.G.M. non è stato più preso in considerazione nell'analisi e confronto delle basi altimetriche in quanto di accuratezza inferiore al "Digitalia" disponibile per l'intero territorio della Regione Veneto.



Un tile del DTM dell'Istituto Geografico Militare (cella 20 m)

Conclusioni

1. L'esito collaudo ha evidenziato che il DTM/DSM ottenuti dal rilievo LIDAR sono in grado di descrivere con buona accuratezza e precisione sia la situazione plano-altimetrica, sia gli oggetti (edifici) sovrastanti (cfr. pag. 27).

2. Dal "pseudo collaudo" del DTM derivato dal Digitalia si desume una sostanziale buona qualità del dato condizionatamente ad una limitata affidabilità, in particolare in punti ad elevata pendenza. Si noti che, comunque, il dato è riferito ad una forma del territorio tipicamente pianeggiante, e che inoltre il dato è riferito a rilievi aerofotogrammetrici di oltre 20 anni prima.

3. Nel confronto tra il DTM ottenuto dal rilievo Lidar, e il DTM realizzato nell'ambito del Progetto Digitalia, che fa riferimento a quote del 1984 desunte dalla Carta Tecnica Regionale, emergono limiti evidenti, sia in termini di differenza temporale che di precisione e qualità del dato altimetrico. In ogni caso, mediamente, la differenza tra valore del Digitalia e valore del Lidar è circa 50 cm (cfr. pag. 41).

4. Altre maggiori o minori differenze altimetriche a livello locale sono difficilmente riconducibili a motivazioni specifiche, poiché risentono dei molti limiti della comparazione come la diversa metodologia e precisione dei sistemi di acquisizione, la diversa procedura di elaborazione, che in un caso coinvolge maggiormente la capacità interpretative dell'operatore, la data di acquisizione e la difficoltà di quantificazione dell'abbassamento del suolo a livello locale.

4. Caratteristiche e potenzialità dei modelli Laser Scanner nell'analisi e rappresentazione del territorio e nella gestione del rischio idraulico

4.1 Analisi e rappresentazione del territorio

In questo paragrafo sono mostrate le potenzialità del DSM e DTM laser scanner nella gestione del territorio. Sono presentati cinque diversi esempi di utilizzo concreto del dato LIDAR.

Il primo vuole evidenziare il contributo del dato Laser nel potenziare la capacità di interpretazione delle strutture morfologiche del territorio, ai fini di una interpretazione più accurata degli oggetti, e ad una loro sistematica classificazione.

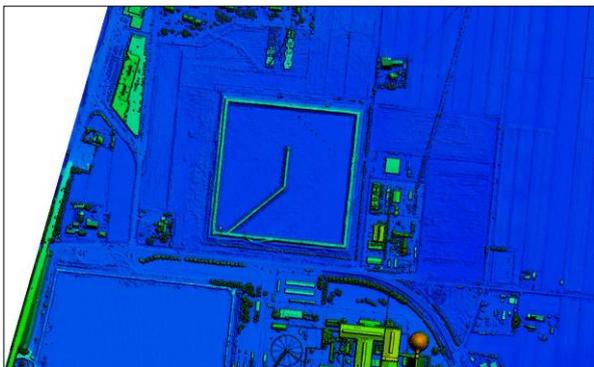
Il secondo esempio mette in evidenza il contributo del dato nella evidenziazione di particolari classi di opere e manufatti, che nel caso dell'area in esame, assumono particolare rilievo nella tematica della sicurezza idraulica.

Il terzo esempio focalizza il valore aggiunto del dato Laser nella rappresentazione realistica del territorio di riferimento, ottenuta integrando il dato stesso con un dato ancillare costituito dall'ortofoto digitale a grande scala. E' evidente l'incremento dell'aspetto rappresentativo, costituito dalla rappresentazione dei volumi e dalla possibilità di visualizzazione tridimensionale.

Il quarto esempio mette a fuoco la potenzialità nella lettura immediata delle trasformazioni del tessuto urbano, insediativo e infrastrutturale.

Il quinto esempio rappresenta la potenzialità del DSM/DTM nella contabilizzazione delle volumetrie dell'edificato e nella quantificazione delle coperture vegetali presenti.

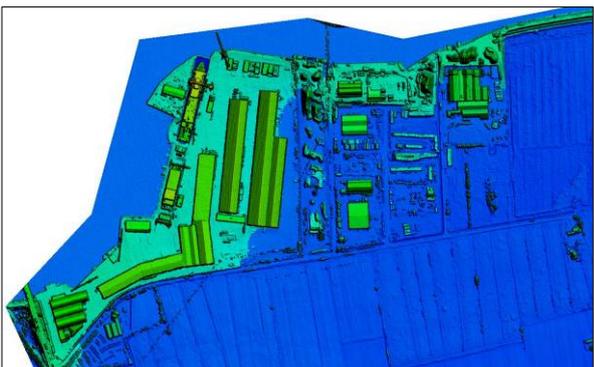
Miglioramento della capacità di interpretazione della morfologia del territorio



Il DSM da laser scanner e l'ortofoto nell'area dell'impianto di depurazione



Il DSM da laser scanner e l'ortofoto nell'area del deposito di sabbie



Il DSM da laser scanner e l'ortofoto nell'area del cantiere navale

Evidenza dei sistemi di opere e manufatti di particolare interesse per la conoscenza del territorio



In questa immagine vediamo le aree significative in cui un rilievo da laser-scanner e i relativi Modelli Digitali del Terreno consentono effettivamente di modellare e valutare con elevata accuratezza le forme e le opere presenti sul terreno con grande dettaglio.

Gli elementi esaminati si riscontrano principalmente lungo le arginature dei corsi d'acqua e le grandi discontinuità del terreno in corrispondenza di impianti di depurazione, cantieri navali e di aree di cantiere, tutte opere effettivamente in cui gli oggetti presenti subiscono variazioni di posizionamento e quindi anche verticali nel breve periodo.

Nella restante parte dell'area di studio sarebbe in effetti sufficiente un modello digitale del terreno a bassa/media risoluzione quale quello derivato da aerofotogrammetria.

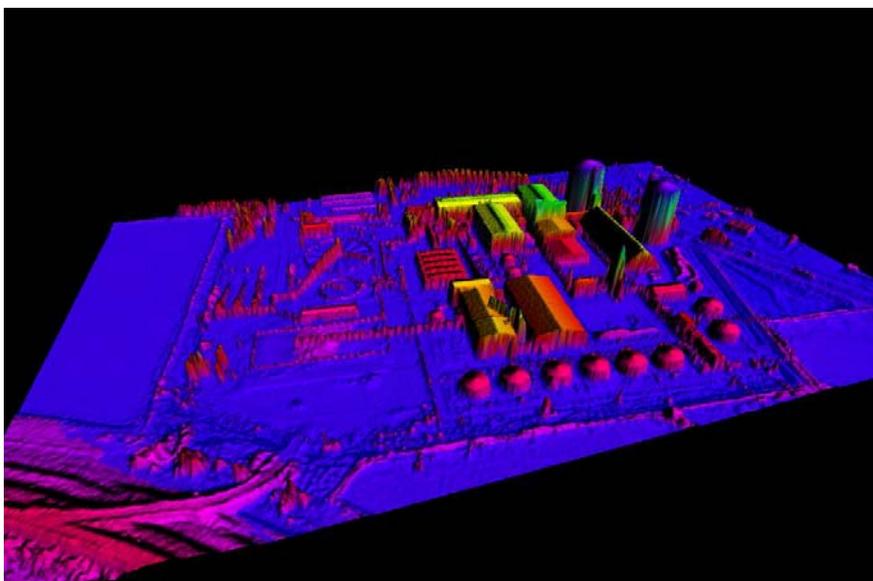
Miglioramento della rappresentazione del territorio, attraverso l'integrazione tra DSM e ortofoto a grande scala

Di seguito sono mostrate le potenzialità date dall'integrazione dei modelli digitali della superficie da laser scanner con le ortofoto digitali.

La risoluzione spaziale corrisponde a 1 m per il modello digitale e 0.50 m per le ortofoto.

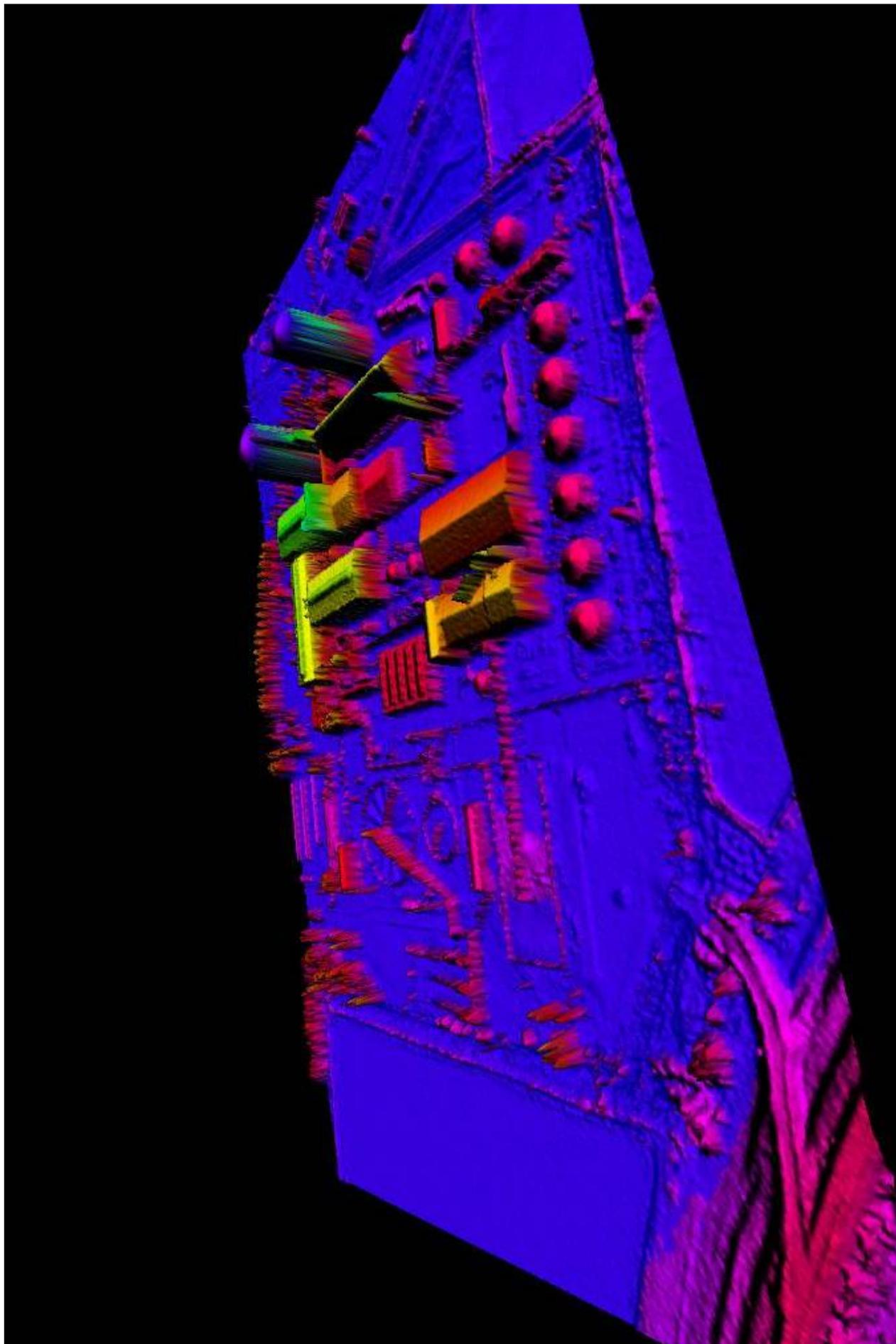


Image draping: ortofoto "appoggiata" su DSM



3D View: evidenza stratificata delle quote



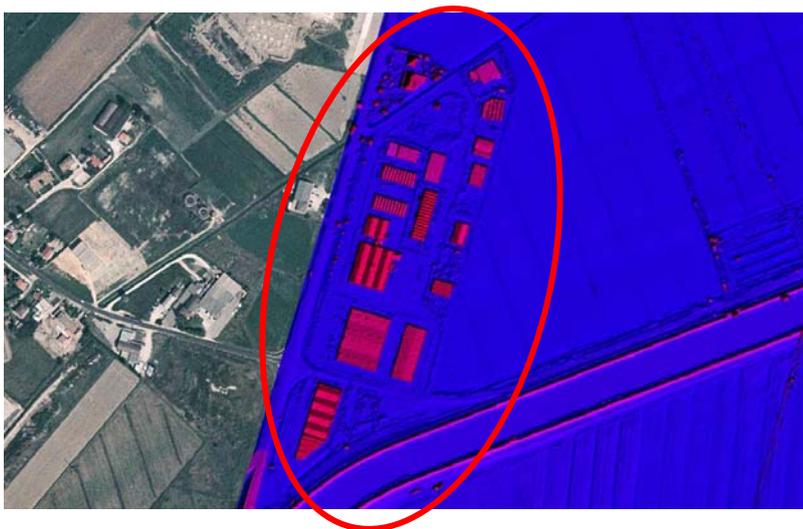


Miglioramento della capacità di lettura delle trasformazioni del tessuto urbano, insediativo e infrastrutturale

Le immagini sottostanti consentono di evidenziare le trasformazioni del territorio, con le nuove edificazioni, e le relative volumetrie.

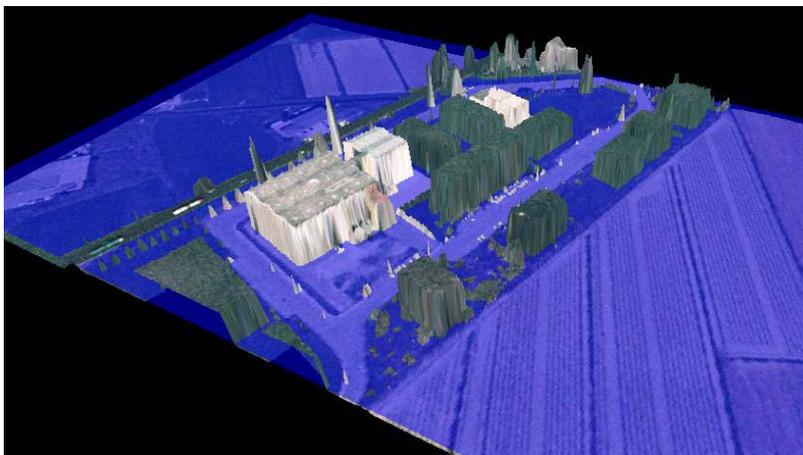


Ortofoto, 2003

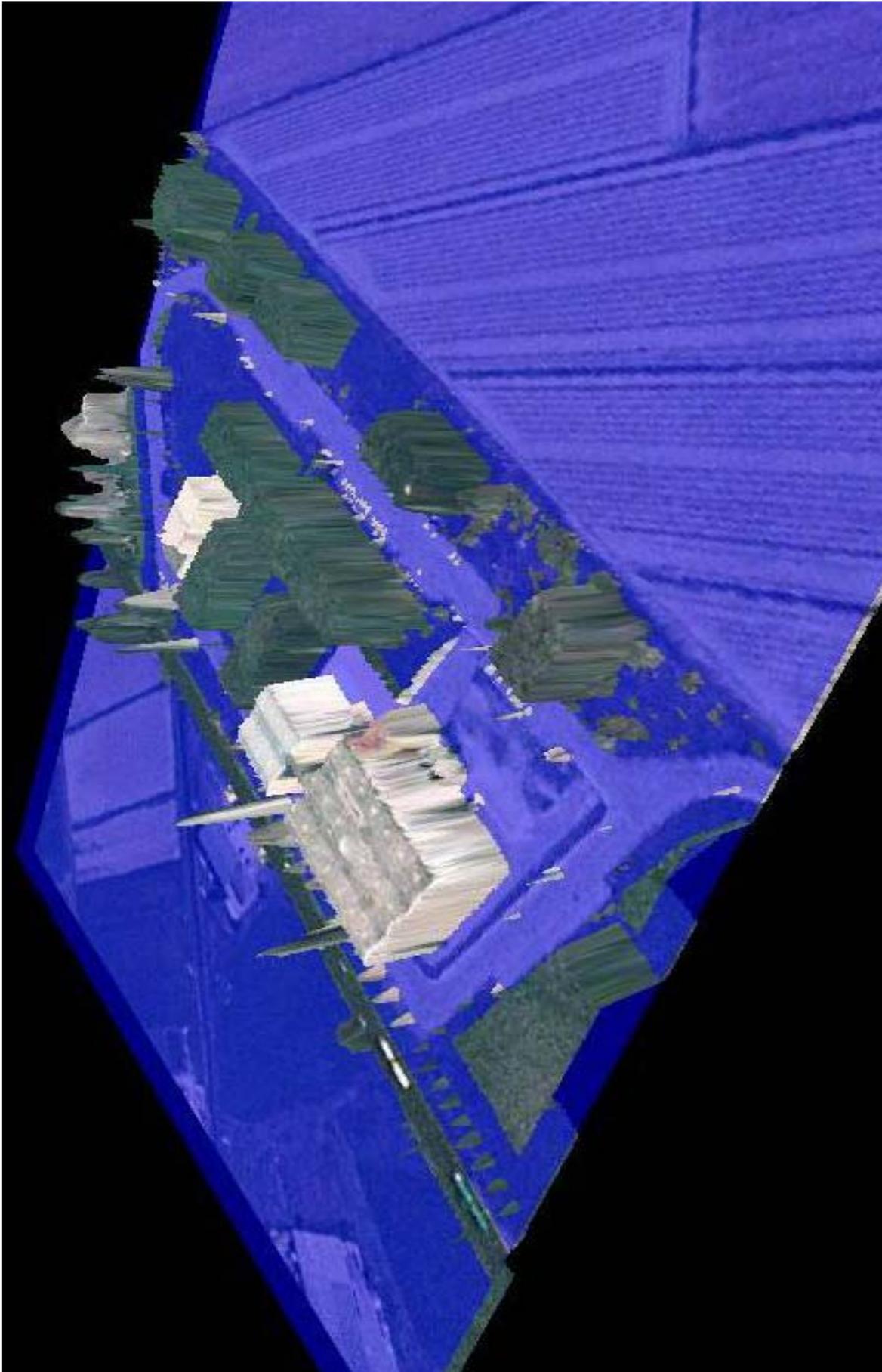


Ortofoto, 2003

DSM, 2006

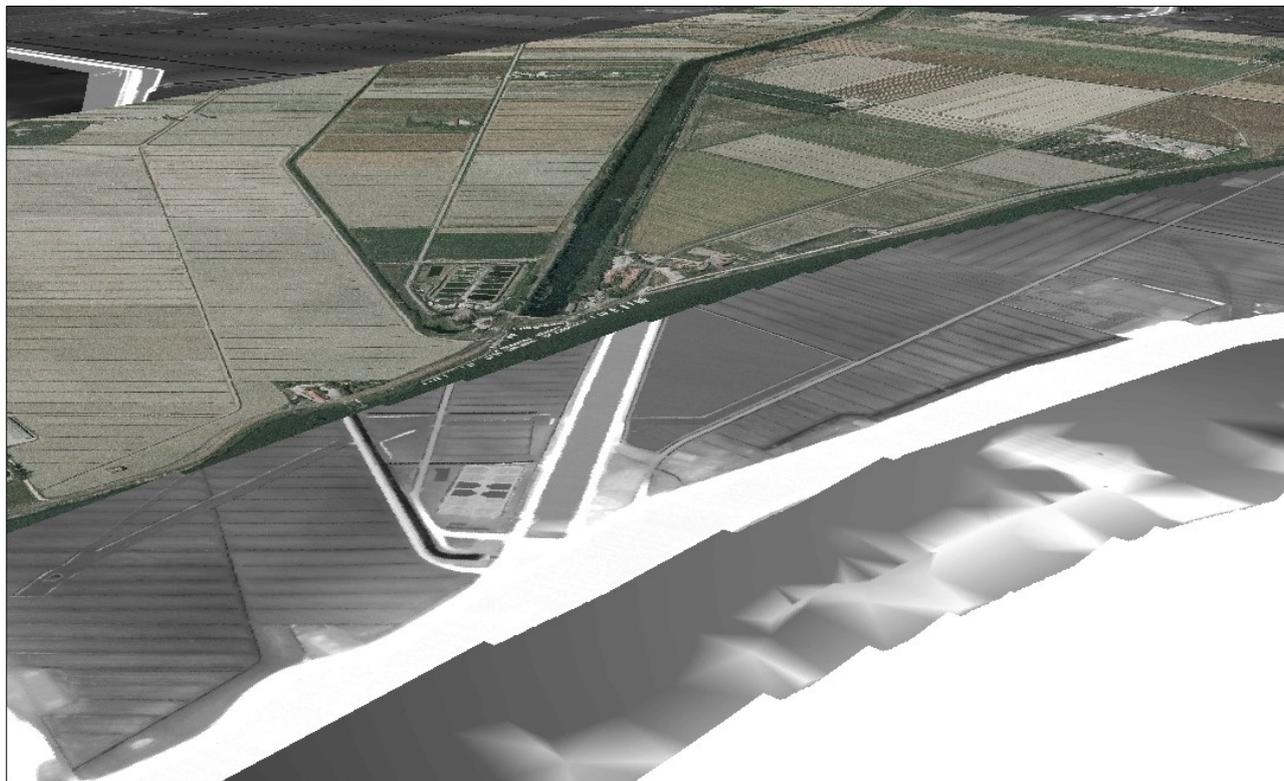


DSM, 2006

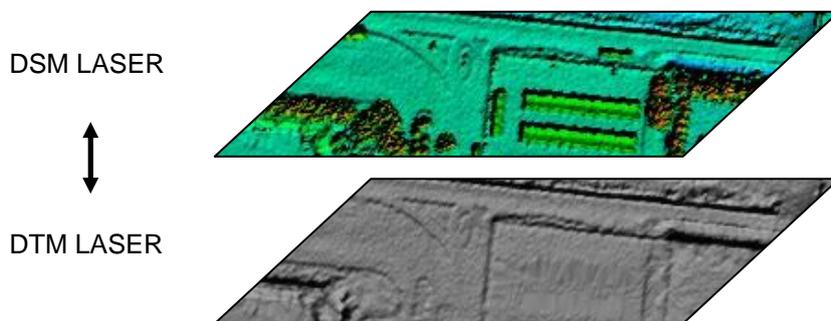


L'immagine consente di apprezzare le differenze relative tra DTM "Digitalia" (in basso), DTM Laser (al centro), ortofoto (in alto).

E' evidente lo scarso contributo del DTM "Digitalia" nella rappresentazione e interpretazione del territorio, mentre il DTM Laser consente di evidenziare gli elementi strutturanti il territorio di riferimento, laddove l'ortofoto digitale consente una descrizione più efficace dell'uso del suolo.



Contabilizzazione delle volumetrie dell'edificato e delle biomasse

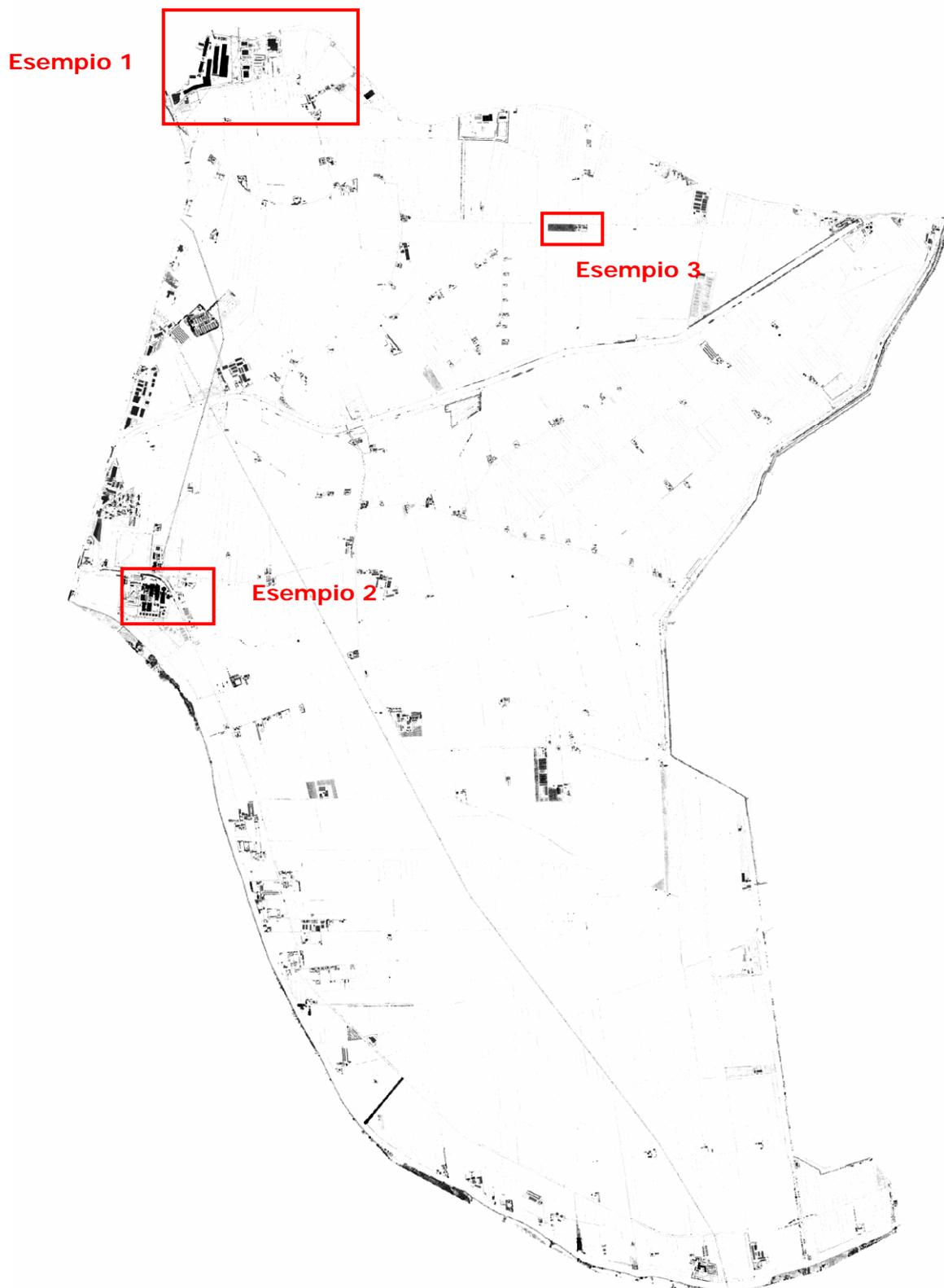


La differenza algebrica tra il DSM e il DTM, restituisce una matrice (di risoluzione spaziale pari a 1 metro) con associata la quota dei manufatti relativa al terreno, utile per il calcolo delle volumetrie degli edifici e per la stima delle altezze delle coperture vegetali. (temi: Rischio, Ambiente). Si può decidere di operare in questo senso, in quelle aree dove si ipotizza che sia presente un abbassamento dei suoli e verificare (con il supporto delle basi fotogrammetriche nel tempo) la portata effettiva del carico antropico (urbanizzato) che incide sul terreno.

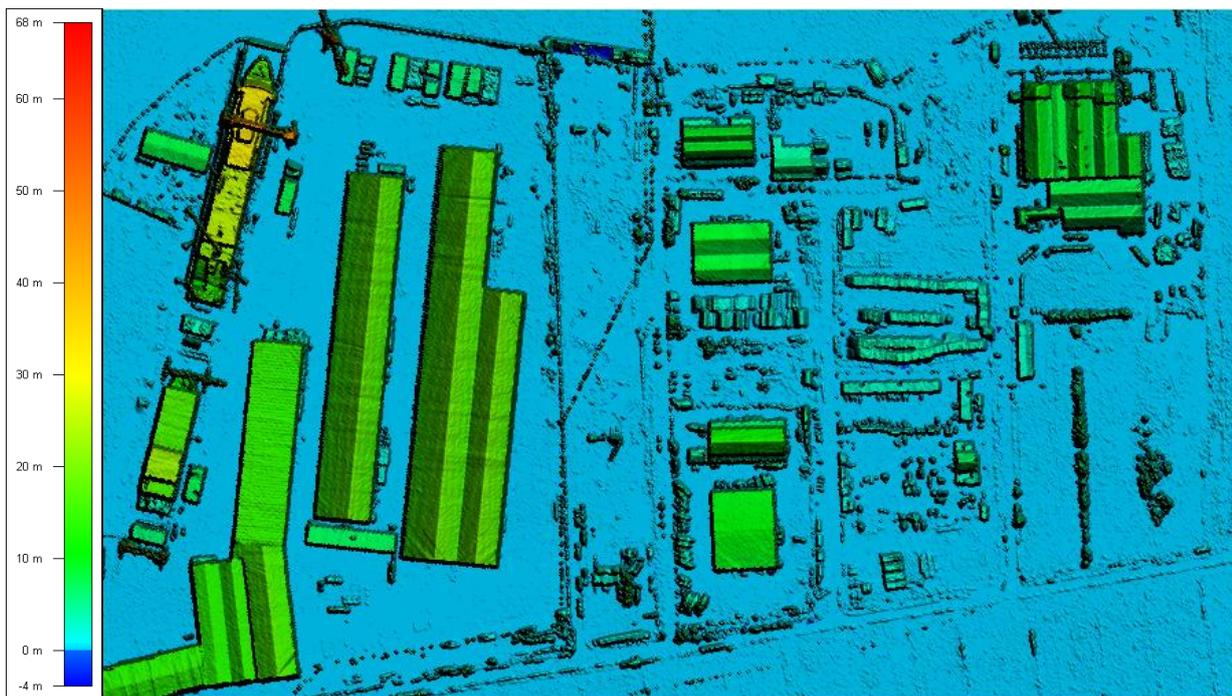


Le altezze relative al terreno dei manufatti presenti nell'area dello zuccherificio

Di seguito vengono riportati alcuni esempi di aree significative nelle quali sono stati calcolati i valori delle altezze dei manufatti presenti o della vegetazione, riportando per ciascuno di essi i valori minimo e massimo, la media, la superficie e le volumetrie.

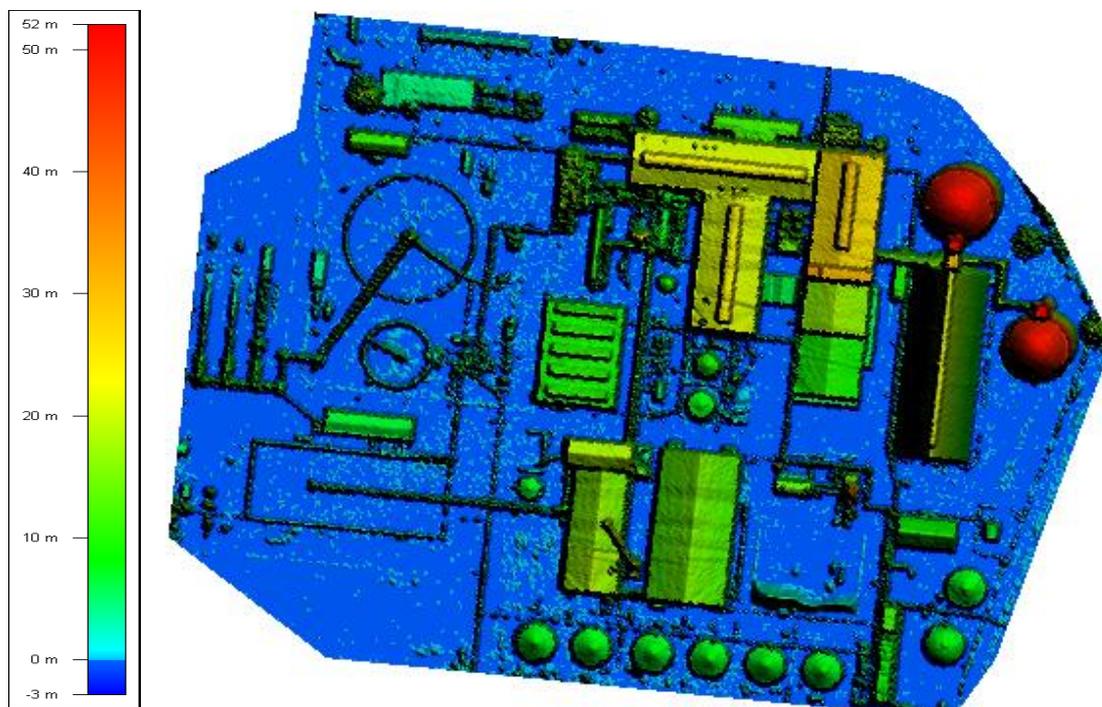


Il risultato del confronto tra DSM e DTM laser scanner con in evidenza tutti i manufatti, le opere e la vegetazione.



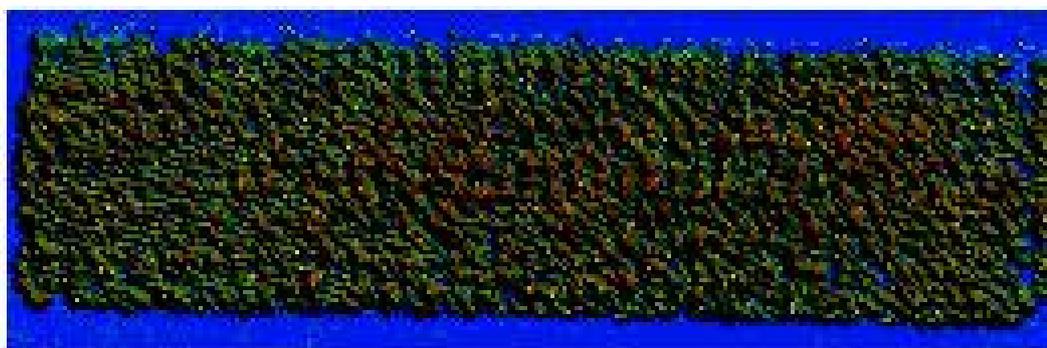
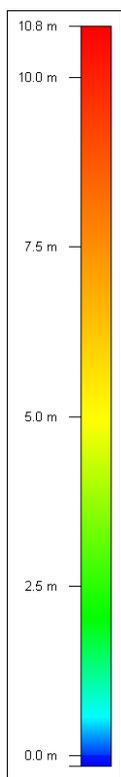
MIN (m)	MAX (m)	MEDIA (m)	AREA (m ²)	VOLUME (m ³)
0.00	68.36	2.785	419,796	1,169,098

Esempio 1: L'area del Cantiere Navale Visentini



MIN (m)	MAX (m)	MEDIA (m)	AREA (m ²)	VOLUME (m ³)
0.00	52.07	4.70	140,512	660,247

Esempio 2: L'area e gli edifici dello zuccherificio "Eridania"



MIN (m)	MAX (m)	MEDIA (m)	AREA (m ²)	VOLUME (m ³)
0.00	10.761	3.34	22618	75541

Esempio 3: Un'area di vegetazione boschiva

4.2 Analisi e gestione del rischio idraulico

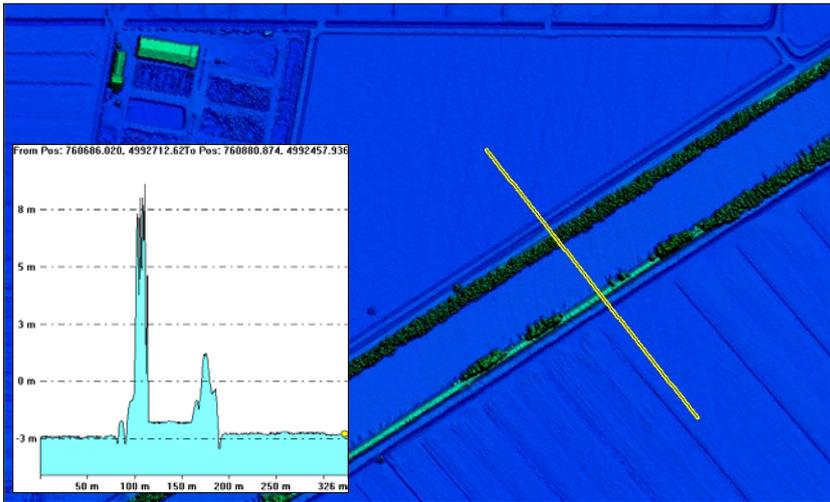
In questo paragrafo sono mostrati alcuni esempi di simulazione di una esondazione del fiume o di innalzamento del livello medio marino e si mostrano le potenzialità del modello della superficie del terreno derivato da Laser Scanner.

Il modello consente di valutare e di effettuare accurate analisi locali come il calcolo del volume d'acqua contenuto e di analizzare la forma del solido in cui tale volume è racchiuso. Inoltre, dopo avere individuato strutture insediative d'interesse da dati ancillari (strati opportuni della CTRN) viene realizzata una mappatura degli oggetti e delle aree soggette al rischio idraulico, simulando l'impatto di un evento esondativo.

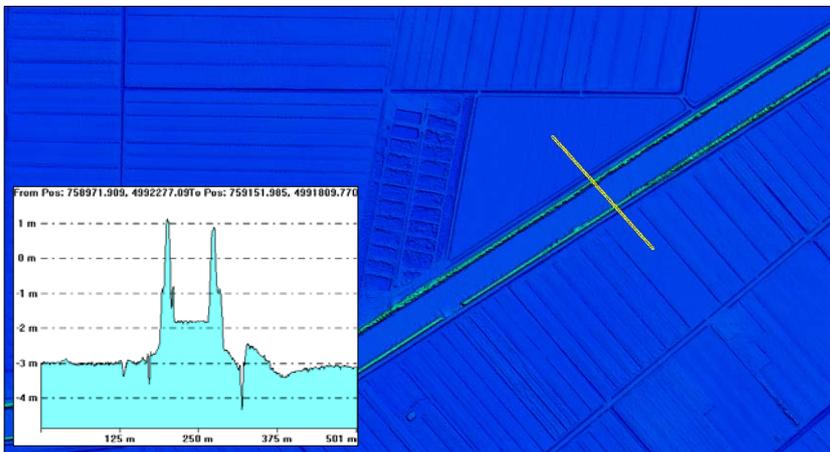
Nelle figure seguenti sono mostrati alcuni esempi di lettura delle arginature da parte del DSM e DTM laser scanner, e di seguito il DTM "Digitalia".

Il primo riporta l'altezza delle alberature lungo gli argini, il secondo solo gli argini e il "Digitalia" non presenta affatto alcun accenno a tali manufatti.

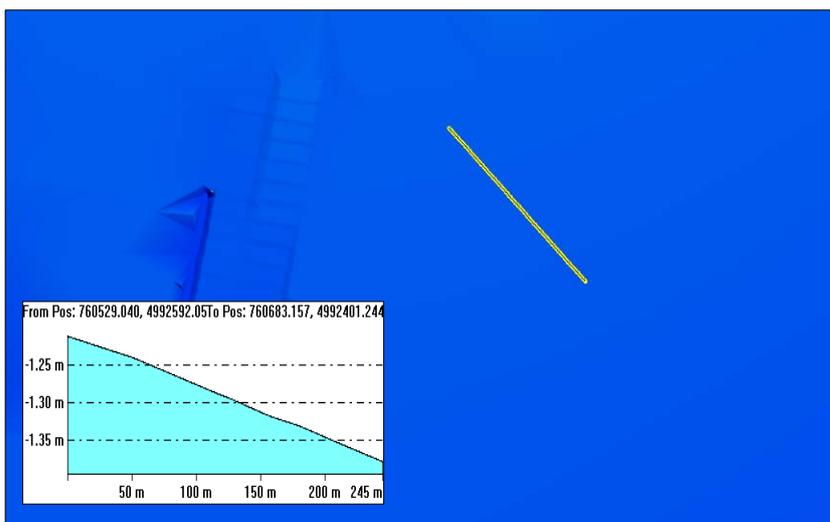
Da notare l'altezza del fiume "pensile" rispetto al piano di campagna circostante.



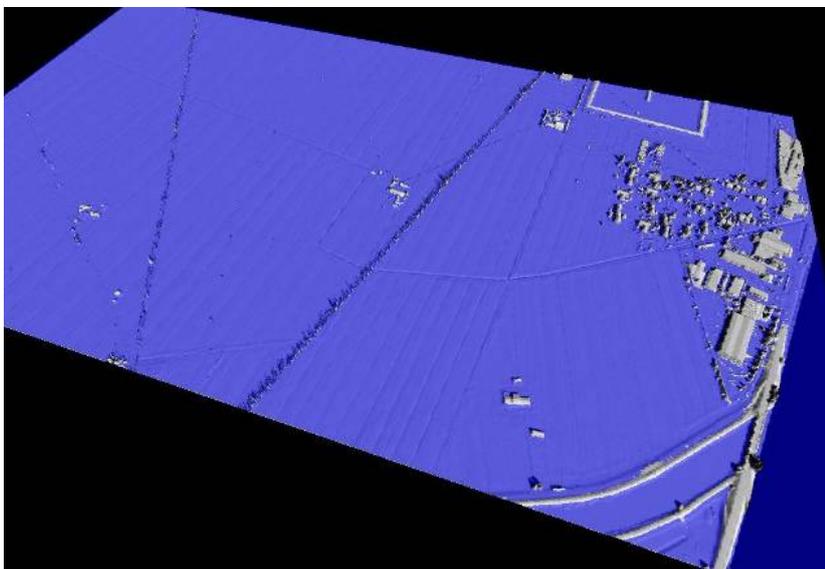
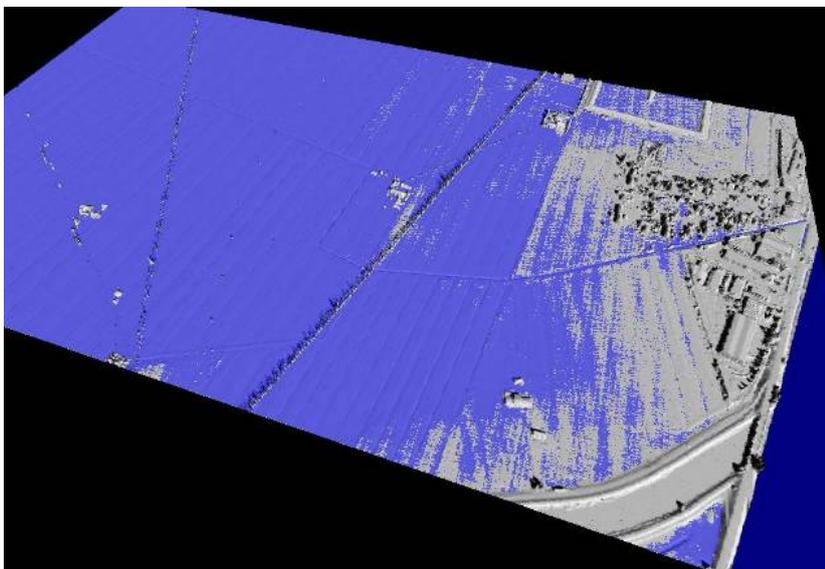
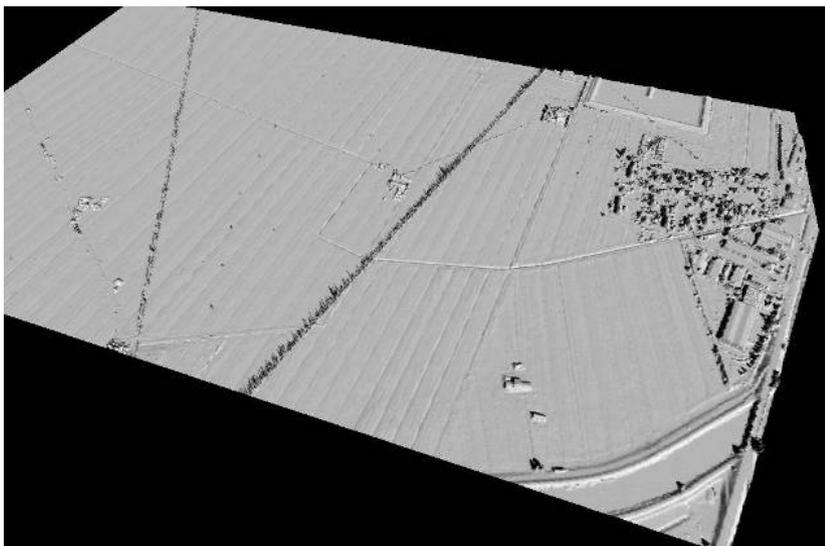
*Il DSM laser nell'area del collettore Padano-Polesano
(nel profilo si nota che l'argine sinistro riporta le altezze delle alberature lungo gli argini)*



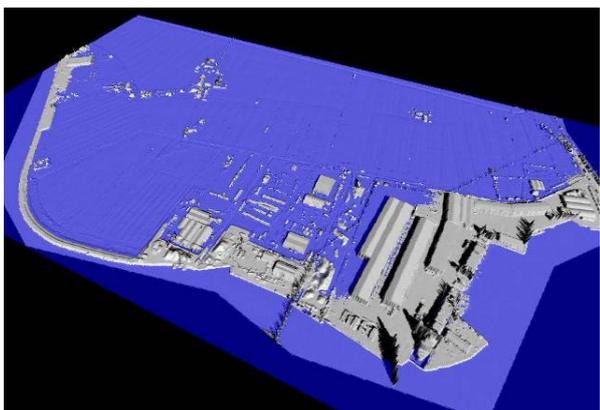
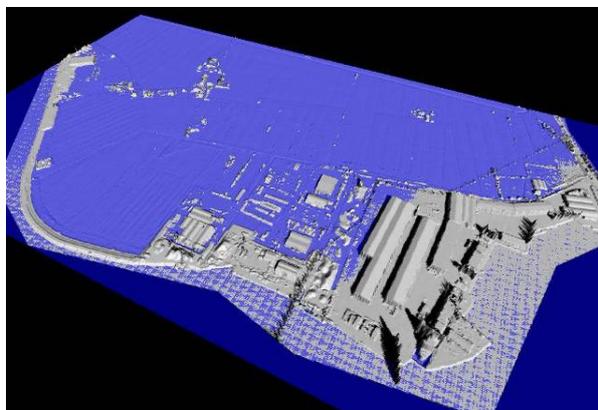
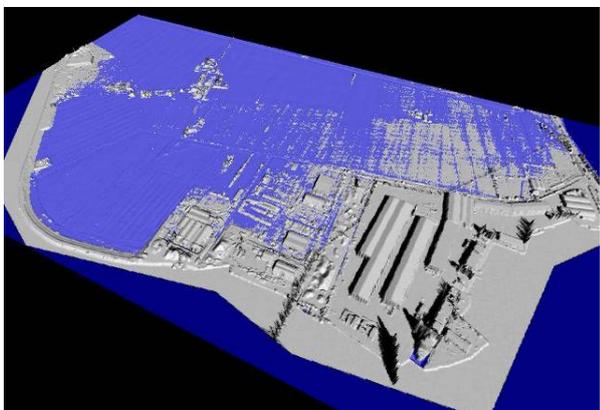
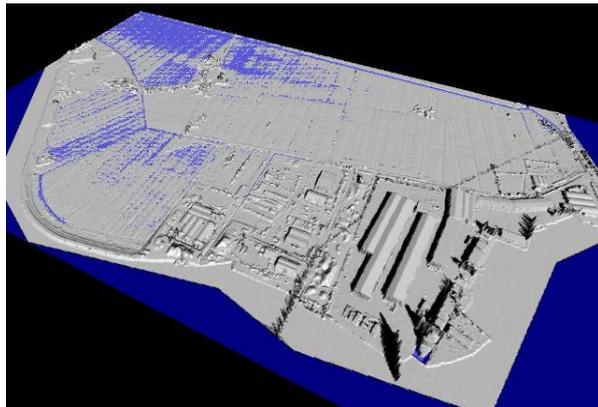
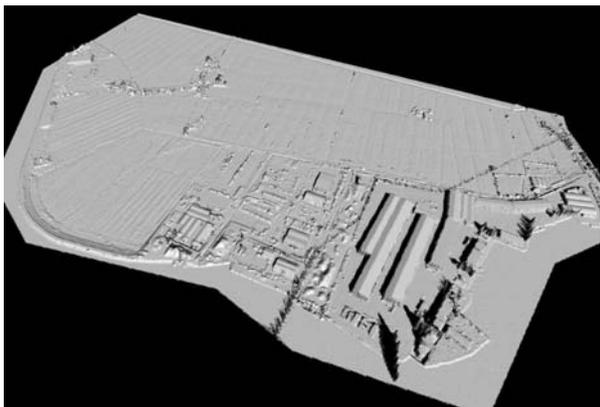
*Il DTM laser nell'area del collettore Padano-Polesano
(nel profilo sono riportate le altezze degli argini)*



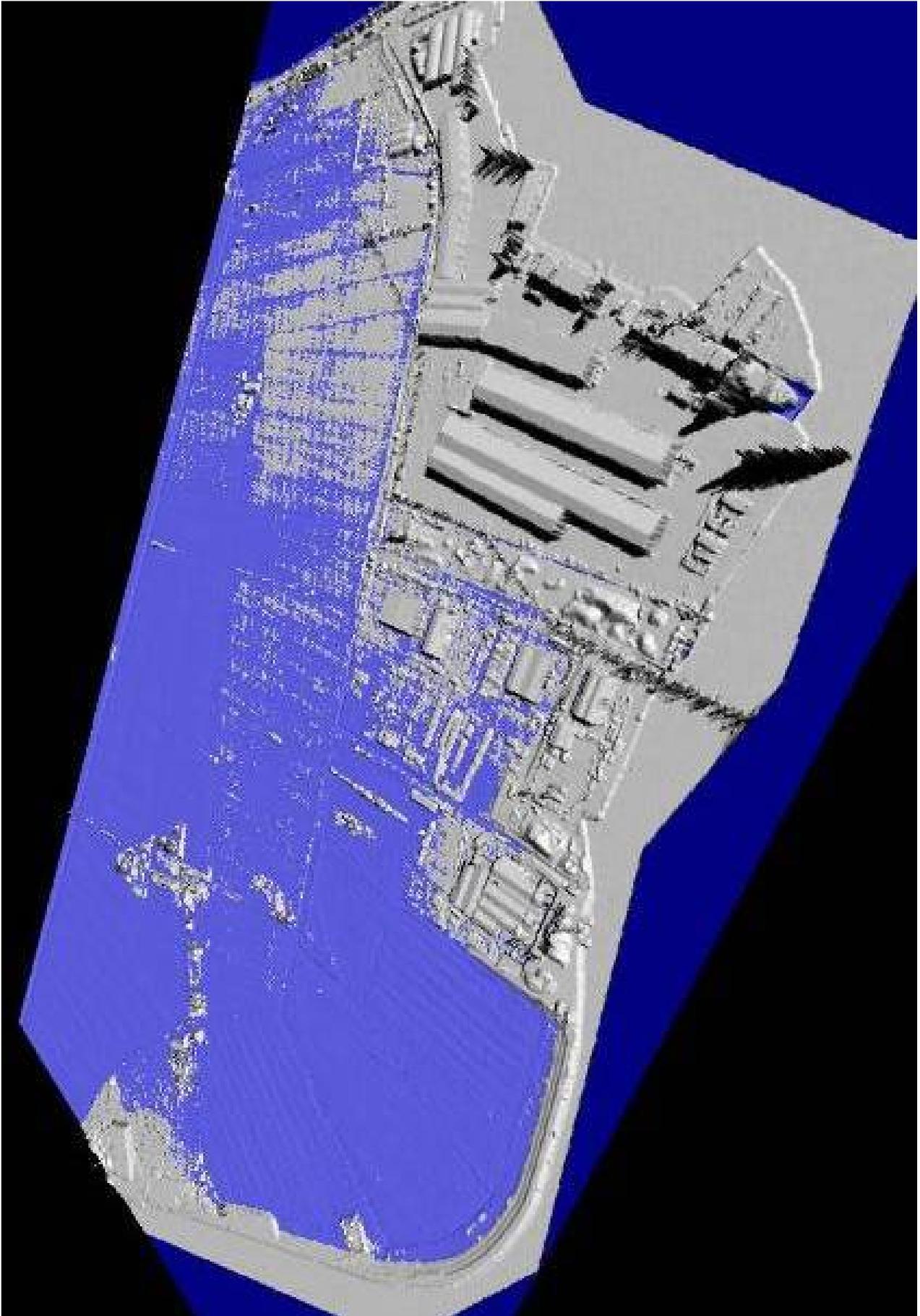
*Il DTM Digitalia nell'area del collettore Padano-Polesano
(non sono riportati gli argini né altri manufatti)*

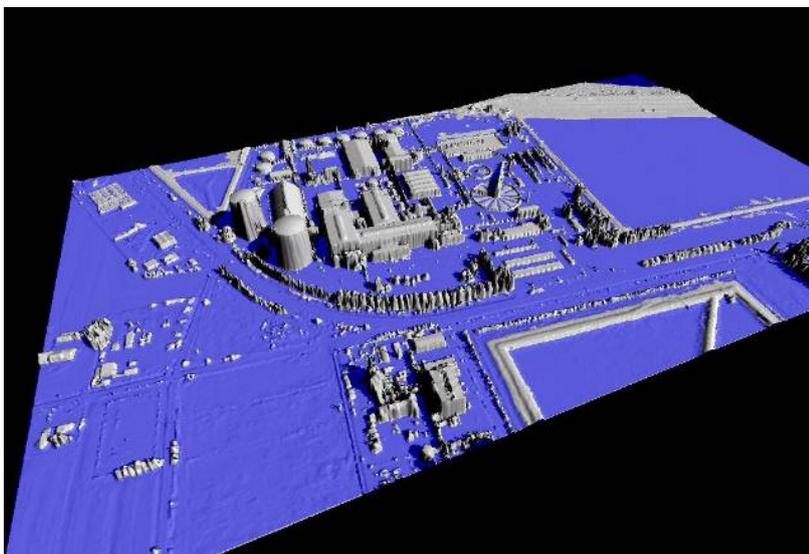
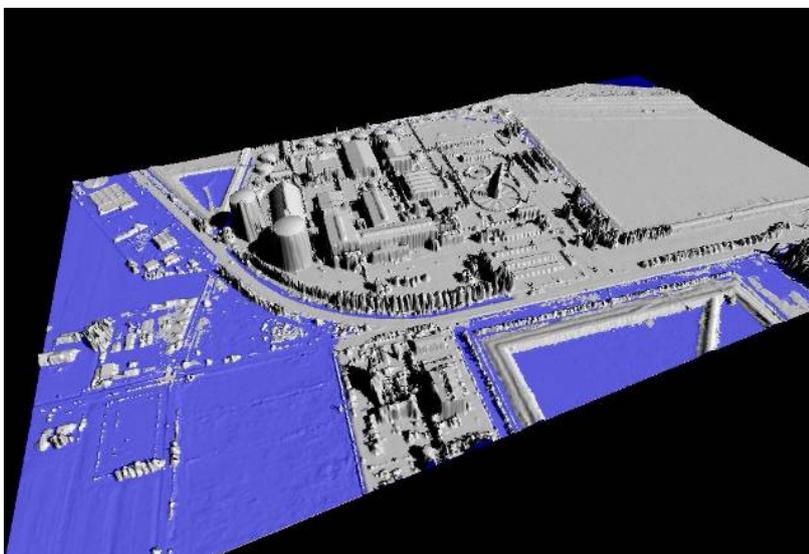
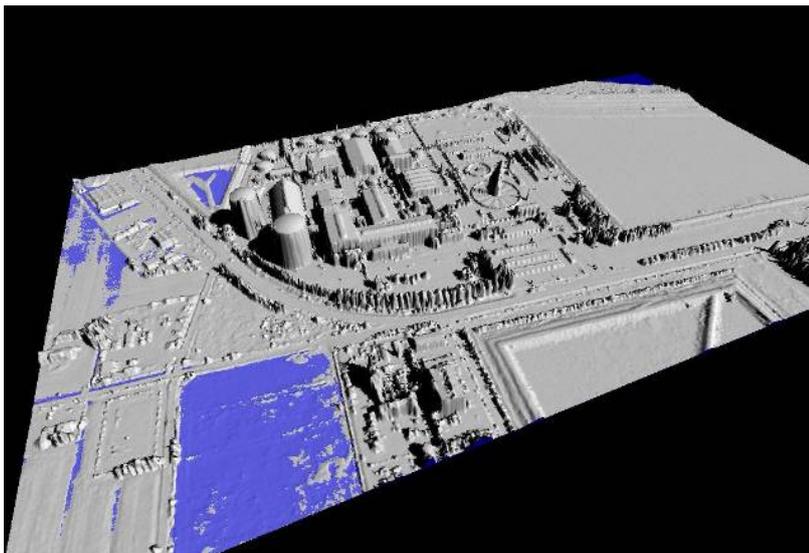


Il DSM e le rispettive simulazioni a diversi livelli esondativi: a esondazione assente, con quota dell'acqua pari a -2 m s.l.m e quota 0 s.l.m. nell'area di Ca' Contarina

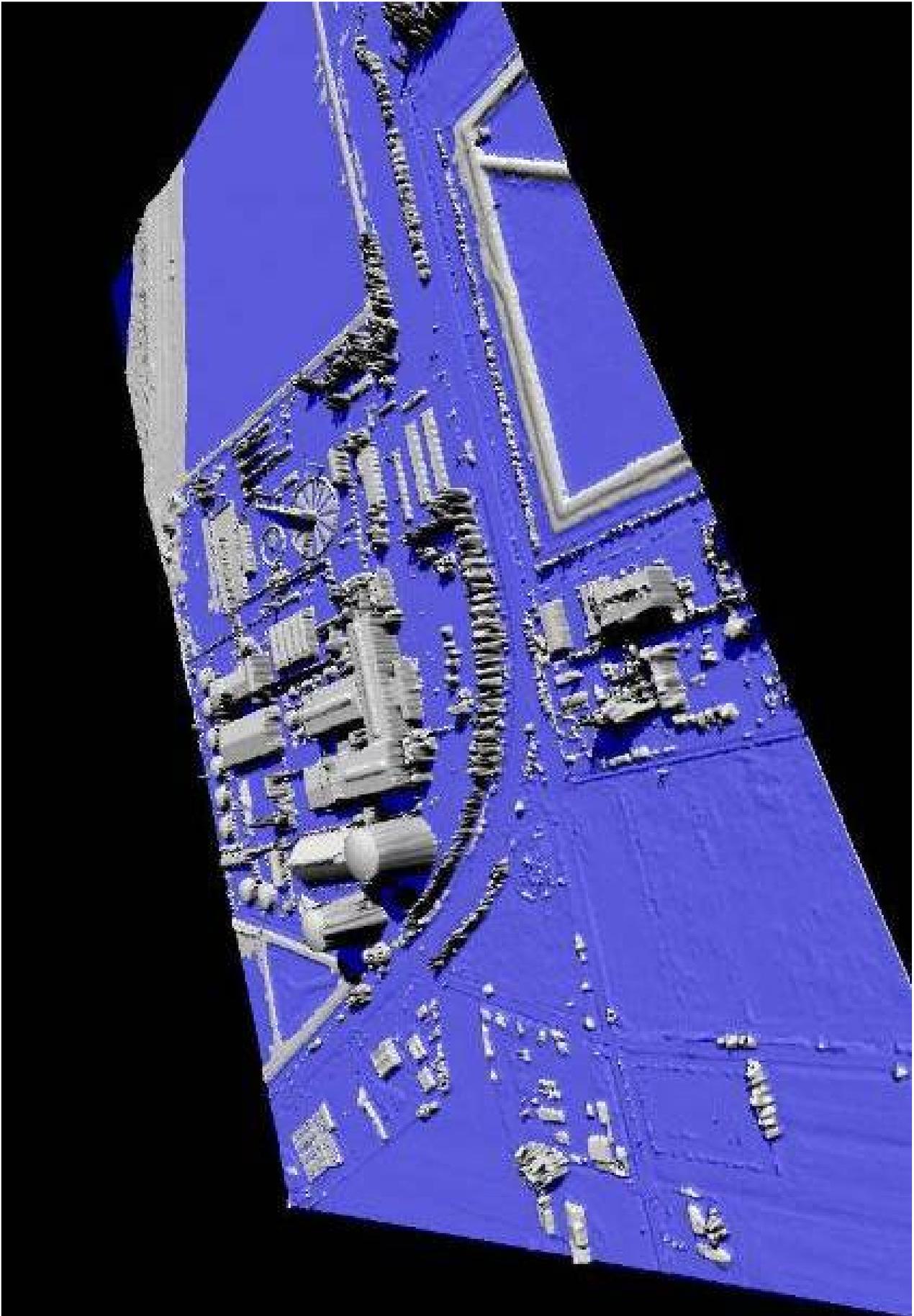


Il DSM e le rispettive simulazioni a -2 m, -1 m, 0 m e +1 m s.l.m. nella zona del Cantiere Navale Visentini nel Po di Levante





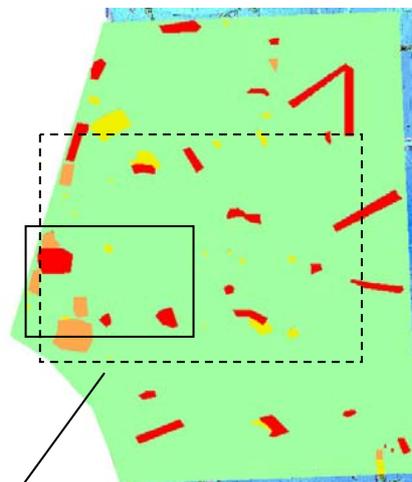
Il DSM e le rispettive simulazioni a -3 m, -2 m, -1 m s.l.m. nell'area del Zuccherificio Eridania

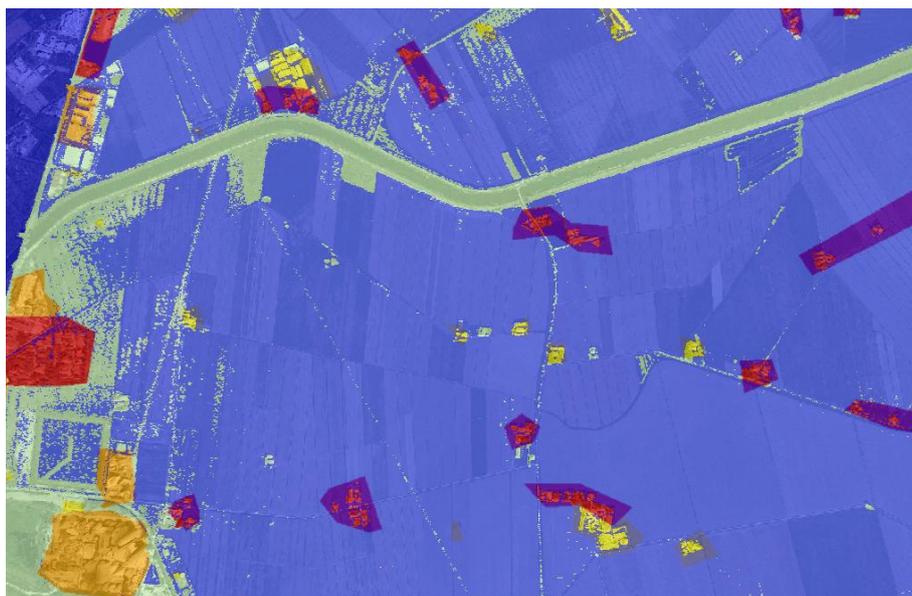
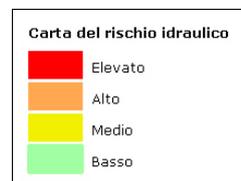
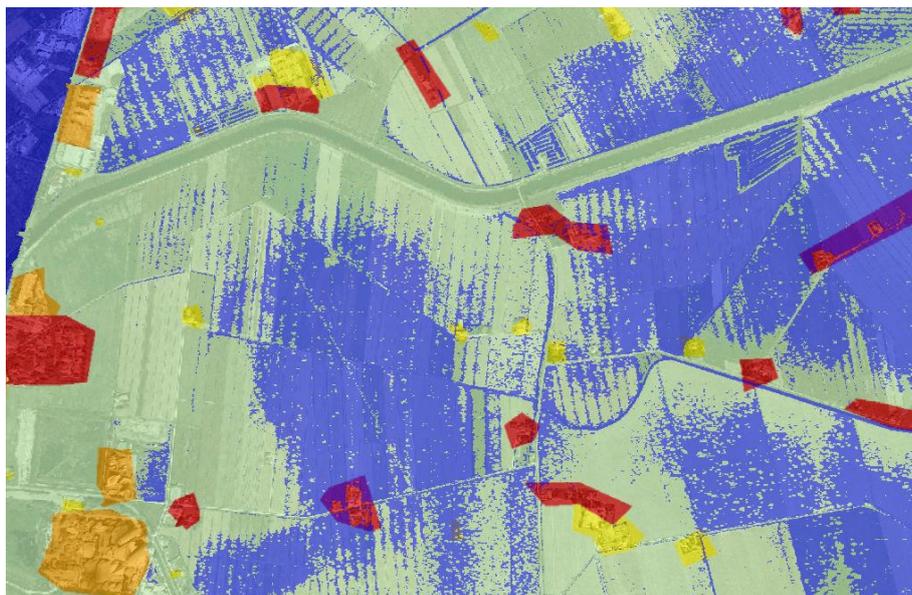


Mappatura e simulazione del rischio idraulico

Grazie all'estrazione delle tipologie di edificato dai livelli informativi della CTRN, è possibile costruire una mappatura del rischio idraulico. Il grado di rischio è correlato alla presenza di persone, animali o cose ed è schematizzato nella tabella seguente:

TIPOLOGIA EDIFICATO	GRADO DI RISCHIO
Edifici civili	Elevato
Ospedali	Elevato
Scuole	Alto
Edifici industriali	Alto
Chiese	Alto
Stalle e allevamenti	Medio
Tettoie e baracche	Medio
Ruderi e manufatti vari	Basso
Campi coltivati	Basso





Due esempi di simulazione di esondazione idraulica con la mappatura del rischio

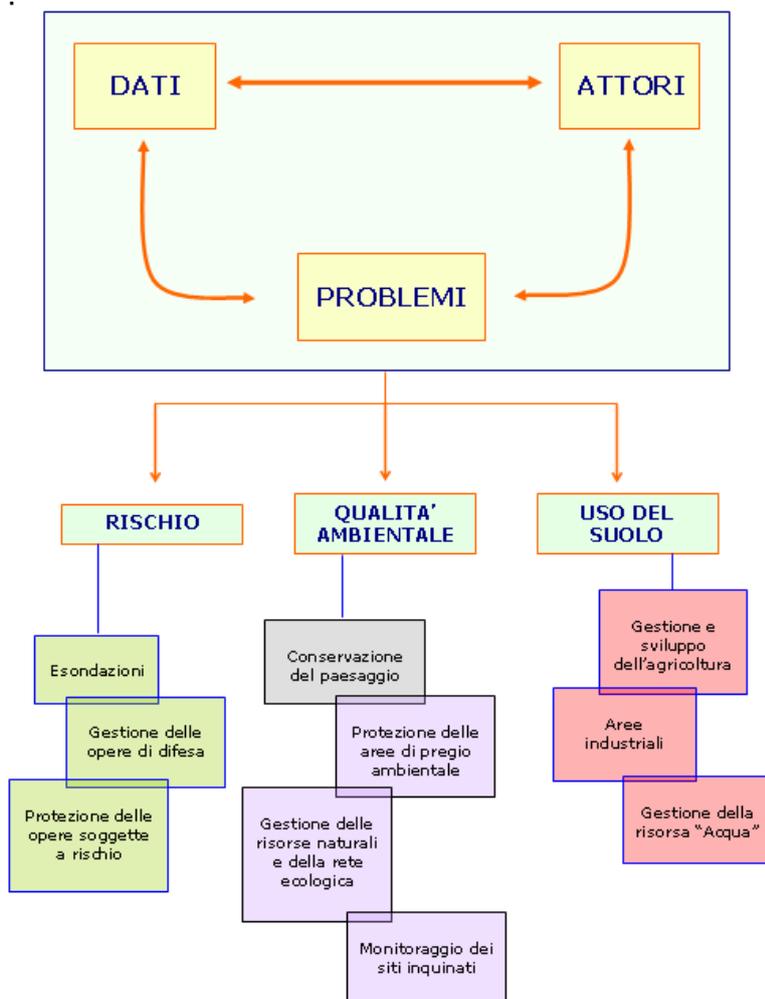
5. Progetto per la realizzazione di una base conoscitiva condivisa del territorio del Delta del Po

Obiettivi e schema generale del progetto

La ricerca ha previsto anche la progettazione di massima di una quadro conoscitivo a supporto delle politiche di governo del territorio del Delta del Po, basato sulla interconnessione tra le tre dimensioni relative alla mappatura dei problemi, alla identificazione degli attori, e alla costruzione di un sistema integrato di ascolto con caratteristiche geografiche.

Il quadro conoscitivo sarà tematizzato in ragione delle caratteristiche salienti del territorio: rischio idraulico e difesa del suolo, salvaguardia e valorizzazione dell'ambiente, competizioni e conflitti nell'uso del suolo.

Schema



Problemi

Al fine di una prima mappatura delle criticità del territorio abbiamo raccolto la testimonianza di un profondo conoscitore dell'area, il capo settore Difesa Costiera e Demanio Marittimo dell'Ufficio Regionale del Genio Civile di Rovigo, ing. Guido Selvi. Durante il colloquio sono state poste una serie di domande relative ai temi del quadro conoscitivo condiviso: ambiente, rischio e uso del suolo evidenziando, per ogni punto, i problemi, le aree interessate, l'offerta e la domanda di informazione. In corsivo il contributo del "testimone privilegiato".

Sono inoltre riportate una serie di criticità emersa da analisi bibliografiche.

Sono evidenti le conseguenze del drammatico abbassamento del suolo: oggi numerosi territori del Delta del Po si trovano al di sotto il livello del mare, con depressioni medie di circa -2 m. Si è reso necessario costruire dighe a mare (arginature di 1° difesa) e dighe arretrate (arginatura di 2° difesa) per evitare l'ingresso delle acque del mare, mentre i canali di scolo convogliano le acque agli impianti idrovori, dove le pompe consentono il sollevamento e lo scarico delle acque a mare: tra Chioggia e Ravenna sono oltre 100 gli stabilimenti idrovori che assicurano lo scolo delle acque e, nei mesi non piovosi, l'irrigazione dei terreni. La manutenzione continua delle reti irrigue a fini agricoli è una delle attività principali dei vari Consorzi di Bonifica presenti sul territorio, ovvero le associazioni di tutti i proprietari degli immobili (terreni e fabbricati) che beneficiano delle opere di bonifica. e che contribuiscono ogni anno alle spese di manutenzione e di gestione delle opere pubbliche di bonifica.

Difesa idraulica

*Manutenzione
continua delle reti
irrigue*

Il Consorzio di Bonifica locale sta inoltre operando per la realizzazione di barriere antisale, ancora sperimentali. La risalita di acqua di mare dai tratti terminali dei fiumi, il fenomeno del cuneo salino, ha assunto negli ultimi decenni proporzioni sempre più preoccupanti e causando l'interruzione delle deviazioni irrigue e degli approvvigionamenti acquedottistici alla popolazione, la salinizzazione delle falde e l'inaridimento delle zone litoranee.

Cuneo salino

"A causa dell'abbassamento del suolo, le coste sono oggetto di periodico monitoraggio della linea di riva, e di realizzazione di opere di protezione dei litorali sia da parte del Genio Civile, sia da parte del Consorzio di Bonifica locale. Nella zona costiera si concentrano numerose attività economiche importanti per l'economia del Delta, come la molluschicoltura e la pesca, ma anche il turismo e attività connesse alla navigazione, sia diportistica sia commerciale. Il quadro della gestione delle coste e delle attività connesse (pesca, molluschicoltura, turismo), non è però gestito nel suo complesso, poiché manca un Piano delle Coste con conseguenze nella gestione organica delle varie attività.

Protezione dei litorali

*Il Piano delle Coste: un
obiettivo per la gestione*

Il problema della veloce evoluzione costiera colpisce un po' tutto il territorio, ma il fenomeno erosivo di maggiore rilevanza investe la bocca di Caleri e la spiaggia di Rosolina.

*Criticità erosiva a Caleri e
Rosolina*

La risalita del cuneo salino, che crea danni all'agricoltura agli abitanti dell'area, necessita di interventi a livello di bacino, e non solo a livello locale, anche attraverso una analisi delle concessioni idrauliche del Po".

Cuneo salino

Tra le specificità agricole da salvaguardare vi è anche il riso del Delta del Po, coltivato fin dal 1400, che otterrà a breve il marchio di indicazione geografica protetta.

*Specificità agro-
alimentari*

La morfologia del Delta è soggetta ad una continua evoluzione costiera. L'innalzamento del livello marino, la subsidenza e il diminuito apporto di sedimenti da parte dei fiumi hanno inoltre prodotto un generale

*Processi evolutivi
costieri (erosione e
dragaggi)*

arretramento delle spiagge che, per lunghi tratti, è stato necessario proteggere con scogliere frangiflutti e altre strutture per trattenere i sedimenti. In prossimità delle foci, invece, i sedimenti fluviali hanno determinato un lento e costante avanzamento della linea di costa e il restringimento delle imboccature delle insenature marine a causa dell'avanzamento di uno o più cordoni di sedimenti (scanni). La Foce del Po di Levante, in particolare, necessita di continui dragaggi per mantenere un idoneo passo navigabile, utile per i Cantieri Navali che attualmente operano a Porto Viro.

L'area deltizia è caratterizzata da importanti rilevanze naturalistiche: vi sussistono il parco regionale del Delta del Po Emiliano-Romagnolo, istituito con L.R. 27/1988 e che ha iniziato la sua attività nel 1996, ed il Parco Regionale Veneto, istituito nel settembre 1997. Le Valli di Gorino sono inoltre inserite nell'elenco delle zone umide di importanza internazionale ai sensi della Convenzione di Ramsar. Parte dei territori del delta, non compresi nei parchi regionali, fanno inoltre parte delle Zone di Protezione Speciale, ovvero siti dedicati alla conservazione dell'avifauna che rientrano nella Rete Natura 2000 e sui quali si applicano pienamente le indicazioni della Direttiva "Habitat" in termini di tutela e gestione.

All'interno dei parchi del Delta e le zone protette sono organizzate visite guidate e percorsi per il birdwatching, che attraggono ogni anno molti turisti.

"La mancanza di pianificazione è un problema anche nell'entroterra, in particolare la mancanza di un Piano del Parco, strumento necessario alla programmazione, lascia lo spazio alla realizzazione di aree urbane ed industriali in zone che andrebbero salvaguardate, come la realizzazione del Terminal Gasiero all'interno dell'area del Parco. La tutela dell'ambiente è fondamentale per due comuni, Rosolina, e Porto Tolle, che sono a prevalente economia turistica."

Dal punto di vista economico, il distretto agroalimentare-ittico del Delta del Po è specializzato nella produzione, lavorazione e commercio di pesci marini e lagunari, molluschi e crostacei. Nel distretto, oltre alle produzioni legate specificatamente ai prodotti ittici vi è la presenza di altre attività collegate, ad esempio quella delle opere marittime (soprattutto a Porto Viro e Rosolina).

L'intera area del Delta è oggetto di espansione urbana ed industriale: pianificazione locale prevede la realizzazione di nuove aree industriali proprio di zone che, storicamente, sono state oggetto di forti abbassamenti del suolo, e che potrebbero essere conseguentemente a rischio inondazioni.

"Per quanto concerne il rischio, alcuni problemi riguardano la difficoltà nella definizione del rischio reale a seconda delle categorie di uso del suolo (industria, aree urbane,..), la necessità di pianificazione degli interventi e di maggiore monitoraggio del territorio."

E' infine in progetto la realizzazione del Terminal Gasiero Edison al largo di Porto Levante composta da un gasdotto denominato "Porto Viro-Cavarzere-Minerbio", da un impianto per il deposito di 250.000 metri cubi di gas metano, sostenuto da una piattaforma marina con una capacità di rigassificazione pari a circa 8 miliardi di metri cubi di gas liquefatto proveniente dal Qatar. Il progetto ha suscitato molte polemiche poiché ubicato all'interno del Parco del Delta e considerato pericoloso.

Rilevanze naturalistiche

Il conflitto tra salvaguardia e sviluppo: il ruolo del Piano del Parco

Distretto ittico

Localizzazione industriale e rischio

Uso del suolo e livelli di rischio

Rigassificatore

Riepilogo dei principali problemi

- Difesa idraulica
- Manutenzione continua delle reti irrigue
- Cuneo salino
- Protezione dei litorali
- Il Piano delle Coste: un obiettivo per la gestione
- Criticità erosiva a Caleri e Rosolina
- Cuneo salino
- Processi evolutivi costieri (erosione e dragaggi)
- Rilevanze naturalistiche
- Il conflitto tra salvaguardia e sviluppo: il ruolo del Piano del Parco
- Distretto ittico
- Localizzazione industriale e rischio
- Uso del suolo e livelli di rischio
- Rigassificatore

I problemi andranno articolati ed ulteriormente sviluppati con un opportuno sistema di ascolto, basato su un sistema di interviste (vedi schema in allegato), supportato da un sistema geografico (geotagging).

Attori e domanda di conoscenza

Numerosi soggetti operano sul territorio del Delta del Po, ognuno dei quali detiene informazioni o alimenta banche dati per lo svolgimento di attività istituzionali e gestionali, di analisi, studio e ricerca o salvaguardia dell'ambiente.

Questi soggetti dovranno essere contattati con lo scopo di attivare un sistema di ascolto per mappare le principali criticità territoriali, le risorse informative disponibili ma anche la specifica domanda di informazione che essi esprimono a sostegno della costruzione delle politiche di sviluppo.

Queste informazioni permetteranno di delineare i contenuti del quadro conoscitivo condiviso, facilitando l'interazione tra i soggetti stessi, la diffusione delle informazioni in loro possesso, ed il reperimento delle informazioni necessarie alla comprensione delle complesse dinamiche territoriali del Delta del Po.

L'elenco dei soggetti operanti sul territorio è disponibile di seguito ed è costituito da 76 soggetti tra Enti, Associazioni, Cooperative, Consorzi e Privati operanti in tutti i settori, dall'economia, al rischio, al monitoraggio e salvaguardia dell'ambiente, alla gestione delle risorse.

La bozza del questionario da utilizzare per l'attivazione dei meccanismi d'ascolto è in allegato, i cui principali contenuti sono i seguenti:

- definire le principali criticità territoriali in termini di uso del suolo, ambiente e rischio;
- identificare le risorse informative (cartografia, dati e banche dati, rilevamenti, ecc..., fornite da altri soggetti o realizzati internamente) utilizzate presso l'Ente e le risorse informative che sarebbero utili per una migliore comprensione delle problematiche e delle dinamiche territoriali;
- identificare su cartografia le aree oggetto dei temi/problematiche indicate.

	Nome Ente e riferimento
1	Preg.mo dott. Gian Michele Gambato Presidente di Sistemi Territori i Via Poerio, 34 30170 MESTRE (VE)
2	Presidente Veneto Strade S.p.A. Sede leg e e direzione centr e Vi e Sansovino, 5 30173 MESTRE (VE)
3	Azienda S.I.T.A. S.p.A. Via del Pescarotto, 25 35131 PADOVA
4	Direttore Gener e Dell'Azienda U.L.S.S. 19 Piazz e degli Etruschi, 1 45011 ADRIA (RO)
5	Dirigente di zona E.N.E.L. Distribuzione S.p.A. Vi e Porta Adige, 1/G 45100 ROVIGO
6	Presidente A.S.M. Rovigo S.p.A. Via Dante ighieri, 4 45100 ROVIGO
7	l'Amministratore Delegato Polesine TLC Vi e della Pace, 5 45100 ROVIGO
8	Polesine Servizi S.p.A. c.a. del Presidente via B. Tisi da Garofolo, 11 45100 ROVIGO
9	Presidente del CONSORZIO A.T.O. "POLESINE" Via Celio, 10 45100 ROVIGO
10	Presidente del Consorzio Per lo sm timento per R.S.U. Via Sacro Cuore, 5 45100 ROVIGO
11	Presidente dell'A.T.E.R. Azienda Territori e Edilizia Residenzi e Piazza Repubblica, 2 45100 ROVIGO
12	Presidente del CEN.SER. Centro Servizi S.p.A. Via Porta Adige, 45 45100 ROVIGO
13	Coordinatore del CEDI Centro Beni Cultur e e Ambient i Piazz e San Bartolomeo, 18 45100 ROVIGO
14	Direttore del MUSEO DEI GRANDI FIUMI Piazz e San Bartolomeo, 18 45100 ROVIGO
15	Presidente dell'ACCADEMIA DEI CONCORDI Biblioteca-Pinacoteca-Museo Piazza V. Emanuele, 14 45100 ROVIGO
16	Direttore del Museo Archeologico Nazion e Via Badini, 59 45011 ADRIA (RO)
17	Presidente del C.U.R. Consorzio Università Rovigo Via Porta Adige, 45 45100 ROVIGO

	Nome Ente e riferimento
39	Presidente dell'Interporto di Rovigo Vi e delle Industrie - Porto Interno 45100 ROVIGO
40	Presidente della CONFINDUSTRIA ROVIGO Via Cas ini, 1 45100 ROVIGO
41	Presidente Dell'Associazione Piccole e Medie Industrie Vi e Porta Po, 94/f 45100 ROVIGO
42	Presidente del C.N.A. Confederazione Nazion e Artigianato Via Maestri del Lavoro, 7/e 45030 BORSEA (Ro)
43	Presidente CONFARTIGIANATO IMPRESE ROVIGO Vi e Porta Po, 87 45100 ROVIGO
44	Presidente dell'Unione Polesana Artigiani Vi e Porta Adige 56/b 45100 ROVIGO
45	G.A.L. (Gruppo Azione Loc e) C/o C.C.I.A.A. Piazza Garib di, 6 45100 ROVIGO
46	Presidente dell'Azienda Speci e per i Mercati Ortofrutticoli Di Lusia e Rosolina Piazza Garib di, 6 45100 ROVIGO
47	Consorzio Agrario Provinci e Via Porta a Mare, 49 45100 ROVIGO
48	Presidente dell'Associazione Agricoltori della Provincia Piazza Duomo, 2 45100 ROVIGO
48	Presidente della Confederazione It iana Agricoltori G leria Ponte Roda, 6/a 45100 ROVIGO
50	Presidente dell'Associazione Polesana Coltivatori diretti Via berto Mario, 19 45100 ROVIGO
51	Presidente Dell'Ordine Dottori Agronomi e Forest i Corso del Popolo, 161 45100 ROVIGO
52	Presidente dell'Associazione Dottori Scienze Agrarie e Forest i Casella Post e, 16 45100 ROVIGO
53	Presidente del Collegio Periti Agrari Via Pietro Micca, 7/b 45100 ROVIGO
54	Direttore Gener e VENETO AGRICOLTURA Azienda Region e per i settori Agricolo, Forest e e Agro imentare Vi e dell'Università, 14 35020 LEGNARO (PD)
55	Direttore dell'AVEPA Agenzia Veneta per i Pagamenti in Agricoltura

	Nome Ente e riferimento	Nome Ente e riferimento
18	Presidente del CARD DEL PO Consorzio Operatori Turistici Delta del Po e Provincia di Rovigo S.S. Romea Via Venezia, 67 45010 VOLTO DI ROSOLINA (RO)	Via Dante Ighieri, 2/A int. 1 45100 ROVIGO
19	Presidente del CONSORZIO FRA LE PROLOCO DEL DELTA DEL PO Piazza Matteotti, 1 45014 PORTO VIRO (RO)	56 Presidente del Consorzio Cooperative Pescatori Del Polesine O.P. S.c.a.r.l. Via della Sacca, 11 45010 SCARDOVARI (RO)
20	Presidente del CONSORZIO FRA LE PROLOCO del MEDIO- TO POLESINE Piazza Marconi, 1 45027 TRECENTA (RO)	57 Vice Presidente della FEDERCOOPESCA VENETO Via Matteotti, 308 45018 PORTO TOLLE (RO)
21	Presidente dell'ASCOM Vi e del Lavoro, 4 45100 ROVIGO	58 Presidente del CONSORZIO DELTA NORD S.c.a.r.l. Vi e del Popolo, 61/1 45010 ROSOLINA (RO)
22	Presidente della CONFESERCENTI Via della Costituzione, 4/d 45100 ROVIGO	59 Presidente di LEGAPESCA Fond. San Domenico 1128 Casella Post e 183 30015 Chioggia
23	CONFINDUSTRIA SEZIONE TURISMO Via Casini, 1 45100 ROVIGO c.a. Nicola Giandoso	60 Presidente di AGCI PESCA c/o Cooperativa "Po" via Roma 207 45010 Scardovari di Porto Tolle (RO)
24	Presidente ITALIA NOSTRA Sezione di Rovigo Piazza Gran Guardia Via Cavour, 3 45100 ROVIGO	61 Consorzio MEC vi e Marconi 68 45010 Rosolina
25	Presidente del W.W.F. Piazza Gran Guardia Piazza V. Emanuele II 45100 ROVIGO	62 Presidente dell'Ordine degli Ingegneri Via Mazzini, 24 45100 ROVIGO
26	Soprintendente per i BENI ARCHITETTONICI E PER IL PAESAGGIO Piazza S. Fermo 3/a 37100 VERONA	63 Presidente dell'Ordine dei Biologi Delegazione Regione e Veneta G. Ieri Zabarella, 3 35121 PADOVA
27	Presidente di LEGAMBIENTE Sez. Rovigo Corso del Popolo, 276 45100 ROVIGO	64 Presidente del Collegio dei Geometri Via Miani, 33 45100 ROVIGO
28	Delegato L.I.P.U. Sig. Luciano Marangon Via Scarlatti, 11 45100 ROVIGO	65 Presidente del Collegio Periti Industri Vi e Porta Po, 94 45100 ROVIGO
29	Soprintendente per i Beni Archeologici del Veneto Via Aquileia, 7 35139 PADOVA	66 Presidente dell'Ordine Provincie e degli Architetti Via E. Toti, 36 45100 ROVIGO
30	Corpo Forestale dello Stato Comando Stazione Vicolo delle Scuole, 4 - 45011 ADRIA	67 Presidente dell'Ordine dei Geologi Regione Veneto Via Viviani, 2 30171 MESTRE (VE)
31	SERVIZIO FORESTE DI PADOVA-ROVIGO dr. Geremia Via Passaggio Gaudenzio, 1 35131 PADOVA	68 Presidente del Consorzio di Bonifica Delta Po-Adige Via Pordenone, 6 45019 TAGLIO DI PO (RO)
32	A.R.P.A.V. Dipartimento Provincie e c.a. del dirigente responsabile ing. Primo Munari Vi e Porta Po, 87 45100 ROVIGO	69 Consorzio di Bonifica Padana Polesana c.a. del Presidente Via Verdi, 12 45100 ROVIGO
33	A.R.P.A.V. - Osservatorio dell'Adriatico	70 Presidente dell'A.R.N.I. Via Argine Cisa, 11 42022 BORETTO (FE)
		71 Ing. Capo Magistrato Acque del Nucleo Operativo di Rovigo Corso del Popolo, 129 45100 ROVIGO
		72 Segretario Generale Dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige Piazza Vittoria, 5 38100 TRENTO

Nome Ente e riferimento	
	Dott.ssa Marina Vazzoler Piazz e Stazione, 1 35131 Padova It y
34	A.R.P.A.V. - Area Tecnico Scientifica Dott.Sandro Boato Piazz e Stazione, 1 35131 Padova It y
35	Presidente della C.C.I.A.A. Piazza Garibaldi, 6 45100 ROVIGO
36	Presidente del CONSORZIO PER L'AREA INDUSTRI E ATTREZZATA DEL BASSO POLESINE Corso V. Emanuele, 49 45011 ADRIA (RO)
37	Consorzio per lo Sviluppo Del Polesine CON.SVI.PO. c.a. del Presidente vi e della Pace, 5 45100 ROVIGO
38	Presidente di Ente Parco Region e Veneto del Delta del Po Via G. Marconi, 6 45012 Ariano Polesine (RO)

Nome Ente e riferimento	
73	Dirigente dell'A.I.P.O. Agenzia Interregion e per il Fiume Po Corso del Popolo, 129 45100 ROVIGO
74	Presidente del Consorzio di bonifica Polesine Adige-Can bianco Piazza Garib di, 8 45100 ROVIGO
75	Segretario Generale Dell'Autorità di Bacino del Fiume Po Via Garib di, 75 43100 PARMA
76	Dirigente Regionale dell'Unità di Progetto Distretto Bacino Idrografico Delta del Po-Adige-Can bianco Vi e della Pace, 1/d 45100 ROVIGO c.a. Fabio G iazzo

Dati

L'analisi delle risorse informative esistenti è stata svolta attraverso una serie di colloqui con i capi-settore/dirigenti di Enti Pubblici ovvero:

- la Provincia di Rovigo
- il Consorzio di Bonifica Delta Po Adige,
- il Comune di Porto Viro
- l'Agenzia Veneta per i Pagamenti in Agricoltura AVEPA
- l'Agenzia Regionale di Protezione dell'Ambiente ARPA Veneto

L'indagine è stata svolta in concomitanza con la ricerca dell'Università IUAV di Venezia "Giacimenti Informativi: la produzione istituzionale di dati territorio- ambiente. Valorizzazione e integrazione per la costruzione di quadri di conoscenza" che si poneva, per prima nel panorama nazionale, l'obiettivo di individuare e classificare le risorse che connotano i "giacimenti informativi", definite come le grandi banche dati aggiornate sistematicamente da Soggetti istituzionali, nell'ambito delle attività gestionali ed autorizzative. In particolare sono state indagate, nelle caratteristiche principali e nei contenuti informativi, le banche dati a livello locale, mediante interviste e visite dirette presso gli enti.

I risultati della ricerca hanno portato ad individuare una serie di banche dati geografiche, utili ai fini della realizzazione del quadro conoscitivo condiviso.

Alcune delle banche dati geografiche più significative, e le relative fonti, sono riportate di seguito, suddivise per tema e sottotema,

- a. Sicurezza/difesa del suolo e rischio idraulico
- b. Salvaguardia e valorizzazione dell'Ambiente
- c. Trend evolutivi dell'uso del suolo

LIVELLI DI BASE	
Carta Tecnica Regionale Digitalizzata	Regione Veneto
Limiti amministrativi	Regione Veneto
Viabilità	Regione Veneto

RISCHIO IDRAULICO	
<i>Pianificazione</i>	
Reti consorziali di bonifica e irrigazione: Impianti idrovori, canali di bonifica, derivazioni irrigue	Cons. Bon. Delta Po Adige
Piano Generale di Bonifica e di tutela del territorio rurale (PGBTTR)	Cons. Bon. Delta Po Adige
Piano di classifica di contribuenza per bacini irrigui	Cons. Bon. Delta Po Adige
Piano provinciale di emergenza sul rischio idraulico da fiume Po	Provincia di Rovigo
Piano di Assetto Idrogeologico	Aut. Bacino fiume Po
Piano di Assetto Idrogeologico	Aut. Bacino Fissero – Tartaro - Canalbianco
<i>Altimetria</i>	
Rilievo LIDAR Delta del Po (2006)	Regione Veneto/ IUAV
Rilievo LIDAR Zona Costiera Delta (2006)	Genio Civile Rovigo
Quote desunte da livellazione geometrica (storiche – 2005)	Regione Veneto

AMBIENTE	
Rete pluviometrica, stazioni pluviometriche, dati di piovosità	ARPAV/ Cons. Bon. Delta Po Adige
Aree di Protezione Speciale "Natura 2000"	Regione Veneto
Piano del Parco regionale del Delta del Po	Ente Parco

Piano Faunistico Venatorio	Prov. Rovigo
Atlante dei Vincoli Paesaggistici e Ambientali	Prov. Rovigo
Rete di rilevamento della qualità dell'aria	ARPAV
Rete di rilevamento della qualità delle acque interne e costiere	ARPAV
Rete di rilevamento dati agro-idro-metereologici	ARPAV
Catasto delle Fonti di Pressione Ambientale (emissioni, acque reflue, scarichi industriali, discariche, impianti di gestione e trattamento rifiuti)	ARPAV
Monitoraggio agenti fisici (campi elettromagnetici, radioattività)	ARPAV
Atlante Nidificanti, svernanti e censimento dell'avifauna	WWF

USO DEL SUOLO	
Ortofoto CGR 2003- 2000, volo Italia 1988/89 e 1994.	Regione Veneto/ IUAV/ CGR
Immagini volo 1954	
Riprese aeree (2005) del Comune di Porto Viro	Comune di Porto Viro
Immagini da satellite IKONOS	Cons. Bon. Delta Po Adige AVEPA
Uso del suolo agricolo per aziende agricole che usufruiscono di incentivi comunitari	
Analisi dell'attività estrattiva (anno 2004/5)	Provincia di Rovigo
<i>Pianificazione</i>	
Piano d'Area del Delta Po (ambiente lagunare, paesistico ambientale, beni storico-culturali, valorizzazione turistica, corridoio afferente alla SS309 Romea, insediativo produttivo, paesaggio agrario)	Regione Veneto
Piani Regolatori Generali comunali (Mosaico e singoli Piani)	Provincia di Rovigo
Piano di zonizzazione acustica	Comune di Porto Viro

Matrice dati – attori – temi

Sulla base delle risorse informative esistenti detenute dai vari soggetti che operano sul territorio, e livello istituzionale e non, e delle principali tematiche/problematiche emerse, è stata realizzata una matrice "dati-attori-temi". Attraverso la matrice, l'offerta di informazione territoriale è stata messa in relazione con temi/sottotemi e con i rispettivi soggetti che detengono le banche dati territoriali. La terminologia utilizzata per individuare temi/sottotemi deriva dal tesoro General European Multilingual Environmental Thesaurus, GEMET, realizzato nell'ambito del progetto CNR "EARTH Environmental Applications Reference Thesaurus".

La stessa terminologia è stata utilizzata per riportare i medesimi temi la domanda di informazione espressa dai soggetti attraverso il questionario informativo.

Per la realizzazione del quadro conoscitivo condiviso, l'offerta di informazione dovrebbe essere confrontata con la domanda informativa emersa dal colloquio e dai questionari inviati sulla base dei temi/problematiche. In questo modo sarebbe possibile verificare la relazione tra domanda/offerta di informazione e criticità del territorio, al fine di strutturare i temi e gli strati informativi che saranno riportati nel quadro informativo condiviso.

Ente	COSTA	SUBSIDENZA	CUNEO SALINO	AGRICOLTURA	AMBIENTE	TURISMO	SETTORI ECONOMICI	RISCHIO	AMBIENTE URBANO	INFRASTRUTTURE	Temi	
												1.3
Università IUAV di Venezia - SIT	1.3	1										Opere pubbliche
Università IUAV di Venezia - CIRCE	4	1										Infrastrutture per i trasporti
Comuni di Adria, Ariano Polesine, Corsola, Loreo, Papozze, Porto Viro, Porto Tolle, Rosolina, Taglio di Po	5	1										Pianificazione dei trasporti
Provincia di Rovigo		1										Rumore ambientale
Provincia Rovigo - Protezione Civile		1										Urbanizzazione
Regione Veneto - Genio Civile	2	2										Pianificazione Urbana
Regione Veneto - Unità complessa SIT e Cartografia	13,14, 15	2										Piano di protezione civile
Consorzio di Bonifica Delta Po-Adige	6,7,8,9, 10	6										Rischio ambientale
Ente Parco del Delta	16	8										Studio dei rischi naturali
WWF e Associazione Faunisti Veneti		8										Prevenzione dai rischi naturali
AVEPA- Agenzia Veneta per i Pegamenti in Agricoltura		26										Rischio idraulico
ARPAV		26										Agroindustria
Autorità di Bacino del fiume Po – Ambito Veneto		25										Aree industriali
Autorità di Bacino interregionale del Fiume Fissero-Tartarocanalbianco		25										Pesca
ConVisPO		24										Sentiero escursionistico
Polesine Innovazione		24										Educazione ambientale
		24										Agriturismo
		24										Turismo ambientale
		24										Qualità dell'ambiente
		24										Indicatore ambientale
		24										Danno ambientale
		24										Dati sull'ambiente
		24										Pianificazione ambientale
		24										Protezione ambiente
		24										Fauna selvatica
		24										Aree di nidificazione
		24										Habita di flora e fauna selvatiche
		24										Paesaggio
		24										Zona umida
		24										Vegetazione
		24										Agrometeorologia
		24										PAC - Incentivi all'agricoltura
		24										Regolamentazione agricola
		24										Proprietà fondiaria agricola
		24										Pianificazione agricola
		24										Idraulica agricola
		24										Agricoltura
		24										Salinizzazione del suolo e dell'acqua
		24										Cuneo salino
		24										Modello digitale del territorio
		24										Subsidenza
		24										Pianificazione/gestione delle zone costiere
		24										Inquinamento della costa
		24										Pesca costiera
		24										Erosione costiera
		24										Sviluppo della costa
		24										Costa
		24										Uso del territorio

MATRICE Banche Dati Territoriali / Attori / Temi
(parole chiave)

MATRICE Banche Dati Territoriali / Attori / Temi (parole chiave)

Attori e fornitori di dati	COSTA		SUBSIDENZA	CONCO SALINO	AGRICOLTURA	
	Uso del territorio	Costa	Sviluppo della costa	Modello digitale del territorio	Idraulica agricola	Agrometeorologia
Università IUAV di Venezia - SIT/CIRCE	1,3,4	3,4	3,4	1	1	
Comuni di Adria, Ariano Polesine, Corsola, Loreo, Papozze, Porto Viro, Porto Tolle, Rosolina, Taglio di Po	5	3,4	3,4	5	3,4	
Provincia di Rovigo						
Provincia Rovigo - Protezione Civile						
Regione Veneto – Genio Civile	2	2	2	2		
Regione Veneto - Unità complessa SIT e Cartografia	4,11,12,13			15	17	
Consorzio di Bonifica Delta Po-Adige	6,7,8,9,10	10	10	6	6,8,9	7
Ente Parco del Delta	16					
WWF e Associazione Faunisti Veneti						
AVEPA- Agenzia Veneta per i Pagamenti in Agricoltura	26					26
ARPAV		24				25
Autorità di Bacino del fiume Po – Ambito Veneto		24				
Autorità di Bacino interregionale del Fiume Fissero-Tartaro-Canalbianco						
LIVELLI DI BASE						

Legenda Banche Dati Cartografiche

LIVELLI DI BASE

11	Carta Tecnica Regionale Digitalizzata
12	Limiti amministrativi
13	Viabilità

RISCHIO IDRAULICO

6	Reti consorziali di bonifica e irrigazione: Impianti idrovori (potenza, n° pompe, quota di funzionamento), Canali di bonifica (lunghezza), Derivazioni irrigue (corpo idrico, sifone, portata), Canali irrigui (nome, tratto, codice, nodale)
8	Piano Generale di Bonifica e di tutela del territorio rurale (PGBTTR): reti consorziali e canali irrigui (2006), quote dei terreni, uso del suolo (1990), tessitura del terreno (1990), quota media della falda (1990), franco di bonifica (1990), isofreatiche (1990), pedologia (1990), aree a finanziamenti regionali 5B (2006)
9	Piano di classifica di contribuenza per bacini irrigui
22	Piano provinciale di emergenza sul rischio idraulico da fiume Po
28	Piano di Assetto Idrogeologico
1	Rilievo LIDAR Delta del Po (2006)
2	Rilievo LIDAR Zona Costiera (2006)
15	Quote desunte da livellazione geometrica (storiche – 2005)

AMBIENTE

7	Rete pluviometrica, Stazioni pluviometriche, Dati di piovosità
14	Aree di Protezione Speciale "Natura 2000" SIC e ZPS
16	Piano del Parco regionale del Delta del Po
20	Piano Faunistico Venatorio
21	Atlante dei Vincoli Paesaggistici e Ambientali
23	Rete di rilevamento della qualità dell'aria
24	Rete di rilevamento della qualità delle acque interne e costiere
25	Rete di rilevamento dati agro-idro-meteorologici
29	Catasto delle Fonti di Pressione Ambientale (emissioni, acque reflue, scarichi industriali, discariche, impianti di gestione e trattamento rifiuti)
30	Monitoraggio agenti fisici (campi elettromagnetici, radioattività)
27	Atlante Nidificanti, svernanti e censimento dell'avifauna

USO DEL SUOLO

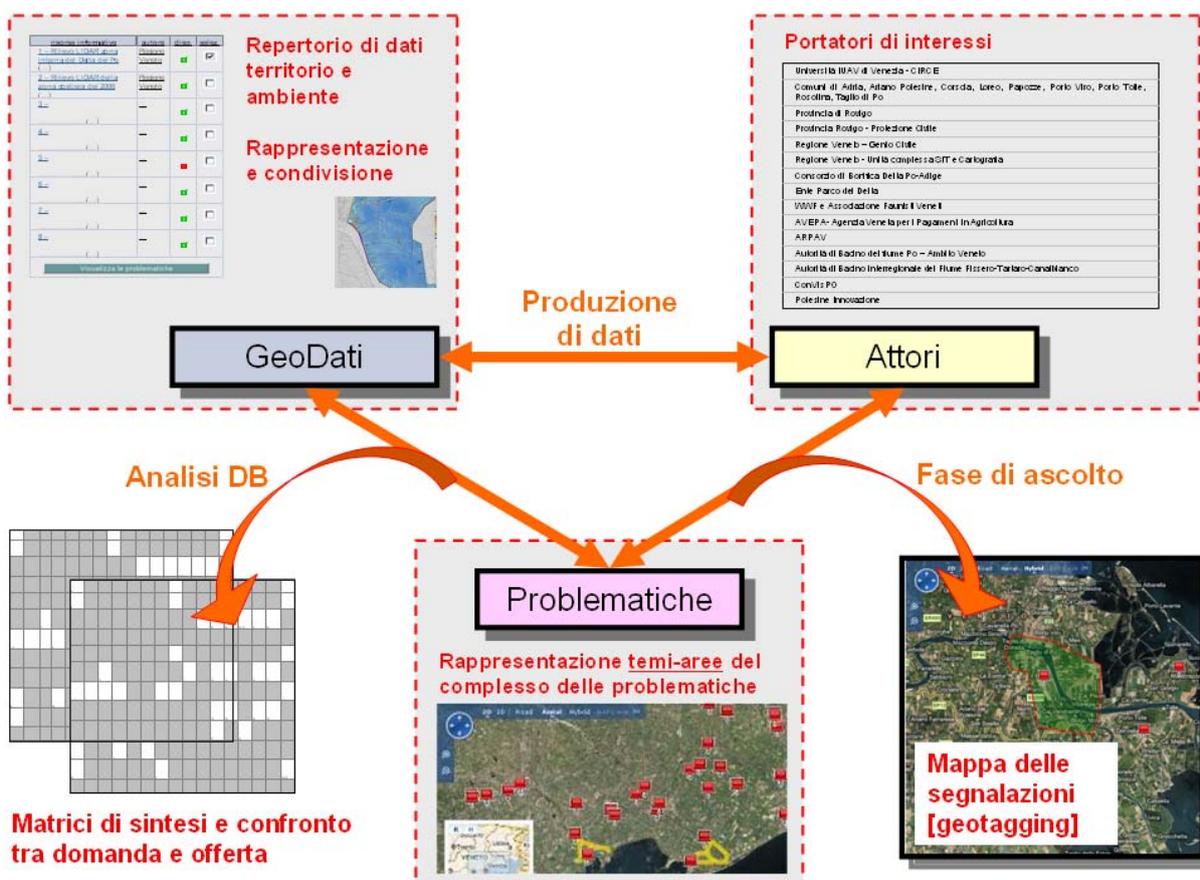
3	Ortofoto CGR 2003- 2000, volo Italia 1988/89 e 1994
4	Immagine volo 1954
5	Riprese aeree del Comune di Porto Viro (2005)
26	Uso del suolo agricolo per aziende agricole che usufruiscono di incentivi comunitari
17	Piano d'Area del Delta Po (ambiente lagunare, paesistico ambientale, beni storico-culturali, valorizzazione turistica, corridoio afferente alla SS309 Romea, insediativo produttivo, paesaggio agrario)
18	Piani Regolatori Generali comunali (mosaico e singoli piani)
19	Piano di zonizzazione acustica

Legenda Banche Dati Cartografiche

1	Rilievo LIDAR zona interna del Delta del Po
2	Rilievo LIDAR della zona costiera effettuato nel 2006
3	Ortofoto CGR 2003- 2000, volo Italia 1988/89 e 1994
4	Immagini volo 1954
5	Riprese aeree del 2005 dell'area Porto Viro
6	Reti consorziali di bonifica e irrigazione: Impianti idrovori (potenza, n° pompe, quota di funzionamento), Canali di bonifica (lunghezza), Derivazioni irrigue (corpo idrico, sifone, portata), Canali irrigui (nome, tratto, codice, nodale)
7	Rete pluviometrica, Stazioni pluviometriche, Dati di piovosità
8	Piano Generale di Bonifica e di tutela del territorio rurale (PGBTTR): reti consorziali e canali irrigui (2006), quote dei terreni, uso del suolo (1990), tessitura del terreno (1990), quota media della falda (1990), franco di bonifica (1990), isofreatiche (1990), pedologia (1990), aree a finanziamenti regionali 5B (2006)
9	Piano di classifica di contribuenza per bacini irrigui
10	Immagine IKONOS
11	Carta Tecnica Regionale Digitalizzata
12	Limiti amministrativi
13	Viabilità
14	Aree di Protezione Speciale "Natura 2000" SIC e ZPS
15	Livellazione geometrica 2005
16	Piano del Parco regionale del Delta del Po
17	Piano d'Area del Delta Po (ambiente lagunare, paesistico ambientale, beni storico-culturali, valorizzazione turistica, corridoio afferente alla SS309 Romea, insediativo produttivo, paesaggio agrario)
18	Mosaico PRG comunali
19	Piano di zonizzazione acustica
20	Piano Faunistico Venatorio
21	Atlante dei Vincoli Paesaggistici e Ambientali
22	Piano provinciale di emergenza sul rischio idraulico da fiume Po
23	Rete di rilevamento della qualità dell'aria
24	Rete di rilevamento della qualità delle acque interne e costiere
25	Rete di rilevamento dati agro-idro-metereologici
26	Uso del suolo agricolo per aziende agricole che usufruiscono di incentivi comunitari
27	Atlante Nidificanti, svernanti e censimento dell'avifauna

Modello di base di conoscenza condivisa

Il sistema informativo territoriale è costituito da una base dati composta da tre elementi fondamentali: GEO-DATI, ATTORI, PROBLEMATICHE. Il sistema è realizzato in modo tale da gestire le connessioni tra queste tre entità informative utilizzando tre sistemi di relazioni riguardanti la fase di produzione di informazione che rappresenta il legame tra attori e geo-dati, il meccanismo di ascolto basato su tecniche di geo-tagging e le metodologie di interpretazione e analisi che si fondano sull'utilizzo di matrici di confronto tra domanda e offerta di informazioni territoriali e ambientali.



Geodati – il repertorio in ambiente web – rappresentazione, consultazione, condivisione

Cartografia

TAGS
 [agricoltura] [coste] [cuneo salino]
 [habitat flora e fauna] [industria] [pesca]
 [subsidenza] [turismo] [uso del suolo]

RISORSE INFORMATIVE
 Visualizza: tutto

risorse informative	autore	disp.	selez.
1 - Rilievo LIDAR zona interna del Delta del Po (...)	Regione Veneto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2 - Rilievo LIDAR della zona costiera del 2006 (...)	Regione Veneto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 =	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
..... (...)	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 =	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
..... (...)	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 =	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
..... (...)	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 =	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
..... (...)	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 =	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
..... (...)	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 =	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
..... (...)	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Visualizza le problematiche

1 2 3 4

RICERCA
 num: testo:
 soggetto:

I dati territorio – ambiente sono organizzati in un repertorio consultabile in modalità ipertestuale e cartografica con funzionalità di ricerca per tags (parole chiave) elenchi filtrabili e ordinabili con controllo della visualizzazione in mappa, ricerca testuale libera e/o per criteri. L'interfaccia consente di passare velocemente da un insieme di dati alle problematiche territoriali rilevate per cui i dati stessi costituiscono la base di conoscenza principale.

Attori – Schede e profilo dei portatori di interessi

Informazioni soggetto

Codice (*) Site

Titolo (*) Dichiarazione

Programma (*) Leader

Procedura attuazione: Progetto selezionato con bando pubblico

Soggetto promotore:

Sito Partbar:

Commentari:

Spaziatura: Ente Parco Nazionale Regionale del Delta Po

Recapito del beneficiario: Via Tondura 40, Treviso - Tel. 0422-311594

Email di riferimento: info@parcofirenze.it

Responsabile del progetto: Elena Trevisan

Costo totale (NONIN.DC) (*) 0.0000,00

Costo ammissibile (NONIN.DC) 0.00

Contributo (NONIN.DC) (*) 0.0000,00

Partbar:

Area di intervento (AAAA) (*)

visibilità (*)

Area di intervento (*)

Settori di competenza

Area tematiche di riferimento

Pianificazione urbanistica

Mobilità e trasporti

Energia

Cambiamenti climatici

Conservazione della natura

Foreste

Rischio idrogeologico

Rifiuti

Agricoltura - pesca

Sanità pubblica

Invia la segnalazione

Università IUAV di Venezia - CIRCE

Comuni di Adria, Ariano Polesine, Corsola, Loreo, Papozze, Porto Viro, Porto Tolle, Rosolina, Taglio di Po

Provincia di Rovigo

Provincia Rovigo - Protezione Civile

Regione Veneto – Genio Civile

Regione Veneto - Unità complessa SIT e Cartografia

Consorzio di Bonifica Delta Po-Adige

Ente Parco del Delta

WWF e Associazione Faunisti Veneti

AVEPA- Agenzia Veneta per i Pagamenti in Agricoltura

ARPAV

Autorità di Bacino del fiume Po – Ambito Veneto

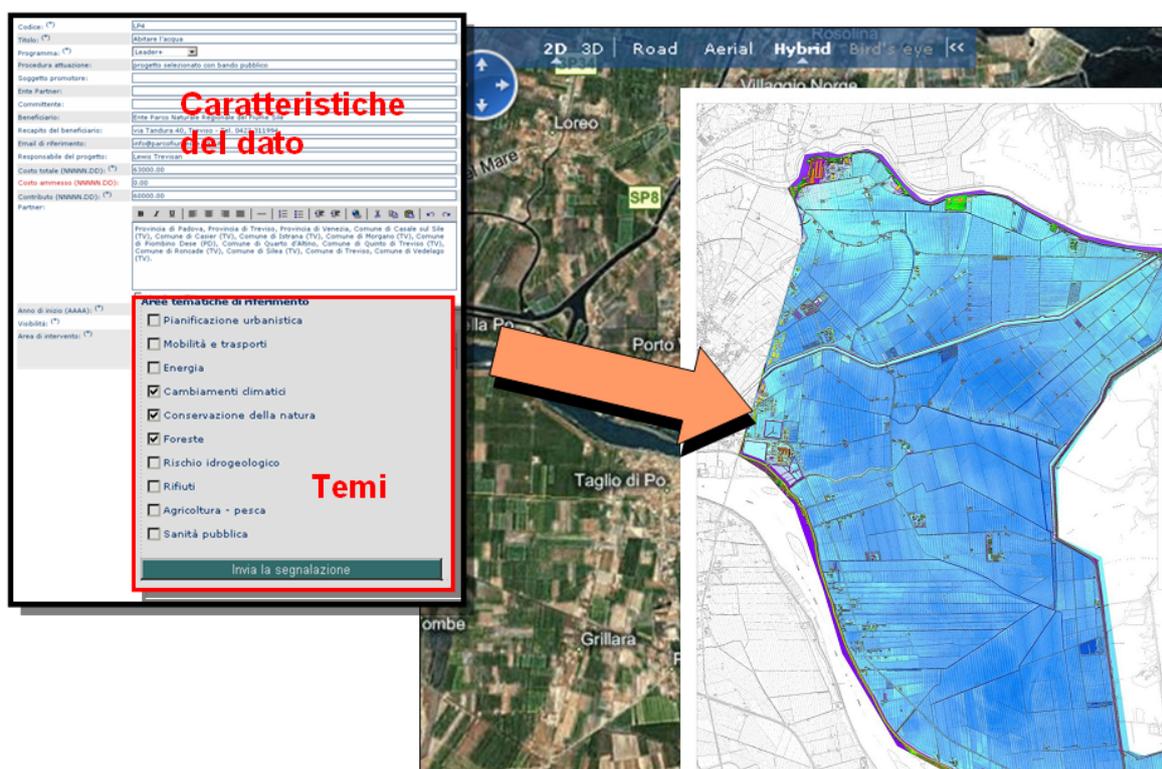
Autorità di Bacino interregionale del Fiume Fissero-Tartaro-Canalbianco

ConVisPO

Polesine Innovazione

Gli attori direttamente interessati ai processi di governo del territorio del Delta del Po sono registrati e caratterizzati secondo i settori disciplinari di competenza.

Attori – Geodati: alimentazione del repertorio dei dati territorio e ambiente



Le risorse informative (o geo-dati) vengono catalogate in un repertorio che ne registra, assieme al metadato classico, l'orientamento all'uso nei vari settori tematici.

Attori – Problematiche: la mappa delle segnalazioni

TAGS

[agricoltura] [coste] [cuneo salino]
 [habitat flora e fauna] [industria] [pesca]
 [subsidenza] [turismo] [uso del suolo]

SEGNALAZIONI
 Visualizza: tutto

segnalazione	autore	selez.
1 - Risalita del cuneo salino I sempre più lunghi periodi di magra del fiume Po evidenziano seri (...)	ARPAV	<input type="checkbox"/>
2 - Subsidenza È necessario integrare la conoscenza dell'area puntando sull'unione (...)	ARPAV	<input checked="" type="checkbox"/>
3 = (...)	...	<input type="checkbox"/>
4 = (...)	...	<input type="checkbox"/>
5 = (...)	...	<input type="checkbox"/>
6 = (...)	...	<input type="checkbox"/>
7 = (...)	...	<input type="checkbox"/>
8 = (...)	...	<input type="checkbox"/>

Visualizza i dati necessari

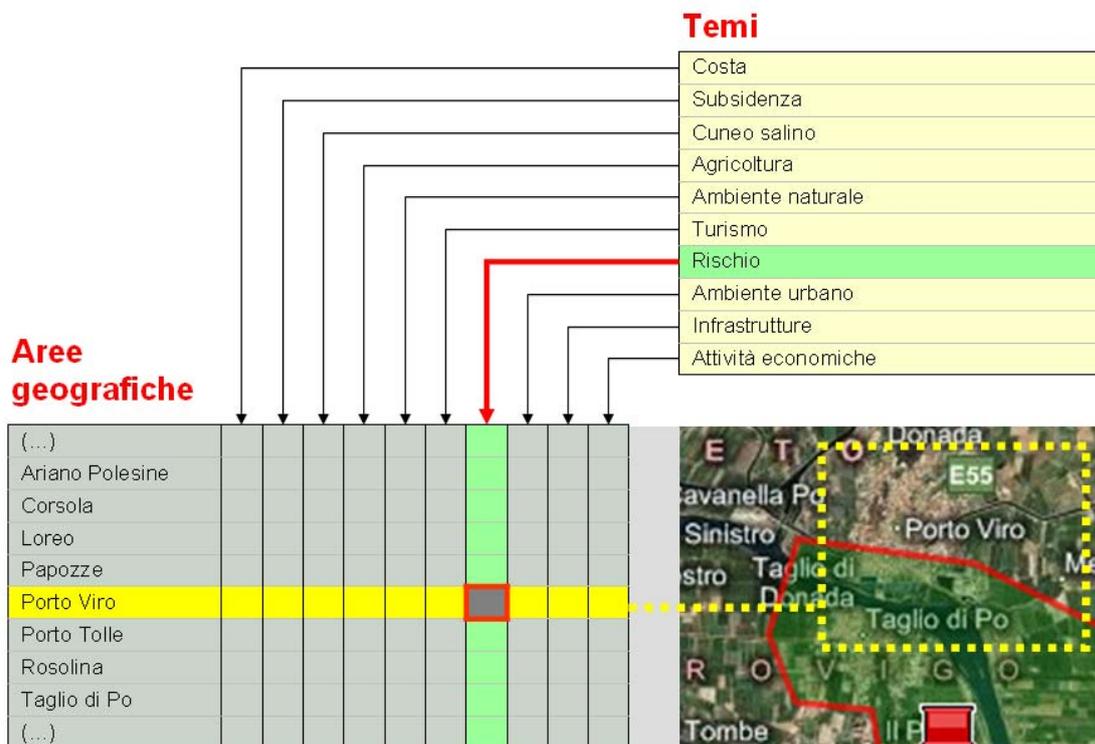
1 2 3 4

RICERCA

num: testo:
 soggetto:

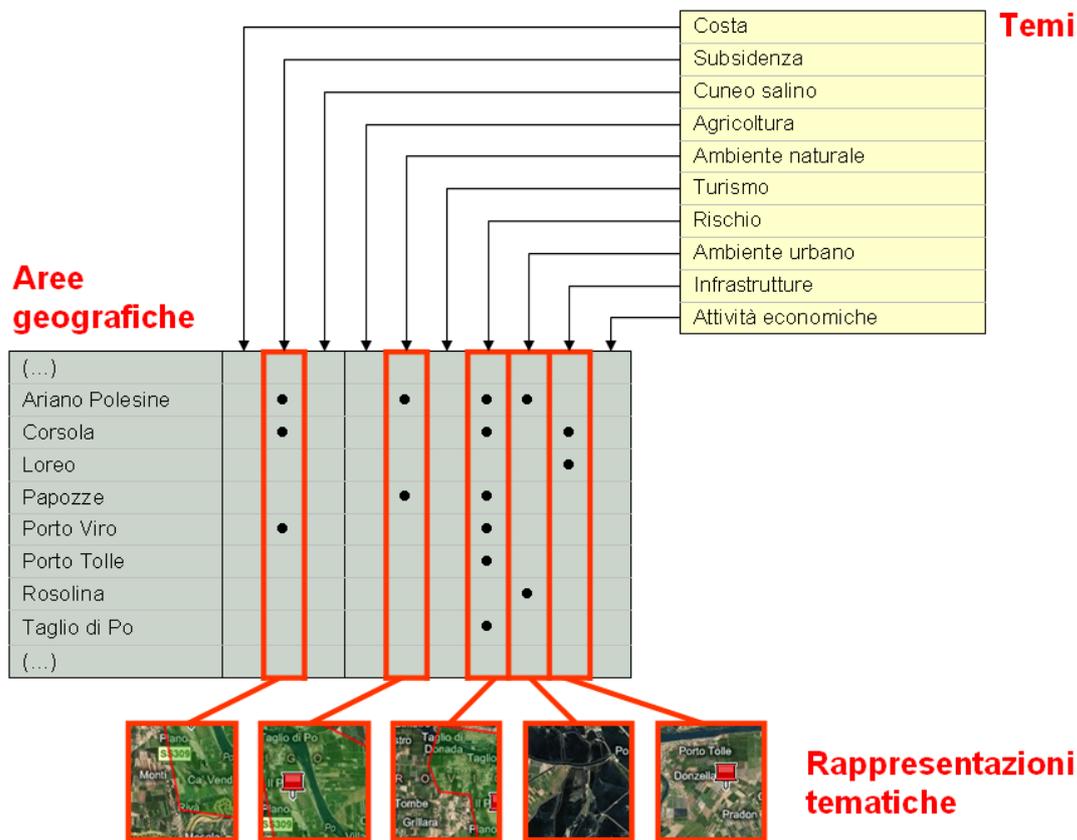
La mappa delle segnalazioni basata su tecniche di geo-tagging consente di inserire problemi ed esigenze conoscitive integrando così il database con le informazioni necessarie a monitorare la domanda informativa. La caratterizzazione tematica delle informazioni ricercate avviene secondo le stesse regole che governano la profilatura degli attori e la caratterizzazione dei dati esistenti (elenco delle aree tematiche).

Problematiche: lettura mediante l'associazione temi – aree



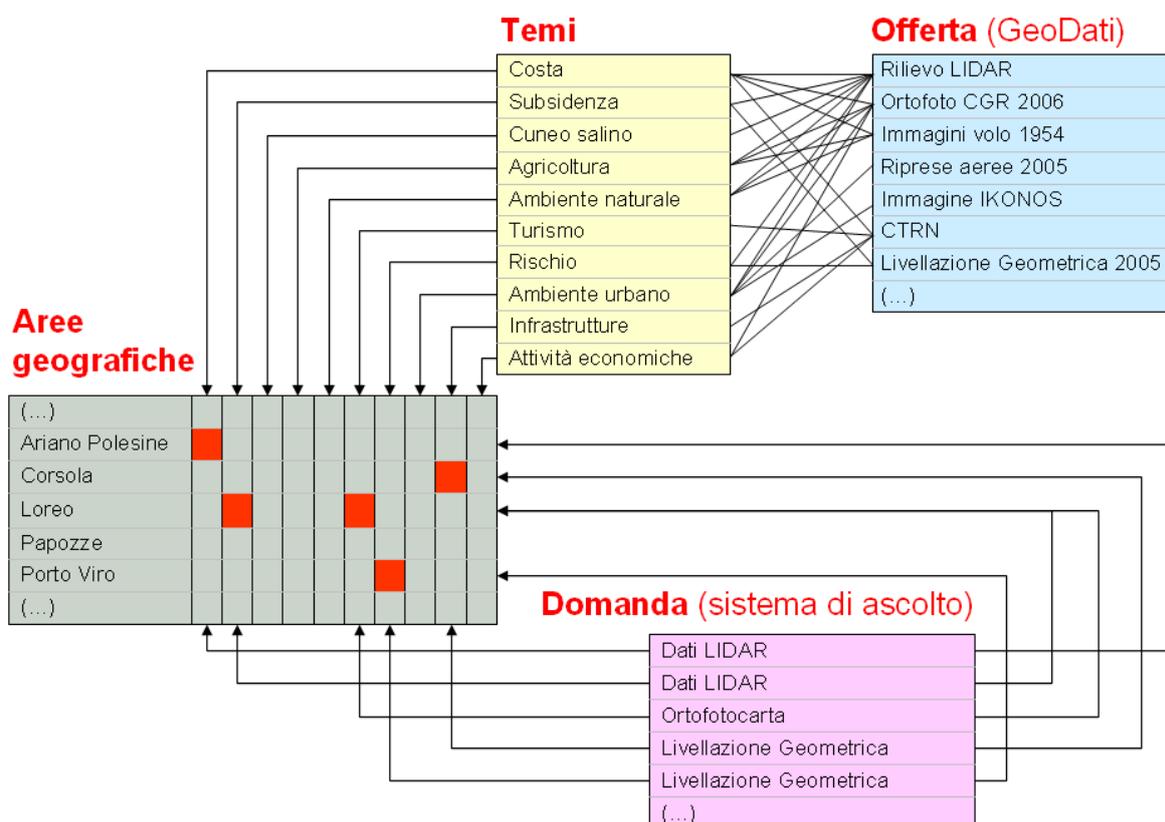
La matrice temi-aree consente di interpretare la crescente mole di informazioni raccolte analizzando di volta in volta singole aree, singoli temi ovvero singoli temi in determinate aree (cella della matrice).

Problematiche: lettura mediante rappresentazioni tematiche



Le letture delle problematiche può avvenire anche su base geografica, oppure geografica – tematica nel momento in cui si visualizza l'area specifica filtrando le classi di problemi registrati.

Problematiche - Geodati: interpretazione e individuazione dei potenziali deficit informativi



La caratterizzazione parallela e omogenea dell'offerta di dati (repertorio) e della domanda di conoscenza (sistema di ascolto) consente di disporre di un "cruscotto" di sintesi che evidenzia il potenziale deficit conoscitivo costituito dalla necessità di determinate informazioni per specifiche aree problematiche di competenza dei vari attori coinvolti.

Bibliografia

- Intesa Stato Regioni Enti Locali. Prescrizioni tecniche per la produzione di DTM" in collaborazione con i ricercatori dell'Istituto di Geomatica e Fotogrammetria del Politecnico di Losanna.
- Federal Emergency Agency, FEMA. 2003. Guidelines and Specifications for Flood Hazard Mapping Center – Guidance for Aerial Mapping and Surveying.
- Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL.2001. Technical Specification for the Elaboration of Digital Elevation Model – version 161. versione italiana Intesa-Stato Regioni Enti Locali
- F. Camiciottoli, M. Redini, L. Surace. 2005. Tecnologia laser-scanning e rischio idraulico. Provincia di Arezzo, Servizio Difesa Suolo, Pacini ed, 2005.
- Barbarella M., V. Lenzi, F. Mancini. 2004. Indagine sulle linee guida esistenti per l'esecuzione di rilievi LIDAR aerei. Bollettino SIFET 3/2004
- M. Bondesan, R. Dal Cin, R. Dazzi, G. Galeati, A. Minarelli, P. Russo, U. Simeoni, E. Todini, M. Tomasino. 1990. Evoluzione fisica del delta padano. Po AcquaAgricolturaAmbiente, Vol. 2, Il Mulino, 1990
- L.Carbognin, J. Frankenfield Zanin, F. Marabini. 2000. Po river delta region, Italy. An overview of environmental evolution and land subsidence. CNR – ISDGM, Venezia. La Garangola ed, Padova
- Il metano in Polesine. Mihran Tchaprassian. 1988
- L. Caputo, L.Pieri, M.Unguendoli. 1970. Geometric investigation of the subsidence in the Po Delta. C.N.R. – Dinamica delle Grandi Masse. R.T. 3, 1970
- Per una storia delle estrazioni metanifere nel comprensorio di Ferrara e Rovigo. Di Mihran Tchaprassian. 1988
- Il metano in Polesine. Mihran Tchaprassian. 1988
- L. Carbognin, P. Gatto, F. Marabini. 1984. Guidebook of the Eastern Po plain (Italy). A short illustration about environment and land subsidence.
- L. Sortino. 1968. Alcune considerazioni sulla curva di esaurimento del fenomeno di abbassamento del suolo nel Polesine. Il giornale del Genio Civile 11-12. Nov-Dic 1969
- M.Favalli, M.T. Pareschi. 2004. Digital elevation model construction from structured topographic data: The DEST algorithm. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 109, F04004, doi:10.1029/2004JF000150, 2004
- S.Tarquini, I.Isola, M.Favalli, F.Mazzarini, M.Bisson, M.T. Pareschi, E.Boschi. 2007. TINITALY/01: a new Triangular Irregular Network of Italy. ANNALS OF GEOPHYSICS, VOL. 50, N. 3, June 2007

Allegati

1. Materiali consegnati da CGR-Blom

I dati acquisiti sono stati elaborati presso la CGR che ha consegnato all'Università di Venezia i seguenti prodotti:

Quadro d'unione delle tavole del rilievo laser in formato DXF (disponibili nei sistemi di coordinate Gauss-Boaga fuso Ovest e UTM-WGS84 fuso 32

Dati "Grezzi" delle tavole da 001 a 023 disponibili nel formato .all e nei seguenti sistemi di riferimento planimetrici ed altimetrici:

- a. Quote ellissoidiche – UTM WGS84 fuso 32
- b. Quote ortometriche - UTM WGS84 fuso 32
- c. Quote ortometriche – Gauss Boaga fuso Ovest

Dati "Ground" delle tavole da 001 a 023 disponibili nel formato XYZ e nei seguenti sistemi di riferimento planimetrici ed altimetrici:

- d. Quote ellissoidiche – UTM WGS84 fuso 32
- e. Quote ortometriche - UTM WGS84 fuso 32
- f. Quote ortometriche – Gauss Boaga fuso Ovest

Dati "Overground" delle tavole da 001 a 023 disponibili nel formato XYZ e nei seguenti sistemi di riferimento planimetrici ed altimetrici:

- g. Quote ellissoidiche – UTM WGS84 fuso 32
- h. Quote ortometriche - UTM WGS84 fuso 32
- i. Quote ortometriche – Gauss Boaga fuso Ovest

DTM (Digital Terrain Model) maglia 1X1 metro delle tavole da 001 a 023 disponibili nei formati ASCII e XYZ e nei seguenti sistemi di riferimento planimetrici ed altimetrici:

- j. Quote ellissoidiche – UTM WGS84 fuso 32
- k. Quote ortometriche - UTM WGS84 fuso 32
- l. Quote ortometriche – Gauss Boaga fuso Ovest

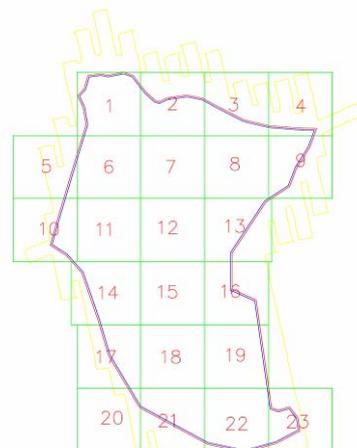
DSM (Digital Surface Model) maglia 1X1 metro delle tavole da 001 a 023 disponibili nei formati ASCII e XYZ e nei seguenti sistemi di riferimento planimetrici ed altimetrici:

- m. Quote ellissoidiche – UTM WGS84 fuso 32
- n. Quote ortometriche - UTM WGS84 fuso 32
- o. Quote ortometriche – Gauss Boaga fuso Ovest

"Shaded Relief" delle tavole da 001 a 023 in formato GEOTIFF nel sistema di riferimento UTM WGS84 fuso 32

N. 110 Fotogrammi carta colore cm 23X23 del rilievo fotogrammetrico effettuato con camera Wild RC30, focale mm 152.93, divisi in 7 strisciate

N. 110 Fotogrammi digitali acquisiti a 1800 dpi nel formato tiff untiled non compresso e contenuti in 23 dvd



Quadro d'unione delle tavole di rilievo

2. Materiali elaborati dal gruppo Ricerca Sit

Sono stati realizzati, dal gruppo SIT dell'Università di Venezia, i seguenti elaborati:

Formato GRID ESRI (ESRI Inc.) :

- quadro d'unione delle tiles del Digitalia in UTM32-WGS84
- quadro d'unione del rilievo laser in UTM32-WGS84 e Gauss-Boaga fuso Ovest

- mosaico DSM maglia 1x1 m quote ellissoidiche in WGS84 - UTM32
- mosaico DSM maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32

- mosaico DTM maglia 1x1 m quote ellissoidiche in WGS84 - UTM32
- mosaico DTM maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32

- mosaico della differenza altimetrica tra DSM Laser e DTM Laser, discriminante edifici, manufatti e vegetazione, in WGS84 – UTM32

- singole tiles Digitalia, interpolate dal TIN, maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32
- mosaico delle tiles Digitalia interpolate dal TIN, maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32

- Singole tiles delle differenze altimetriche tra DTM Laser e DTM Digitalia, in WGS84 – UTM32
- Mosaico delle differenze altimetriche tra DTM Laser e DTM Digitalia, in WGS84 – UTM32

Raster Grid MapInfo (MapInfo Corp.)

- quadro d'unione delle tiles del Digitalia in UTM32-WGS84
- quadro d'unione del rilievo laser in UTM32-WGS84 e Gauss-Boaga fuso Ovest
- mosaico DSM maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32
- mosaico DTM maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32
- mosaico delle tiles Digitalia interpolate dal TIN, maglia 3x3 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32
- mosaico della differenza altimetrica tra DSM Laser e DTM Laser, discriminante edifici, manufatti e vegetazione, in WGS84 – UTM32
- Mosaico delle differenze altimetriche tra DTM Laser e DTM Digitalia, in WGS84 – UTM32

Raster Arc ASCII Grid

- mosaico DSM maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32
- mosaico DTM maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32

- singole tiles Digitalia interpolate dal TIN, maglia 1x1 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32
- mosaico delle tiles Digitalia interpolate dal TIN, maglia 3x3 m quote ortometriche in WGS84 - UTM32
- mosaico della differenza altimetrica tra DSM Laser e DTM Laser, discriminante edifici, manufatti e vegetazione, in WGS84 – UTM32
- Mosaico delle differenze altimetriche tra DTM Laser e DTM Digitalia, in WGS84 – UTM32

3. Altri materiali cartacei e digitali

Carta del DTM da Laser Scanner in formato A0

Carta del DSM da Laser Scanner in formato A0

Carta del DTM Digitalia in formato A0

Carta delle differenze altimetriche tra DTM Laser e DTM Digitalia in formato A0

4. Ulteriore elaborazione dei dati (a cura del dott. Massimo Maso)

Una elaborazione integrativa dei dati forniti dalla CGR è stata inoltre effettuata dal dott. Massimo Maso, esperto nel settore dell'acquisizione ed elaborazione dati laserscan, al fine di analizzare i dati con pacchetti software specifici per il telerilevamento. La metodologia seguita è riportata di seguito.

Generazione dei modelli digitali

Lo strumento che permette di archiviare i dati relativi alle caratteristiche del territorio è quello denominato Digital Terrain Model (DTM). Sostanzialmente un DTM consiste in una matrice numerica georiferita nella quale sono contenuti i codici relativi a definite classi di archivio: a ciascuna cella del territorio viene associato il valore di un codice che identifica una classe di descrizione. Queste classi possono essere, per esempio, dati che descrivono specifiche caratteristiche vegetazionali, geotecniche, agronomiche, podologiche, litologiche ecc. L'associazione ad ogni cella del valore della sua quota media produce un Modello di Elevazione Digitale (DEM).

In questo lavoro, i dati che descrivono l'andamento della variazione dell'altezza sulla superficie, registrati dalla ripresa laserscanning (RAW data ALTM), sono stati modellati con i Pacchetti software Terrasolid, e con lo strumento di elaborazione e analisi di dati telerilevati ENVI 4.3

A partire dal piano quotato elaborato depurato dai punti ricadenti sulle superfici arboree, è stato prodotto il modello digitale del terreno in formato raster, con una griglia di celle regolari di dimensione uniforme di 1m x 1m.

In particolare, vista la delicata morfologia dell'area scansionata, in prossimità della costa e in larga parte ubicata a quota negativa rispetto il livello del mare, utilizzando tecniche di interpolazione spaziale si è applicato l'algoritmo ANUDEM sviluppato da M Hutchinson, ideato in modo specifico per la produzione di DTM che rispondono al requisito sintetizzato in "idrologicamente corretto".

La procedura di interpolazione scelta utilizza una tecnica iterativa di interpolazione alle differenze finite, che offre i vantaggi di efficienza computazionale dei metodi di interpolazione locali, quali quelli basati sui pesi dell'inverso delle distanze, ma senza perdite di continuità a livello globale di interpolazione, quali i metodi di kriging o splines.

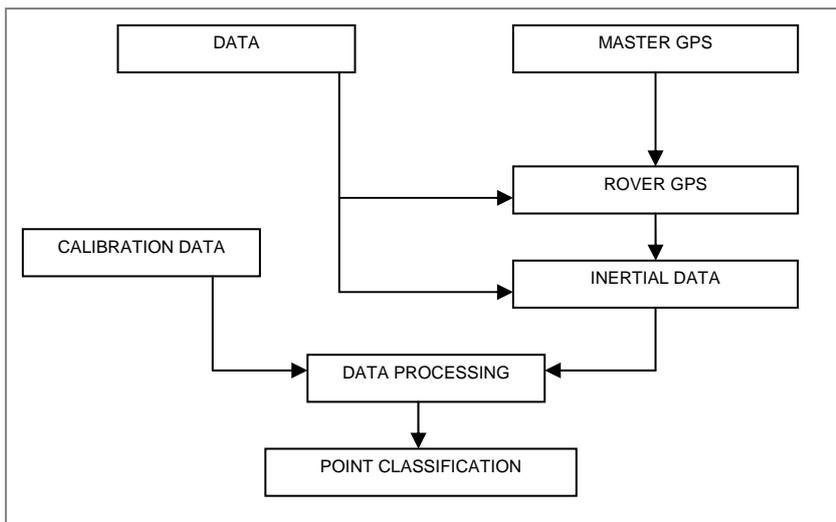
Si è scelto di rappresentare il DEM in formato raster IMG nonostante i file prodotti siano di grandi dimensioni, infatti gli stessi risultano caratterizzati da una alta risoluzione ed accuratezza costanti per tutta l'estensione del rilievo: aree con bassa variabilità spaziale dove i versanti sono debolmente inclinati vengono descritte con lo stesso numero di celle che servono a descrivere una morfologia con alte variazioni.

Utilizzando celle di grandi dimensioni si avrebbe una conseguente riduzione del dettaglio, con perdita di preziose informazioni su superfici accidentate.

Elaborazione dei dati laser

I dati laser acquisiti nelle operazioni di campagna sono stati elaborati, secondo lo schema riportato in figura.

Schema di elaborazione



I dati di calibrazione, sono stati acquisiti mediante misure ripetute ottenute sorvolando un'area campione predeterminata. All'interno di tale zone sono presenti alcuni elementi morfologici noti, dal punto di vista dimensionale, con un'accuratezza centimetrica.

I dati di calibrazione sono stati utilizzati per compensare le derive strumentali dell'intero sistema laser.

Il calcolo della traiettoria è stato effettuato mediante elaborazione GPS cinematica, in questa maniera e' stato quindi possibile ricostruire le traiettorie assolute dei voli , in questa fase I dati di posizione sono stati integrati con quelli inerziali acquisiti con una frequenza di campionamento di 200 Hz, ottenendo in pratica una soluzione di posizione ed orientamento del sistema ogni circa 0.17 m.

Utilizzando i parametri di posizione ed orientamento, i dati di range sono stati ricollocati spazialmente generando il prodotto base, sostanzialmente un file vettoriale contenente i dati di tempo GPS, vettore di posizione e valore di intensità di retrodiffusione del laser (ampiezza) per il primo ed ultimo impulso misurato.

Le elaborazioni sono state condotte ottimizzando i parametri di elaborazione sino ad ottenere valori dello scarto quadratico medio atteso accettabili.

Classificazione dei dati laser

L'intero volume di dati provenienti dall'acquisizione, dopo la descritta fase di post-elaborazione è stato elaborato al fine di generare i vari prodotti finali.

Come prima fase, dal set di dati acquisiti, è stato necessario depurare i dati grezzi da quelli macroscopicamente errati (outliners) generalmente associati a falsi ritorni misurati dal sensore laser, tale operazione è stata condotta con una analisi supervisionata dell'intero set di dati.

Successivamente, poiché il laser acquisisce la posizione (ed il valore di ampiezza di riflessione) del primo e dell'ultimo impulso, si è proceduto ad una classificazione del volume di dati al fine di attribuire ad ogni singolo punto un significato fisico specifico.

Dato che l'insieme dei dati relativi al primo impulso descrive un modello di terreno relativo a tutti gli elementi riflettenti presenti, risultano pertanto presenti tutte le superfici arboree ed arbustive, gli elementi antropici quali cavi elettrici, ponti, abitazioni, automobili, talora persone.

Al fine di depurare dall'insieme totale dei punti acquisiti (primo ed ultimo impulso) tutti questi elementi e definire solamente un sottoinsieme descrivente il terreno (dato ground) è stata effettuata una classificazione utilizzando specifici algoritmi basati su relazioni dimensionali e geometriche.

La classificazione è una operazione indispensabile per poter ottenere dati omogeneamente riferiti a specifiche classi che abbiano un significato reale, ovvero corrispondente ad elementi fisici presenti al suolo.

Il principale obiettivo è stato, come detto , quello di determinare il cosiddetto "ground" ovvero il terreno reale rimuovendo per quanto possibile la vegetazione (sia di alto fusto che quella erbosa) che gli edifici ed i manufatti in genere.

Una volta calcolata la superficie relativa al solo terreno, il modello digitale (DEM) è in pratica già realizzato, solamente per scopi di maggiore flessibilità e di riduzione delle dimensioni dei dati si è proceduto ad un ricampionamento su matrice regolare.

Dai dati classificati preventivamente come ground è stato definito un sottoinsieme rappresentante i punti che sono necessari per la generazione di una superficie di triangolazione di una accuratezza determinata a priori generando un dataset di dimensioni limitate dai punti classificati.

Il controllo della accuratezza è stato impostato mediante la definizione di due valori di tolleranza che identificano la distanza verticale fra un singolo punto da classificare ed un modello triangolato primitivo:

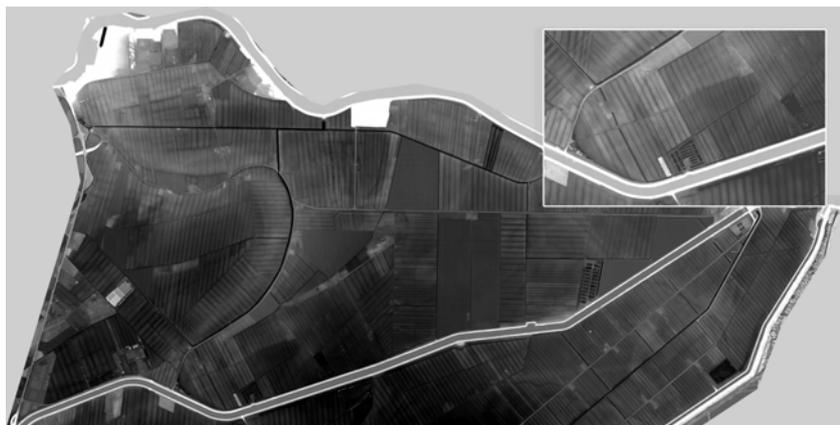
Il processo di classificazione di tipo iterativo, ha generato il prodotto definito come "model key point".

Allo scopo di facilitare l'utilizzo in ambiente GIS dei modelli digitali generati, è stata prodotta una mosaicatura ricampionata in formato .geotiff e .img dell'intera area di studio.

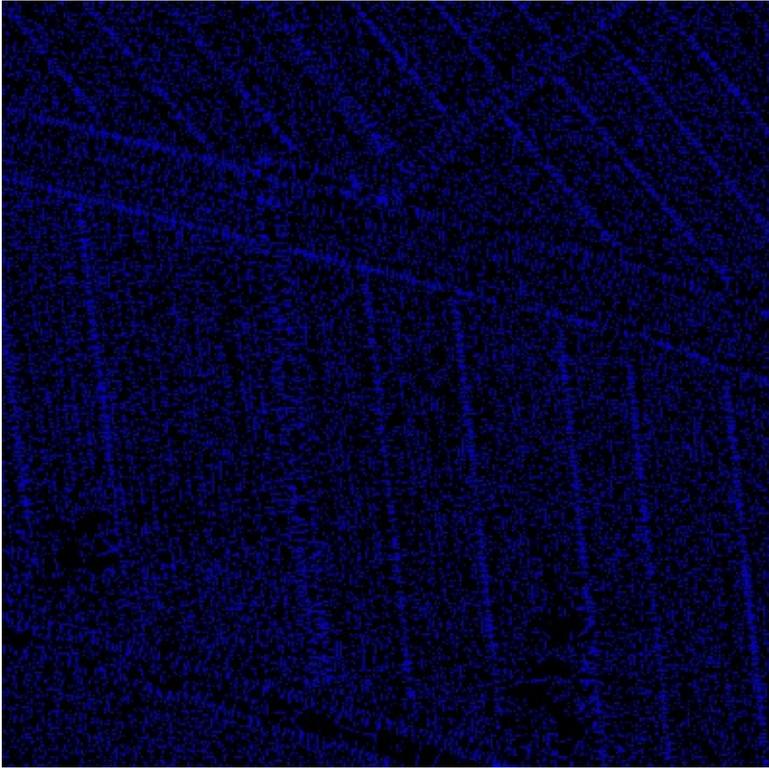
Alcuni risultati: shaded relief e network idraulico

L'elaborazione dei dati effettuata dal dott. Massimo Maso ha portato alla realizzazione di:

- Digital Surface Model B/N
- shaded relief map, ovvero una immagine ombreggiata dell'area del rilievo
- individuazione del network idraulico



DSM



Network idraulico



Shaded relief map

5. Le specifiche tecniche per la costruzione di modelli digitali del terreno da differenti fonti di dati

	Livello 0	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
Precisione in altezza su terreno scoperto	10 m	5 m	2 m	1 m	0.30 m	0.15 m
Precisione in altezza su vegetazione fitta	15 m	5 m	¼ dell'altezza della vegetaz.	¼ dell'altezza della vegetaz.	0.60 m	0.15 m
Spaziatura della griglia	20 m	20 m	20 m	10 m	5 m	5 m
Errore sistematico su terreno scoperto	< 5 m	< 2.5 m	< 1 m	< 0.5 m	< 0.15 m	< 0.08 m
Precisione planimetrica degli elementi del DEM	5 m	2 m	1 m	0.5 m	0.3 m	0.3 m
Break lines	Linee costiere di laghi, grandi fiumi e mari	Linee costiere di laghi, fiumi e mari e viadotti più alti di 10 m	Salti del terreno sup. 4 m, strade, ponti, diga, coste di laghi, fiumi e mari. Limiti di zone industriali e aree morte come specchi d'acqua.	Salti del terreno sup. 2 m, strade, ponti, diga, coste di laghi, fiumi e mari. Limiti di zone industriali e aree morte come specchi d'acqua o zone a bassa precisione	Salti del terreno sup. 0.60 m, bordi delle strade, ponti e dighe, coste di laghi, fiumi e mari e mezzeria di piccoli fiumi. Limiti di zone industriali e aree morte come specchi d'acqua, case o zone a bassa precisione	Salti del terreno sup. 0.30 m, bordi delle strade, ponti e dighe, coste di laghi, fiumi e mari. Limiti di zone industriali e aree morte come specchi d'acqua, case o zone a bassa precisione
Principali applicazioni	Ortofoto alla scala 1:10000, 1:5000 sulla base di immagini da satellite ad alta risoluzione (IKONOS) e solo prese verticali	Ortofoto alla scala 1:10000 da camere ad angolo normale (f=300mm) e Ortofoto alla scala 1:10000, 1:5000 sulla base di immagini da satellite ad alta risoluzione (IKONOS) e solo prese verticali	Ortofoto alla scala 1:10000 e 1:5000 con camere ad angolo normale (f=300mm), carte topografiche, studi ambientali, sistemazione idraulica dei bacini	Ortofoto alla scala 1:10000, 1:5000 e 1:2000 solo se prese con camere ad angolo normale (f=300mm), carte topografiche, studi ambientali, sistemazione idraulica dei bacini	Ortofoto in scala fino a 1:1000 e in scala 1:500 solo se prese con camere ad angolo normale (f=300mm) oltre varie applicazioni di ingegneria e pianificazione	Sistemazione idraulica dei bacini, applicazioni di ingegneria, ortofoto fino a 1:500
Aree di applicazione	Come sostituto in assenza di altri dati di più alta precisione disponibili	Zone di alta montagna con piccoli insediamenti	Aree remote con agricoltura estensiva	Zone in costruzione di modesto sviluppo e zone agricole di alto valore	Aree urbane, zone con rapido sviluppo edilizio	Aree con pendenze medie inferiori all'1% e rischi di inondazioni
Fonte dei dati	Dati I.G.M. bassa precisione	Regioni, I.G.M. dati recenti, AIMA	CT 1:10000, fotogrammetria, altimetro laser	CT 1:5000, fotogrammetria, altimetro laser e raccomandato per nuovi rilievi fotogrammetrici	CT 1:1000, scansione laser con controlli fotogrammetrici	CT 1:500, scansione laser con controlli fotogrammetrici

6. La geologia del Delta del Po

Evoluzione geologica del Delta

L'attuale situazione geomorfologia dell'intera valle del Po è il risultato di una serie di processi, naturali ed antropici, innescati nel corso dei secoli (Carbognin et al, 2000).

Nell'era Terziaria il Golfo dell'Adriatico si estendeva dalle Alpi agli Appennini ricoprendo la quasi totalità della attuale Pianura Padana, che iniziò a formarsi in seguito al deposito dei sedimenti alluvionali e alla formazione della Valle del Po

La formazione del sistema deltizio dell'attuale Po risale a circa 2000 anni fa, ed a quel periodo sono datati i cordoni litoranei e le dune fossili ancora visibili lungo la direttrice Ravenna-Chioggia.

La sua evoluzione morfologica è il risultato di una serie di eventi complessi che, nella sua storia recente, possono essere sintetizzati identificando due fasi deposizionali: fino al 1600 il sistema deltizio è caratterizzato da una forma cuspatata, mentre a partire dal 1600 il sistema passa dalla forma cuspatata alla lobata, con un forte aumento dei sedimenti trasportati ed un costante avanzamento della linea di costa.

Storicamente il Padoa era il principale ramo del Po, ma una rotta presso l'attuale Ferrara portò alla nascita di due nuovi rami: il Po di Primaro e il Po di Volano. Nel IX secolo la foce del Gaurus, un ramo del Po di Volano, occupava la zona dove ora si trova Mesola, mentre a sud si consolidava il cordone litoraneo che andava da Massenzatica fino al Delta del Po di Volano.

Nel XII secolo il processo di pensilizzazione del Primaro e del Volano era avanzato al punto da provocare frequenti esondazioni che culminarono, nel 1152, con la *Rotta di Ficarolo* e la formazione del nuovo letto principale del Po, diretto verso Nord.

Il nuovo ramo del Po, conseguente alla Rotta di Ficarolo, sfociava vicino a Donada e determinò nei secoli una sempre minore efficienza dei rami del Po di Volano e del Po di Primaro.

Tra il XIII e il XVI secolo il Po di Ariano, una diramazione del Po di Ficarolo passante per Ariano (oggi Po di Goro), si articolò in due rami di foce: quello propriamente detto di Goro, verso nord, e quello dell'Abate verso sud, tra i quali era compresa l'isola di Mesola.

Nel 1500 la parte meridionale della laguna di Venezia subiva un forte processo di interrimento causato dal continuo apporto dei sedimenti del Po, che metteva in pericolo l'attività portuale e gli scambi commerciali. Nel 1599 la Repubblica di Venezia iniziò la costruzione di un canale di 7 km che avrebbe deviato il corso del Po delle Fornaci verso Sud in località porto Viro. Il Taglio di Porto Viro, completato nel 1604, ebbe importanti conseguenze sulla morfologia e sull'assetto del territorio, portando ad un maggiore accrescimento della parte meridionale del sistema deltizio ed alla sua presente configurazione.

A partire dal 1600 la velocità di avanzamento della linea di riva aumenta di circa 20 volte rispetto al periodo precedente.. La velocità media di avanzamento della linea di costa dal VI sec B.C. (periodo Etrusco) fino al 1600 è stimata in circa 450 m/secolo. Dal 1600 fino agli inizi del 900 la velocità di avanzamento passa a circa 7 km/secolo. Questa importante

differenza è stata spiegata (Carbognin, 2000) attraverso le variazioni climatiche piuttosto che attraverso l'intervento antropico. Alla fine del 19° secolo Bruckner (1890) pubblicò lo studio sulle fluttuazioni climatiche in cui ipotizzava il succedersi di periodi freddi/umidi e caldi/secchi di alcune centinaia di anni. All'interno di periodi a grande scala, esistono i cicli di Bruckner, una serie di fluttuazioni cicliche di breve periodo, di circa 10-35 anni, di caldo/secco e freddo/umido.

Confrontando i maggiori eventi che hanno comportato l'evoluzione morfologica del delta con i cicli di Bruckner, emerge che la Rotta di Ficarolo è avvenuta in seguito ad un periodo climatico negativo, mentre il forte avanzamento del delta dal 1600 al 1820 è avvenuto durante quella che è chiamata "piccola Era Glaciale".

All'inizio del Settecento la foce del Po di Goro iniziò il proprio interrimento e, contemporaneamente, si ebbe la formazione di una nuova foce ad ovest del paese omonimo. Quest'ultima, non essendo sufficientemente profonda per essere navigata, venne chiusa ("Po Morto" di Goro) e il ramo vecchio del fiume venne rimesso in funzione, causando un'ulteriore avanzamento della linea di costa in direzione sud-est. Questa situazione determinò l'allungamento del tratto terminale del Canal Bianco e, per migliorare il deflusso di quest'ultimo, nel XVIII secolo fu costruita Torre Palù. Il continuo apporto sedimentario provocò un ulteriore avanzamento della linea di costa che portò, ai primi dell'Ottocento, la foce del Po di Goro all'altezza dell'attuale Gorino e, alla metà del secolo successivo, fece raggiungere la posizione odierna, quando si delineò la morfologia attuale della Sacca di Goro.

A partire dal 1900 l'accrescimento del delta si è praticamente arrestato: la quantità di sedimenti trasportati è notevolmente diminuita sia per effetti climatici sia per gli interventi umani (sistemazione idrogeologica dei bacini montani, creazione di sbarramenti, estrazione di sabbie e ghiaie dagli alvei) e, a partire dalla seconda metà del novecento, a causa dei tremendi effetti della subsidenza antropogenica

Diminuzione del trasporto solido

Attualmente il delta è formato di 5 foci principali e da 14 bocche secondarie. La sua superficie è per lo più costituita dai terreni bonificati ed in parte da lagune e valli.

La subsidenza

La subsidenza è un lento abbassamento della superficie del suolo che assume particolare gravità in quelle aree di pianura che si trovano a quote poco superiori a quelle del livello del mare o della superficie delle acque sotterranee.

La subsidenza è da attribuire sia a cause naturali sia antropiche.

Cause naturali di lungo periodo:

- movimenti verticali dovuti a fenomeni tettonici su scala regionale
- costipazione naturale dei terreni di recente deposizione
- ossidazione di materiali organici

Cause antropiche di breve periodo:

- bonifica per colmata
- estrazione di acque da falde acquifere
- depressurizzazione di giacimenti di idrocarburi

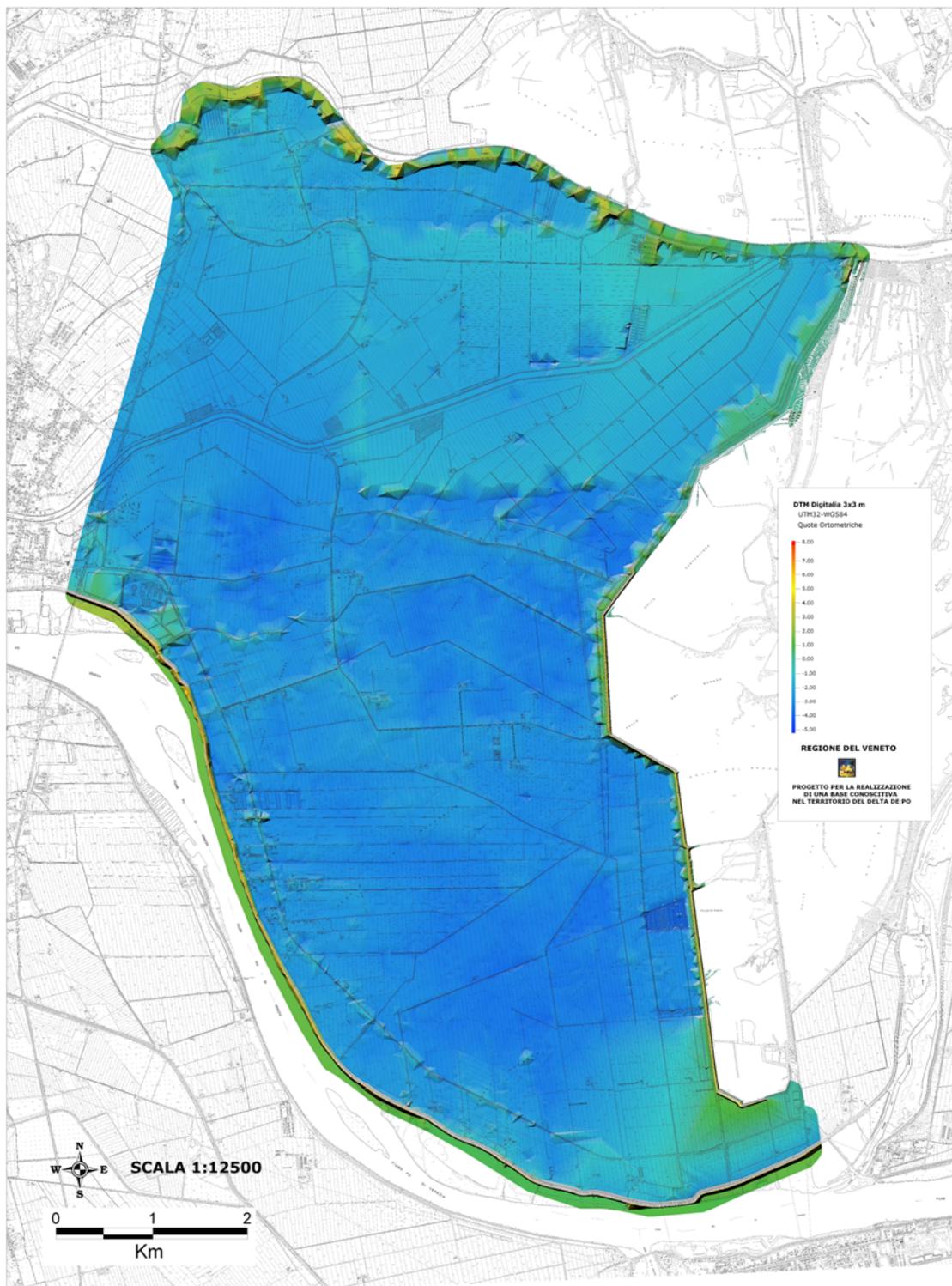
Le cause naturali della subsidenza nel territorio del Delta sono principalmente connesse alla compattazione naturale dei sedimenti fini ed al carico geostatico. L'abbassamento è inoltre maggiore per le aree in prossimità del mare. Le misurazioni altimetriche effettuate dal 1900 al 1957 (Salvoni, 1957) stimavano la subsidenza naturale media intorno a 5 mm/anno.

L'effetto della subsidenza sull'altimetria va inoltre a sommarsi, nelle zone costiere, al positivo eustatismo: il livello medio del mare del Nord Adriatico si è elevato di 1,13 mm/anno nel periodo 1896-1993 (Carbognin e Taroni, 1993) .

Dal 1950 al 1970 l'intenso sfruttamento dei giacimenti metaniferi del Basso Polesine ha provocato un drammatico abbassamento del suolo ed un importante mutamento nelle dinamiche ambientali. Tra il 1950 ed il 1957 la velocità di abbassamento del suolo nel cuore del Delta, in località Contarina, era arrivata a 30 cm all'anno tanto che, nel 1963, il Ministero dei Lavori Pubblici ordinò la sospensione dell'estrazione delle acque metanifere. Nei successivi 5 anni il livello piezometrico era stato ristabilito e la velocità di abbassamento fortemente ridotta.

Tra il 1967 ed il 1974 la velocità media di sprofondamento era fortemente diminuita, pari a 1,4 cm/anno, anche in quelle aree che 15 anni prima mostravano abbassamenti di 20 cm/anno. Nel 1982 la velocità di abbassamento del suolo si aggirava intorno a 1 cm/anno.

*Velocità di
abbassamento del
suolo di 1 cm/anno nel
1982*



TIN progetto Digitalia. Si evidenziano le aree con situazione altimetrica al di sotto dei 3 m. Verso la fine del 1957 fu constatato, dalle livellazioni del Consorzio di Bonifica Padano-Polesano, che gli argini del Collettore Padano-Polesano, realizzato alla fine dell'800, si erano abbassati al punto che i franchi sulle massime piene erano quasi scomparsi. L'entità degli abbassamenti era di circa:

- oltre 3 m a Cà Ventramin, Villaregia, Cà Pisani, Cà Cappellino, Gramignara e Contarina
- oltre 2 m alla Conca di Volta Grimana, Rosolina, Loreo, Panarella, Bosaro
- oltre 1,5 m ad Adria, Bottrighe, Curichi

Il collettore risentì degli effetti della subsidenza e, il 19 aprile 1958, l'argine destro a 2500 m a valle del ponte Gramignara cedette, in località Mea, causando l'allagamento del sottobacino Sadocca nel Comune di Contarina.

Estrazioni metanifere

La disponibilità di fonti di energia è sempre stato un elemento fortemente condizionante lo sviluppo economico nazionale.

La scoperta di notevoli quantità di gas metano nel Polesine e nel Ferrarese aveva suscitato forti aspettative in una delle zone più economicamente sfavorite ed arretrate del paese (Tchaprassian, 1988)

Le vicende accadute dagli anni 30 agli anni 60 nel Polesine hanno coinvolto alcune grosse società e una miriade di piccoli produttori privati che, in un clima da pionieri d'altri tempi, contribuirono non poco alla rivalutazione e alla scoperta della risorsa metano. Ma molte iniziative non si concretizzarono, il metano veniva incanalato con i metanodotti verso altre province (Padova, Marghera, Verona...) e la manodopera impiegata era tale da non modificare sostanzialmente le condizioni sociali dell'area. La popolazione, ed in particolare gli agricoltori, cominciarono a nutrire ostilità verso i metanieri a causa delle gravi conseguenze ambientali derivate dall'estrazione. L'inquinamento delle acque, ma in particolare, l'imponente fenomeno dell'abbassamento del suolo in una zona già con condizioni idrografiche critiche, portò a gravi conseguenze per la popolazione e gli agricoltori, e portò alla chiusura dei pozzi dall'inizio degli anni 60.

Già dagli inizi del secolo vari coloni nella pianura padana orientale estraevano gas naturale per uso proprio. Lo sfruttamento industriale iniziò dapprima nella provincia di Ferrara, tra il 1928-29, nel territorio tra Argenta e Codigoro, mentre nel Polesine la prima rilevazione di metano è del 1934, quando in un sondaggio nel comune di Donada, località Cà Cappello, allo scopo di trovare acqua potabile, fu invece rinvenuto metano.

Nel periodo seguente, la ricerca del metano assunse due tendenze diverse: in provincia di Ferrara la ricerca verteva principalmente su gas non emulsionato ad acqua, con metodi e tecniche alla portata di società capaci di una reale concorrenza all'Agip, come SPI (Società Petrolifera Italiana) e SIN (Società Idrocarburi Nazionali). Nel Polesine la produzione e la ricerca era un investimento facile per piccole e medie imprese, poiché si estraeva metano disciolto in acque salate di falda impregnanti gli strati del quaternario. Negli anni '40 l'industria del metano, per quanto frammentaria e in mano all'iniziativa privata, fu ai massimi livelli di quella nazionale, ed impiegava mediamente 700-1000 addetti, con un indotto stimato di circa 2000 persone.

L'Agip non dimostrò mai interesse per il metano del Polesine: la presenza di acqua e la bassa vita media dei pozzi (8-10 anni) rendevano l'estrazione più costosa e non remunerativa.

Il maggiore sviluppo della risorsa metano si ebbe nel secondo dopoguerra: nel 1949 la produzione nazionale era salita a 247 milioni di mc anno, aumento dovuto in buona parte ai produttori polesano-ferraresi, che superavano i 100 milioni di mc anno.

Nello stesso periodo si diffondevano inoltre gli usi del metano per gli impieghi domestici, di riscaldamento, nei trasporti e nella chimica.

Ma crescevano anche diffidenze e scontri. Nel Polesine si moltiplicavano ditte e perforazioni, premevano sulla pubblica amministrazione sempre nuove richieste di permessi da parte di privati, che andavano ad alimentare le diffidenze tra settore privato e quello pubblico. Come reazione, si fa sempre più netta la resistenza dell'Agip all'ingresso nella ricerca e produzione dei privati. Nel 1949 divamparono le polemiche, da parte dei produttori privati, per la possibile nazionalizzazione delle risorse energetiche e sul monopolio pubblico chiesto dall'Agip sulla Valle Padana.

La scoperta di Cortemaggiore sancì, indirettamente, la priorità dell'Ente di Stato sullo sfruttamento delle risorse della Valle Padana.

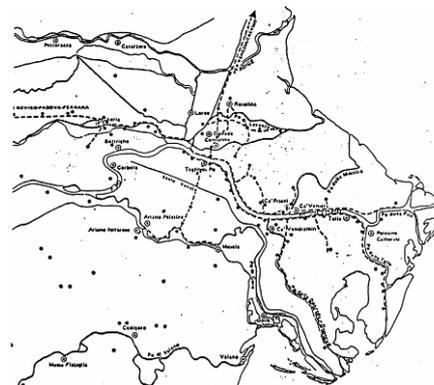
Le difficoltà ed i problemi legati alle estrazioni metanifere non erano comunque legati esclusivamente alle questioni politiche. L'estrazione del metano causava un grave inquinamento: le acque salate in cui era disciolto venivano infatti, a seguito della separazione, immesse in canali di scolo, causando morie di pesci e danni alle colture. La questione si protrasse dagli anni 30 alla chiusura definitiva dei pozzi negli anni 60 senza che venne mai trovata una soluzione efficace. Ulteriore problema fu la richiesta dei produttori metanieri di perforare anche ai piedi delle arginature ed in golena, cui si opponeva il Genio Civile di Rovigo. Nel 1952 una circolare del Ministero dei lavori Pubblici vietava le trivellazioni entro 30 metri dagli argini, distanza considerata non sufficiente da garantire la sicurezza, specie considerando le piene del Po

Agli inizi degli anni 50' la crisi colpì l'industria privata, in particolare quella del Polesine, proprio a causa dei vantaggi dell'estrazione del gas secco, più competitivo e meno inquinante.

Nel 1952 la produzione nazionale superò il miliardo di mc/anno ma il contributo della produzione polesana rispetto a quella nazionale era già drasticamente calato, considerato che il massimo della produttività in Polesine ci fu nel 1959 con 282 mc/anno.

Nel 1953 fu istituita l'ENI, cui fu affidata in esclusiva la quasi totalità della Valle Padana, diritto poi sancito nel 1957 quando fu approvata la nuova legge sugli idrocarburi, lasciando la possibilità di operare alle industrie private delle province di Rovigo e Ferrara solo entro le facies geologiche del Quaternario (non oltre i 1200 m).

La crisi provocò una diminuzione dell'occupazione ed anche della sicurezza, nonché l'inasprimento della concorrenza e l'abbassamento dei prezzi anche al di sotto dei costi stessi di estrazione. Nel 1954 il prezzo di vendita era di 9,29 lire/mc contro le oltre 24 lire/mc del settembre 1947. Nel 1954 i produttori privati locali iniziarono uno sciopero che fece mancare il gas agli altoforni di Porto Marghera, fermando il ciclo produttivo e l'operatività di oltre 25.000 addetti. Nel marzo 1956, dopo quasi 5 anni di trattative, furono stipulati accordi con l'ENI che davano nuovo ossigeno alle industrie metaniere del Polesine. L'ENI si sarebbe impegnata a riconoscere i diritti e le rivendicazioni delle imprese polesane-ferraresi se queste si fossero impegnate ad aumentare la produzione. Per aumentare la produzione fu necessario praticare il richiamo delle acque metanifere, che non sgorgavano più naturalmente alla superficie, come accadeva nel 1950, in proporzione di 1 a 1 tra la quantità di acqua e quella di gas. La tecnica, che consisteva nell'iniezione di gas sotto pressione o di pompe rotatorie nei pozzi, raddoppiò l'emungimento di gas ma provocò la diminuzione della proporzione acqua estratta/gas che passò ad 1,4 : 1. La produzione del metano richiedeva l'estrazione di una grande quantità di acqua, con conseguente drammatico abbassamento del livello piezometrico di oltre 40 m in pochi anni ed importante incremento del fenomeno della subsidenza, già in atto sul territorio, attraverso la compattazione degli strati dei sedimenti imbevuti nelle acque metanifere.



Area del bacino gassifero polesano. Sono riportate la vecchia rete di metanodotti (linee tratteggiate) e la localizzazione delle centrali di compressione (punti neri). (G.Brighent, G.Vidalì 1983)

Nel 1951 si abbatte su queste terre una catastrofica alluvione del Po, e subito dopo comincia a delinarsi in tutta la sua gravità il fenomeno dell'abbassamento del suolo, specie nella zona orientale, da Adria al mare.

Il fenomeno dell'abbassamento fu riscontrato per la prima volta nel 1953 ed inizialmente venne considerata la possibilità che fosse causato dal costipamento conseguente alla bonifica. Fu infine rilevato che i maggiori abbassamenti di suolo erano in corrispondenza delle aree di estrazione del metano per cui nel 1956/57 furono istituite due commissioni d'indagine. Il 1959 fu l'anno di massima produzione di metano, ma anche l'anno di rottura tra il mondo metanifero e quello agricolo, mossi da interessi contrastanti. L'inquinamento, ma soprattutto la subsidenza metteva in pericolo la produzione agraria, pregiudicando le colture ma anche l'esistenza fisica di vaste aree del Polesine.

I danni dovuti alla subsidenza furono gravissimi, soprattutto per i terreni di recente bonifica del Delta del Po, per le opere di difesa a mare, e per le molte alluvioni che colpirono il delta negli anni 50 e 60. Gli argini non furono più in grado di contenere le piene (una rotta dell'argine sinistro del Po di Goro allagò nel 1957 l'isola di Ariano), i canali soggetti a continue tracimazioni, i territori sempre più difficili da prosciugare.

Nel 1960 vennero sospese volontariamente le estrazioni di 26 centrali metanifere su 10 mila ettari. Nel 1963, dopo la chiusura sperimentale dei pozzi del Delta e ad est di Adria, fu sospesa l'attività estrattiva in tutto il territorio della provincia di Rovigo. Nel 1965 chiude l'ultima centrale a Pomposa (FE).

Gli effetti sull'idrografia e sull'uso del suolo

Il fenomeno della subsidenza ha portato una escalation, in termini di gravità e portata dei danni, di inondazioni e straripamenti.

La piena del Po del 1951 e la conseguente disastrosa alluvione sono stati inquadrati come eventi fisiologici del fiume stesso.

In seguito, dal 1952 al 1966-67, si abatterono una serie di alluvioni che devastarono sia le zone litoranee sia quelle interne. Tra il 1952 e il 1953 molte di esse interessarono gli argini a mare dell'Isola di Camerini, per tracimazione o rotta delle arginature; il taluni casi anche le località di Bonelli e Cà Venier furono coinvolte. Fino al 1956 le alluvioni interessarono principalmente zone litoranee, a causa dei danni provocati alle foci dalla grande alluvione del 1951.

Ma dal 1957 le gli eventi alluvionali interessarono nelle zone più interne e sono da collegarsi invece soprattutto al fenomeno dello sprofondamento del suolo.

Nel 1957 le rotte interessarono l'argine sinistro del Po di Goro dell'Isola di Ariano, a valle dell'idrovora di Cà Vendramin causando la distruzione di numerose abitazioni; gli argini della bocca del Po "Busa Bastimento", del Po di Tolle, dell'argine "Busazza" e, a novembre, la rotta contemporanea dell'argine a mare della Sacca di Scardivari, dell'argine destro del canale "Nuora", dell'argine di contermini della bonifica "Cà Renier" che causò l'allagamento di 6000 ettari da 88 milioni di mc d'acqua.

Verso la fine del 1957 fu constatato, dalle livellazioni del Consorzio di Bonifica Padano-Polesano, che gli argini del Collettore Padano-Polesano, realizzato alla fine dell'800, si erano abbassati al punto che i franchi sulle massime piene erano quasi scomparsi. L'entità degli abbassamenti era di circa:

- oltre 3 m a Cà Ventramin, Villaregia, Cà Pisani, Cà Cappellino, Gramignara e Contarina
- oltre 2 m alla Conca di Volta Grimana, Rosolina, Loreo, Panarella, Bosaro
- oltre 1,5 m ad Adria, Bottrighe, Curichi

Il collettore risentì degli effetti della subsidenza e, il 19 aprile 1958, l'argine destro a 2500 m a valle del ponte Gramignara cedette, in località Mea, causando l'allagamento del sottobacino Sadocca nel Comune di Contarina.

Nel 1960 si ha la rotta dell'argine sinistro del Po di Goro, in cui quasi 400 case furono danneggiate e 8500 ettari allagati con 250 milioni di mc di acqua.

Il 4 novembre 1966 la drammatica tracimazione e rotta in più punti dell'argine a mare della Sacca degli Scardovari, che causò l'allagamento dell'intera Isola della Donzella con 300 milioni di mc di acqua su quasi 9000 ettari di terreni di cui 6.500 bonificati. Ingenti i danni: 8000 persone dovettero abbandonare le case per più di sei mesi

Il territorio del Delta prima del fenomeno bradisistico era caratterizzato da una elevata produttività naturale dei terreni, a causa dei sedimenti fluviali depositati durante le alluvioni, ma era anche caratterizzato dalla forte necessità di difese idrauliche e dai processi di bonifica effettuati nel corso degli anni.

Già nel X secolo i monaci Benedettini dell'Abbazia di Pomposa avviarono, sotto la giurisdizione della Chiesa Ravennate, numerosi interventi di bonifica delle zone paludose. Nel 1152, con la Rotta di Ficarolo e lo spostamento del ramo principale del Po verso Nord, il lavoro di bonifica dell'area fu completamente distrutto. I monaci furono costretti a rifugiarsi a Ferrara dove avviarono un'altra importante opera di bonifica, con lavori di costruzione di argini, di canali e di chiaviche e adattamenti viari nel territorio Ferrarese orientale.

Dal 1500 l'attività dei primi Consorzi ha permesso il razionale prosciugamento dei terreni sui quali si sviluppava l'economia agricola.

Nel periodo tra il 1566 e il 1580, per prosciugare la grande area paludosa che si era formata tra Copparo, Codigoro e Mesola (Polesine di Ferrara o di San Giovanni) e fornire terreni all'agricoltura, gli Estensi attuarono il progetto di bonifica noto come Grande Bonificazione Estense. La Bonificazione fu effettuata con il metodo dello scolo, tecnica mediante la quale le acque paludose vengono fatte defluire in fossi, canali e collettori emissari e portate verso il mare. Per consentire il deflusso a mare delle acque di scolo, come opere principali furono scavati i Canali Bentivoglio e Alfonso (prosecuzione del preesistente Canal Bianco) e costruite la Chiavica dell'Abate e quella di Volano.

Il Taglio di Porto Viro nel 1604 ebbe grandi conseguenze sull'assetto del territorio ferrarese e sulle opere della Grande Bonificazione: il Porto e la Chiavica dell'Abate vennero rapidamente interrati dalle deposizioni di sabbia, mentre il Porto di Volano e la chiavica omonima furono sommerse dalle acque marine. L'inefficienza che si venne così a determinare nel sistema di scolo fu ulteriormente aggravata da un concomitante peggioramento del clima, con conseguenti alluvioni, e dalla subsidenza del territorio, tanto che nel giro di pochi anni si ebbe il fallimento di quest'opera di bonifica e il ritorno degli acquitrini.

Dalla grande alluvione del 1951 la bonifica del Polesine ha subito un brusco arresto sia a causa degli effetti dell'alluvione stessa, sia a causa della subsidenza che ha comportato il continuo e generalizzato sollevamento delle acque interne e l'alterazione pressoché totale dell'ordinamento idraulico.

Da allora infatti le risorse si sono concentrate sulla ricostruzione:

- delle quote arginali dei corsi d'acqua, per il ripristino dei margini di sicurezza
- della consistenza degli argini, ridimensionati per contenere le spinte idrostatiche
- dell'efficienza del sollevamento delle acque nei territori bonificati
- delle arginature a mare di prima e seconda linea

Le bonifiche del Polesine ed il dimensionamento dei canali collettori erano stati progettati per sfruttare le esigue pendenze e le caratteristiche delle macchine idrovore erano state contenute secondo i limiti economicamente convenienti e le condizioni altimetriche del momento. Dal 1954 queste condizioni non erano più sufficienti e si sono verificati una serie di inconvenienti tra cui:

- inversione delle pendenze di fondo di alcuni collettori di bonifica, per cui le acque ristagnavano nei terreni rendendone impossibile la coltivazione
- variazioni nella differenza del livello fra il pelo dell'acqua nei canali di arrivo e nei canali di scarico delle idrovie, con diminuzione dell'efficienza delle idrovore anche del 60-70% e notevoli ritardi dei deflussi
- aumentata differenza fra i livelli dello zero dei terreni di bonifica e dei canali, a seguito del quale si ha un aumento delle infiltrazioni attraverso le arginature, per cui il coefficiente di deflusso, dato dal rapporto tra volume sollevato e volume delle precipitazioni, è passato dai valori di 0,30-0,40 prima dell'abbassamento a 1,20-1,40. Le pompe idrovore sono quindi costrette a funzionare tre-quattro volte più a lungo

Lo sconvolgimento della rete ha comportato l'esecuzione di numerose opere ed ingenti investimenti economici per fare fronte ai vari inconvenienti che si venivano a creare. Un esempio è l'opera realizzata a seguito dell'inversione di pendenza del Collettore padano Palesano, che si è trovata nell'assoluta impossibilità di fare defluire le acque nel Po di Lavante. Nel 1958 fu costruito quindi un impianto idrovoro a monte della Chiavica Emissaria del Collettore e due impianti sussidiari a Cavanella Po e Botte Paleocapa. La costruzione di impianti idrovori è sostitutiva delle opere di rialzo e ringrosso arginale, che avrebbero consentito al Collettore di mantenere la pendenza naturale, ma erano eccessivamente onerose.

Dagli anni 60' in poi è iniziato un piano di riassetto del territorio, con l'obiettivo di razionalizzare il sistema idraulico, installando impianti di sollevamento provvisori. Se, infatti, la subsidenza e l'alluvione fecero arrestare il processo bonificatorio in atto ed impiegare moltissime risorse nella ricostruzione e nel fronteggiare nuove situazioni critiche, la bonifica delle paludi e delle valli da pesca continuò il processo di sviluppo del Delta.

Ulteriori opere realizzate nell'ottica dell'adeguamento della rete furono: nel 1977 l'idrovora Goro nel comprensorio "Isola di Ariano", nel 1980 l'idrovora Cà Dolfin nell'"Isola della Donzella"; nel 1989 idrovora Vallesina nel Comune di Donada.

L'abbassamento del suolo ha avuto conseguenze deleterie anche sull'irrigazione. I territori del Delta, senza un adeguato piano irriguo sarebbero condannati alla salsedine ed alla sterilità.

8. Convenzione

3° rif	
Università Iuav di Venezia - Archivio Ge	
REFERTORIO CONTRATTI	
Repertorio n. 78	1.2006
Prot. n. 1083	del 23/01/06
Anno	Tit. IV C15 Fasc

ACCORDO DI PROGRAMMA TRA
LA REGIONE VENETO e
L'UNIVERSITA' IUAV DI VENEZIA

PER LA REALIZZAZIONE DI UN PROGETTO DI RICERCA
PER UNA "BASE DI CONOSCENZA"
NEL TERRITORIO DEL DELTA DEL PO

La Regione del Veneto, con sede in Venezia, Dorsoduro 3901, codice fiscale 80007580279, rappresentata dall'ing. Maurizio De Gennaro, nato a Brindisi il 30.12.1954, domiciliato presso la sede dell'Ente, in qualità di Dirigente dell'Unità di Progetto per il Sistema Informativo Territoriale e la Cartografia, delegato alla stipula del presente atto con deliberazione delle Giunta Regionale del Veneto n. 4372 del 30.12.2005;

L'Università IUAV di Venezia, di seguito denominata IUAV, c.f. 80009280274 in persona del Rettore Prof. Marino Folin, nato a Venezia il 29 gennaio 1944, domiciliato per la carica presso l'Università IUAV: Santa Croce, 191 -30135 Venezia, legittimato alla firma del presente atto con decreto rettorale del 13 gennaio 2006, in corso di registrazione;

Premesso che

- la Regione del Veneto e l'Università IUAV di Venezia hanno sottoscritto in data 12 gennaio 1998 il protocollo d'intesa per lo sviluppo di attività di collaborazione, confronto e sviluppo nel campo della cartografia, dei sistemi informativi urbani e territoriali e del loro utilizzo per la gestione del territorio, il quale prevedeva lo scambio gratuito dell'informazioni territoriali tra i due Enti;
- la Regione del Veneto e l'Università IUAV di Venezia hanno sottoscritto, in data 28 febbraio 2005, la Convenzione per il progetto per la realizzazione dell'archivio digitale di tutto il patrimonio aerofotografico del territorio regionale e la costruzione di un sistema informativo basato su tecnologie Web-GIS.

Preso atto che

- la Regione del Veneto ha svolto la funzione di Regione capofila per l'area centro nord in attuazione dell' "Accordo per la integrazione dell'intesa sul sistema cartografico di riferimento ed l'accelerazione delle procedure attuative dello stesso", relativo all' "Intesa Stato – Regioni ed Enti Locali per la realizzazione dei sistemi informativi geografici di interesse generale";

M. De Gennaro *M. Folin*

- il Comitato Tecnico di Coordinamento, nel 2001, ha approvato il "Programma di dettaglio", con la ripartizione delle risorse disponibili prevedendo di assegnare alla Regione Veneto la somma di £. 155.628.126, pari ad € 80.375,22, per la realizzazione dell'Azione B6 "Definizione delle specifiche comuni sui DTM e ortofotocarta digitali e realizzazione dei DTM a copertura nazionale idonei alla produzione di ortoimmagini ed all'elaborazione su area vasta di dati 1:10000, contenente le "break lines" morfologiche realizzabili";
- la Regione del Veneto ha acquisito il DTM elaborato dal CNR di Pisa, con il progetto Digitalia, in attuazione dell'Azione A2: "DTM a copertura nazionale nel sistema WGS84 integrato con le informazioni disponibili degli Enti ed Amministrazioni firmatarie della stessa Intesa Stato Regioni, il quale prevedeva la copertura di tutto il territorio nazionale con un modello del terreno a maglia triangolare. Questo ha permesso di non utilizzare l'importo previsto per la realizzazione del DTM dell'azione B6, di € 80.375,22;
- il terzo Programma del Unità Complessa per il SIT e la Cartografia, ora Unità di Progetto, approvato con Delibera della Giunta Regionale n 2591 del 08.08.2003, prendendo atto della rapida evoluzione dei nuovi strumenti tecnologici come l'uso delle immagini da satellite ad alta risoluzione, della fotogrammetria digitale, delle piattaforme inerziali nelle riprese aeree, del laser scanning per i rilievi plano-altimetrici di particolare precisione, del GPS in ogni attività di rilievo e che tra le attività da sviluppare di particolare rilievo risulta quella dell'aggiornamento tecnologico.

Considerato che

- il territorio del Delta del Po è caratterizzato da alcune importanti problematiche di carattere geologico, idraulico ed ambientale che hanno condotto all'attuale situazione altimetrica con numerosi territori del Delta del Po situati sotto il livello del mare, con depressioni medie di circa -2 m, e che necessitano della costruzione di opere di bonifica e canalizzazione delle acque ed opere di difesa a mare;
- la Regione del Veneto al fine di disporre di dati altimetrici necessari alle politiche di difesa del suolo, in particolare allo studio dell'abbassamento del suolo (subsidenza), ha in corso una collaborazione con l'IGM e l'Università di Padova per l'attuazione nel territorio del Delta del Po di linee di livellazione di alta precisione appartenenti alla rete altimetrica fondamentale;
- l'Università IUAV di Venezia - Dipartimento di Pianificazione da molti anni sviluppa attività di ricerca e di ricerca applicata sui temi delle tecnologie per il trattamento informatizzato dei dati territorio e ambiente anche in collaborazione con grandi istituzioni nazionali, come l'Istituto Geografico Militare;

Quina *AR*

- presso lo stesso Dipartimento opera un consistente gruppo di docenti, ricercatori e assegnisti di ricerca impegnati sui temi di ricerca relativi al trattamento dei dati provenienti da sistemi di rilevamento da piattaforma aerea e satellitare, in colloquio permanente con Enti e Istituzioni pubbliche per tutti gli aspetti relativi alle ricadute applicative delle ricerche;
- IUAV – DP ha avviato un dibattito per l’attivazione di un nuovo dottorato di ricerca sui temi delle tecnologie per il trattamento dei dati territorio-ambiente e sull’uso dei modelli digitali del terreno (DSM, DTM) e, in questa prospettiva, si auspica l’attivazione di assegni di ricerca per giovani ricercatori da orientare verso i temi descritti.

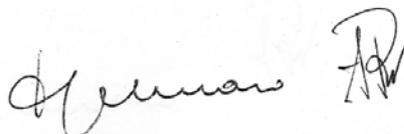
Valutato che

- la complessità dei problemi presenti nell’area del Delta del Po ha indicato la necessità di un approfondimento conoscitivo attraverso un progetto di ricerca da condividere tra la Regione del Veneto e l’Università IUAV di Venezia per la realizzazione di uno schema metodologico che possa definire proposte conoscitive, integrate dalle nuove tecnologie in una infrastruttura dati orientata progettualmente;
- l’obiettivo del progetto è la realizzazione di una “base di conoscenza” nel territorio del Delta del Po, mediante realizzazione di Digital Surface Model con sistema laserscanner aviotrasportato ed integrazione delle risorse informative esistenti, possibilmente in serie storica;
- il Quadro Informativo finale sarà delineato in funzione delle tematiche che maggiormente caratterizzano il territorio del Delta quali: Sicurezza/difesa del suolo e rischio idraulico, Salvaguardia e valorizzazione dell’Ambiente, Trend evolutivi dell’uso del suolo e Geologia e Geomorfologia e coinvolgendo numerosi soggetti istituzionali e privati;
- il progetto è stato presentato dalla Regione Veneto al Comitato Tecnico di Coordinamento dell’IntesaGIS che ne ha preso atto dei contenuti tecnici e della utilizzazione dei fondi, a disposizione della Regione del Veneto, della citata Azione B6.

tutto ciò premesso, tra le parti si conviene e si stipula quanto segue

ART. 1 - Oggetto della convenzione

Il presente Accordo di Programma tra la Regione del Veneto e l’Università IUAV di Venezia è finalizzato al progetto di ricerca per la realizzazione di una “Base di Conoscenza” nel territorio del Delta del Po, con la definizione di uno schema metodologico per proposte conoscitive territoriali,



integrate dalle nuove tecnologie in una infrastruttura dati orientata progettualmente.
I contenuti della ricerca sono descritti nel Progetto di ricerca che è parte integrante del presente atto.

ART. 2 – Impegni dell'Università

La ricerca prevede l'uso dei dati socio/economici, territoriali ed ambientali in grado di ricostruire il quadro conoscitivo, in proiezione storica, dei principali processi in atto nell'area del Delta del Po.

Il Quadro informativo, costituito dal DSM acquisito ex-novo tramite laser scanner aviotrasportato su cui verranno sovrapposti strati informativi dell'infrastruttura dati che si verrà a realizzare, sarà orientato verso i principali temi che caratterizzano il territorio del Delta del Po (sicurezza/difesa del suolo e rischio idraulico, salvaguardia e valorizzazione dell'Ambiente, trend evolutivi dell'uso del suolo, ...)

Si prevede, nel corso della ricerca, la mappatura delle risorse disponibili presso i soggetti istituzionali coinvolti, al fine dell'integrazione delle informazioni acquisite con la tecnologia laserscanner e della realizzazione dei quadri informativi, come meglio dettagliato nel progetto allegato.

ART. 3 - Responsabili di progetto e responsabile del procedimento

Il Responsabile di progetto è il prof. Luigi Di Prinzio (IUAV - Dipartimento di Pianificazione). Il Responsabile di Progetto costituisce il riferimento scientifico dell'intero Progetto di Ricerca. Nel caso di impossibilità a proseguire nell'incarico da parte del Responsabile di Progetto, IUAV -DP designa un altro responsabile d'intesa con la Regione del Veneto.

La responsabilità del procedimento è affidata dalla Regione del Veneto al Dirigente dell'Unità di Progetto per il Sistema Informativo Territoriale e la Cartografia, Ing. Maurizio De Gennaro.

ART. 4 - Durata

Il progetto ha avvio a decorrere dalla sottoscrizione della presente protocollo d'intesa e avrà durata di 16 mesi.

ART. 5 - Contributo finanziario

A sostegno dell'attività di ricerca di interesse comune, la Regione del Veneto contribuisce per un importo pari ad € 80.375,22. (ottantamilatrecentosettantacinque/22), onnicomprensivo .

Il contributo sarà versato all'Università IUAV con le seguenti modalità:

- € 36.375,22 alla sottoscrizione della presente convenzione e avvio dei lavori di ricerca;
- € 40.000,00 a copertura delle spese per l'esecuzione del volo laserscanner
- € 4.000,00 al termine della ricerca.

ART. 6 - Proprietà dei risultati della ricerca e loro pubblicazione

I risultati della ricerca saranno di proprietà congiunta delle parti contraenti e saranno utilizzati nell'ambito delle loro rispettive attività istituzionali. La presentazione dei risultati e le modalità delle eventuali pubblicazioni saranno concordate dai contraenti.

ART. 7 – Recesso dal contratto

Le parti hanno la facoltà di recedere dalla presente convenzione, mediante comunicazione scritta da inviare all'altra parte con raccomandata con avviso di ricevimento da inviarsi nel rispetto di un preavviso di almeno 3 mesi.

Il recesso non ha effetto che per l'avvenire e non incide sulla parte di convenzione già eseguita.

La Regione del Veneto dovrà comunque mettere a disposizione le somme a copertura delle spese sostenute da IUAV sino al momento del recesso.

ART. 8 – Controversie

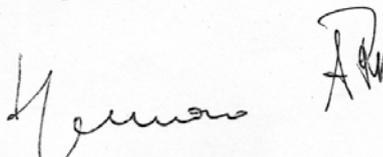
Le parti concordano di definire amichevolmente qualsiasi controversia o disaccordo che nascesse dall'esecuzione, adempimento, dall'interpretazione del presente contratto, o di contratti e accordi ad esso collegati.

ART. 9 - Trattamento dei dati personali

L'Università IUAV di Venezia provvede al trattamento, alla diffusione ed alla comunicazione dei dati personali relativi alla presente convenzione nell'ambito del perseguimento dei propri fini istituzionali in attuazione del D. Lgs. n. 196/2003 "Codice in materia di protezione dei dati personali".

La Regione del Veneto si impegna a trattare i dati personali provenienti dall 'Università unicamente per le finalità connesse all'esecuzione della presente convenzione.

ART. 10 - Disposizioni finali



Il documento denominato Allegato A1 - "Progetto per la realizzazione di una "Base di Conoscenza" nel territorio del Delta Del Po", costituisce parte integrante del presente contratto.

In caso di conflitto tra le norme dell'allegato e qualsiasi altra disposizione del presente contratto, prevale quest'ultima.

Agli effetti della registrazione fiscale i contraenti dichiarano che il presente atto è soggetto a registrazione in caso d'uso, ai sensi dell'art. 5, secondo comma, del D.P.R. 131/86, trattandosi di scrittura privata non autenticata.

Letto, confermato e sottoscritto.

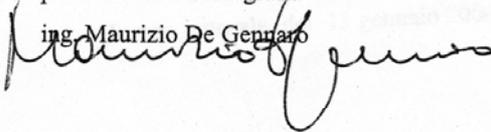
Venezia, 20 GEN. 2006

per la Regione del Veneto

IL Dirigente dell'UP

per il SIT e la Cartografia

ing. Maurizio De Gennaro



per l'Università Iuav di Venezia

Il Rettore

Prof. Marino Folin

