

GESTIONE DEL TERRITORIO 3D

Progetto per la elaborazione del modello digitale del territorio dell'ATO "Laguna di Venezia"
attraverso la realizzazione di un rilievo LiDAR

GESTIONE DEL TERRITORIO 3D



con la collaborazione di



UNISKY Srl - spin-off IUAV



GESTIONE DEL TERRITORIO 3D

Progetto per la elaborazione del modello digitale del territorio dell'ATO "Laguna di Venezia",
attraverso la realizzazione di un rilievo LiDAR

AATO Laguna di Venezia

Sede legale

Ca' Corner

S. Marco, 2662 - 30124 Venezia

Sede operativa

Via Pepe, 102 - 30172 Mestre (Ve)

Tel. 041 5040 793, fax 041 3969 123

e-mail: info@atolagunadivenezia.it



Autorità
d'Ambito Territoriale Ottimale
"Laguna di Venezia"

I
- - -
U
- - -
A
- - -
V

Università IUAV di Venezia
Nuove Tecnologie e informazione
Territorio Ambiente

con la collaborazione di



UNISKY Srl
spin-off IUAV



PROGETTO PER LA ELABORAZIONE DEL MODELLO DIGITALE DEL TERRITORIO DELL'ATO "LAGUNA DI VENEZIA", ATTRAVERSO LA REALIZZAZIONE DI UN RILIEVO LIDAR

RESPONSABILE DEL PROGETTO: Enrico Conchetto (AATO Laguna di Venezia)

RESPONSABILE SCIENTIFICO: Luigi Di Prinzio (Università IUAV di Venezia)

COORDINAMENTO TECNICO: Vincenzo Giannotti (Università IUAV di Venezia)

CONTRIBUTI OPERATIVI

Enrico Conchetto (AATO Laguna di Venezia)

Ivano Boscolo (Università IUAV di Venezia)

Nuccio Bucceri (Land Technology & Services)

Stefano Picchio (Università IUAV di Venezia)

In copertina e all'interno basi cartografiche di riferimento derivate dall'elaborazione in scala 1:50.000 della Carta Tecnica Regionale (Base 1:50.000 speditiva). "Regione del Veneto – Carta Tecnica Regionale - L.R. n. 28/76"

Gli stralci di ortofoto riportati nel testo sono: Ortofoto Terraitaly™

© Copyright Compagnia Generale Ripresearee S.p.A. Parma - www.terraitaly.it

Stampa: Grafiche Erredici S.r.l.

Via della Provvidenza, 147 - 35030 Sarameola di Rubano (PD)

info@graficheerredici.com www.graficheerredici.com

© Copyright - Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia"

Indice

<i>Presentazione di Francesca Zaccariotto</i>	4
<i>Presentazione di Paolo Dalla Vecchia</i>	5
1. Premessa	7
1.1 Riferimenti normativi	9
1.2 Gli allagamenti di Mestre 2007	11
1.3 Le attività del Commissario Delegato per gli allagamenti	12
2. Il progetto per la elaborazione del Modello Digitale	15
2.1 Il rilievo avionico laser-scanner e aerofotografico	17
2.1.1 <i>La tecnologia LiDAR</i>	17
2.1.2 <i>La piattaforma e i sensori utilizzati</i>	19
2.1.3 <i>L'inquadramento plano-altimetrico</i>	21
2.1.4 <i>I riferimenti rispetto agli standard dell'IntesaGIS</i>	25
2.2 I prodotti del post-processing	27
2.2.1 <i>La classificazione delle nuvole di punti</i>	27
2.2.2 <i>Categoria di punti "Ground"</i>	28
2.2.3 <i>Classe di punti "Buildings"</i>	29
2.2.4 <i>Il Modello Digitale del Terreno</i>	31
2.3 L'attività di ortorettifica e mosaicatura delle riprese fotografiche	33
2.4 L'integrazione con il Modello Digitale del Terreno del Commissario Delegato	36
2.5 La pubblicazione nel Sistema Informativo Territoriale dell'AATO (SIRIO)	37
2.5.1 <i>Il ricampionamento del modello digitale</i>	37
2.5.2 <i>La pubblicazione nel web</i>	38
2.5.3 <i>I servizi OGC per gli utenti</i>	39
3. Gli utilizzi e le applicazioni possibili del dato LiDAR	41
3.1 Sicurezza del territorio e invarianza idraulica	41
3.2 Qualità ambientale in ambito urbano	43
3.3 Monitoraggio delle trasformazioni dell'uso del suolo e nuovi prodotti geoinformativi a valore aggiunto che sfruttano la terza dimensione	46
3.4 Efficienza energetica ed energie rinnovabili	49
4. Collaborazione con la pubblica amministrazione – <i>piattaforme web 2.0</i>	52

Questa pubblicazione raccoglie il risultato della felice collaborazione tra l'Autorità d'Ambito "Laguna di Venezia" e l'Università IUAV di Venezia (Nuove Tecnologie e informazione Territorio e Ambiente). Collaborazione che ha permesso all'AATO di realizzare un modello tridimensionale del proprio territorio di competenza (che comprende 20 comuni nella provincia di Venezia e 5 comuni nella provincia di Treviso), con una risoluzione sino ad oggi mai raggiunta. Ciò è stato possibile grazie all'utilizzo di una innovativa tecnologia di telerilevamento chiamata LiDAR (Light Detection And Ranging).

La volontà di realizzare un così alto livello di riproduzione digitale del territorio e di metterlo a disposizione dei cittadini, dei professionisti e delle pubbliche amministrazioni nasce dalla necessità di una pianificazione territoriale, urbanistica e ambientale consapevole della fragilità messa drammaticamente in evidenza nelle ultime disastrose alluvioni che hanno colpito l'entroterra veneziano.

L'impiego di tecnologie avanzate e la condivisione delle informazioni prodotte è indice di un approccio moderno, razionale e scientifico con il territorio e un passo avanti verso la consapevolezza che le problematiche ambientali vanno affrontate con la massima attenzione. I continui eventi calamitosi, che comunque appartengono al corso della natura, ci insegnano che tutti i nostri sforzi potrebbero rivelarsi insufficienti se la progettazione e la pianificazione continueranno ad ignorare il sistema ecologico invece di rispettarlo adottando comportamenti e realizzando opere ad esso adeguate.

Dott.ssa Francesca Zaccariotto
Presidente Provincia di Venezia
Presidente AATO "Laguna di Venezia"

Correva l'anno 2001 quando, come Presidente del Consorzio di bonifica Dese Sile, ho iniziato a segnalare, prima agli enti competenti e poi direttamente ai cittadini scrivendo ai giornali, come indizi inequivocabili confermassero definitivamente il mutamento delle condizioni meteoclimatiche. Ma la mia preoccupazione derivava, in particolar modo, dalla consapevolezza che l'intensificazione degli eventi meteorici avrebbe incontrato un territorio totalmente impreparato, in quanto devastato da una sregolata urbanizzazione e da una rete idrografica carente e inadeguata. Già allora pensavo che questa confluenza di condizioni avrebbe potuto dar luogo a situazioni di emergenza idraulica molto pericolose per le possibili conseguenze sulla popolazione. La conferma alle mie preoccupazioni non è tardata a sopraggiungere. Le strutture di drenaggio delle acque dalle aree urbanizzate si sono, infatti, dimostrate insufficienti ad affrontare eventi di precipitazione intensa come quelli che, dal 2007 in poi, si sono puntualmente verificati durante i cambi stagione in luoghi diversi del territorio della provincia veneziana. Gli eventi calamitosi hanno determinato la consapevolezza che le tecniche per la conoscenza e la pianificazione del territorio erano approssimative. Per questa ragione la struttura commissariale ha dato il via al rilevamento della morfologia del terreno con tecniche d'avanguardia, allo scopo di avere una conoscenza scientifica sia del territorio sia del suo stato ecologico e ambientale. La struttura commissariale, per realizzare questo importante passo avanti nella direzione della conoscenza, ha chiesto a tutti gli enti interessati di dare il proprio contributo. L'AATO Laguna di Venezia, da un lato per senso di responsabilità nei confronti del Commissario e della comunità locale, dall'altro per la consapevolezza di rendere un servizio altamente scientifico, moderno e produttivo per la cittadinanza, ha realizzato in collaborazione con l'Università IUAV di Venezia il rilievo del territorio di tutto l'Ambito attraverso una tecnica d'avanguardia chiamata LiDAR che, in sintesi, consiste nell'acquisizione dettagliata dell'altimetria del terreno mediante strumentazione laser aviotrasportata. È per me un vero piacere presentare questa pubblicazione e colgo l'occasione per ringraziare tutti coloro che con grande professionalità e passione hanno lavorato e portato a compimento questa opera scientifica, in particolare: la Direzione e gli Uffici tecnici dell'AATO, i responsabili scientifici e di progetto. Ho già dato mandato agli uffici dell'AATO di fare in modo che i risultati di questo lavoro, attraverso il Sistema Informativo SIRIO, siano a disposizione della collettività e che le informazioni possano essere condivise da tutti coloro che ne hanno necessità. L'acquisizione di una concezione tesa a facilitare la condivisione delle conoscenze è la condizione imprescindibile per la costruzione di un futuro sostenibile per il nostro territorio.

Avv. Paolo Dalla Vecchia
Presidente delegato AATO "Laguna di Venezia"



1 Premessa

Il tema affrontato in questa pubblicazione è in stretta relazione con il tema del rischio idraulico, che nel nostro Paese è estremamente complesso ed articolato soprattutto in base al contesto territoriale, alla geografia e morfologia dei luoghi e soprattutto al grado di trasformazione antropica e di vulnerabilità.

L'evento di allagamento verificatosi nella terraferma veneziana il 26 settembre 2007 ha spinto questa Autorità a contribuire attivamente alle iniziative avviate dal Commissario Delegato per la gestione dell'emergenza, attraverso la realizzazione di un modello digitale del terreno ad elevatissima risoluzione. L'informazione prodotta attraverso questo lavoro è a disposizione dei comuni, delle autorità e dei professionisti che con differenti competenze e per diverse finalità pianificano, progettano e gestiscono il territorio intervenendo in un contesto sempre più vulnerabile.

In particolare nell'entroterra lagunare veneziano la gestione delle acque di superficie assume una importanza rilevante, in quanto, ad una situazione morfologica sfavorevole a causa della frequente depressione del suolo rispetto al livello medio del mare, si aggiunge un'articolata gestione delle acque interne lungo la rete idrografica minore, sottoposta prevalentemente a scolo meccanico. Questo contesto, di per sé fragile, è minacciato ulteriormente dalla pericolosità di esondazione dei corsi d'acqua principali. Naturalmente la gestione delle acque di superficie, in un territorio di transizione tra pianura e mare, deve necessariamente fare i conti anche con la possibilità che le oscillazioni di marea in determinate condizioni meteorologiche e astronomiche possano ostacolare il normale deflusso delle acque alla foce dei corsi d'acqua. Tutto ciò deve poi essere rapportato alla vulnerabilità che caratterizza importanti aree urbane, ad esempio quella di Mestre, in cui le reti di smaltimento delle acque meteoriche e fognarie magari non hanno seguito di pari passo le necessità di un repentino sviluppo demografico ed urbano.

Il microrilievo acquisito con tecnologia LiDAR (Light Detection And Ranging) consente, tra le altre cose, di mettere in evidenza aree effettivamente soggette a vulnerabilità (Figura 1) e, di conseguenza, di valutare il rischio ad una scala territoriale molto dettagliata, contribuendo così a fornire importantissime indicazioni ai Piani di Assetto Idrogeologico, ai Piani Urbanistico-Territoriali ecc.



Figura 1 - Analisi speditiva delle aree con quote depresse (in azzurro) basata sul DTM generato dal dato LiDAR nell'area di Mestre.

1.1 Riferimenti normativi

Il quadro normativo, all'interno del quale sono disciplinati i compiti e le funzioni delle Amministrazioni per la gestione delle tematiche accennate, è piuttosto articolato; segue una rapida rassegna dei principali riferimenti normativi.

La materia ambientale, che in generale riguarda numerosi aspetti delle attività istituzionali dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale "Laguna di Venezia", è regolata nel territorio nazionale dal D. Lgs. 152/2006 (cosiddetto "Codice dell'Ambiente") che riunisce in un unico testo tutta la normativa su acque, suolo, rifiuti, VIA, VAS, IPCC; in particolare, il tema delle acque viene affrontato nella Parte III, denominata "Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche".

Gli obiettivi cui mira la Parte III riguardano complessivamente la materia della difesa del suolo (art. 53); infatti si fa diretto riferimento alle seguenti finalità:

"1. ... assicurare la tutela ed il risanamento del suolo e del sottosuolo, il risanamento idrogeologico del territorio tramite la prevenzione dei fenomeni di dissesto, la messa in sicurezza delle situazioni a rischio e la lotta alla desertificazione.

2. ... la pubblica amministrazione svolge ogni opportuna azione di carattere conoscitivo, di programmazione e pianificazione degli interventi, nonché preordinata alla loro esecuzione, in conformità alle disposizioni che seguono.

3. Alla realizzazione delle attività ... concorrono, secondo le rispettive competenze, lo Stato, le regioni a statuto speciale ed ordinario, le province autonome di Trento e di Bolzano, le province, i comuni e le comunità montane e i consorzi di bonifica e di irrigazione."

Il governo delle acque nella sua molteplice e complessa articolazione (difesa idraulica ed idrogeologica, tutela quali-quantitativa, salvaguardia paesaggistica e ambientale ecc.) trova, comunque, la sua fonte normativa primaria in ambito comunitario. In primis è da menzionare la Direttiva 2000/60, che *"istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque"*.

Gli obiettivi principali della direttiva si inseriscono in quelli più generali della politica ambientale della Comunità Europea che deve contribuire a perseguire salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità ambientale, nonché l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali e che deve essere fondata sui principi della precauzione e dell'azione preventiva, sul principio della riduzione, soprattutto alla fonte, dei danni causati all'ambiente e sul principio "chi inquina paga".

L'obiettivo di fondo consiste nel mantenere e migliorare l'ambiente acquatico, attraverso misure integrate tra gli aspetti qualitativi e quelli quantitativi.

La direttiva è sicuramente un passo importante per il miglioramento della gestione delle risorse idriche nel nostro paese, e per lo stato dell'ambiente in generale. Sicuramente una corretta applicazione in Italia necessita lo scioglimento di alcuni nodi problematici, tra i quali la suddivisione delle competenze tra i molti enti coinvolti e l'esistenza di strumenti legislativi nazionali che hanno anticipato vari aspetti della direttiva.

In seguito la Comunità Europea ha emanato ulteriori norme in materia di acque attraverso la Direttiva 2006/118 per la *“protezione delle acque sotterranee dall’inquinamento e da deterioramento”* e la più recente Direttiva 2007/60 sulla *“valutazione e gestione dei rischi di alluvioni”*, le cui disposizioni necessarie alla loro attuazione dovranno essere adottate prima del prossimo 16 gennaio 2019.

A livello regionale, in Veneto sono stati introdotti importanti riferimenti normativi sul tema specifico della gestione delle acque superficiali che riguardano la valutazione della compatibilità idraulica per la redazione degli strumenti urbanistici.

La Giunta Regionale del Veneto con Deliberazione n. 3637 del 13 dicembre 2002 e successivamente con Deliberazione n. 1322 del 10 maggio 2006, in riferimento alla L. 267 del 3 agosto 1998 per l’individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico, propone delle indicazioni per la formazione dei nuovi strumenti urbanistici. Sono stati forniti in tal modo gli indirizzi operativi e le linee guida per la verifica della compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche rispetto alla realtà idrografica e alle caratteristiche idrogeologiche ed ambientali del territorio. Con tali provvedimenti è stato previsto che l’approvazione di un nuovo strumento urbanistico, ovvero di varianti a quello vigente, sia subordinata al parere della competente autorità idraulica sulla base di un apposito studio di compatibilità idraulica. Tale studio, al fine di evitare l’aggravio delle condizioni del regime idraulico, deve prevedere l’adozione di idonee misure che abbiano funzioni compensative dell’alterazione provocata dalle nuove previsioni urbanistiche, nonché di verificare l’assenza di interferenze con i fenomeni di degrado idraulico e geologico indicati nei Piani per l’Assetto Idrogeologico (PAI) predisposti dai competenti Distretti Idrografici.

Si è reso inoltre necessario adeguare la procedura ai nuovi assetti sia della disciplina urbanistica, che ha visto nell’ultimo periodo profonde innovazioni dei principali istituti della pianificazione territoriale, sia della disciplina connessa con la difesa del suolo che ha subito radicali trasformazioni anche a seguito della cosiddetta riforma “Bassanini”.

L’entrata in vigore della L.R. 23.04.2004 n. 11, nuova disciplina regionale per il governo del territorio, ha infatti modificato sensibilmente l’approccio per la pianificazione urbanistica, talché si è evidenziata la necessità che anche la valutazione di compatibilità idraulica fosse adeguata alle nuove procedure. Contestualmente, il sistema organizzativo regionale sulla rete idraulica superficiale ha mutato assetto con l’istituzione nell’ambito regionale dei Distretti Idrografici di Bacino, le cui competenze sono esercitate sull’intero bacino idrografico, superando i limiti dei circondari idraulici di ciascun Genio Civile.

D’altro canto il cosiddetto “sistema delle competenze” è andato modificandosi anche con l’affidamento della gestione della “rete idraulica minore” in delegazione amministrativa ai Consorzi di Bonifica, attivata con DGR 3260/2002 ed attualmente pienamente operativa.

Va infine ricordato che la procedura di valutazione di compatibilità idraulica deve trovare coerenza anche con il Piano di Tutela delle Acque approvato dal Consiglio Regionale con deliberazione n. 107 del 5 novembre 2009.

1.2 Gli allagamenti di Mestre 2007

L'area dell'entroterra veneziano il 26 settembre 2007 è stata colpita da un evento meteorologico di estrema criticità (Figura 2); evento che ha decretato lo stato di emergenza a causa di importanti allagamenti in estese aree di terraferma lungo il margine lagunare veneziano (Figura 3).

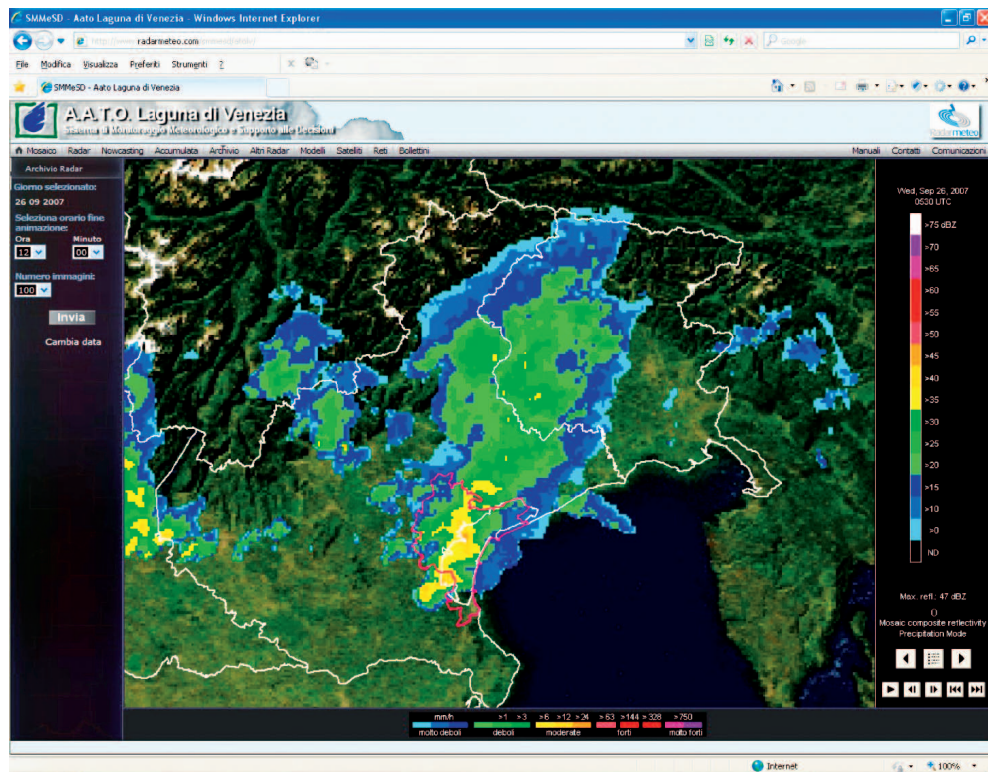


Figura 2 - Intensità di precipitazione rilevata dai radar meteo dell'ARPAV durante l'evento del 26 settembre 2007 (<http://www.radarmeteo.com/smmesd/atolv/>).



Figura 3 - L'abitato di Mestre ripreso durante l'evento meteorologico (<http://www.commissarioallagamenti.veneto.it/>).

A seguito della Dichiarazione dello stato di emergenza, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3621 del 18.10.2007 d'intesa con il Dipartimento della Protezione Civile, con cui è stato nominato il Commissario Delegato (nella persona dell'Ing. Mariano Carraro), ha rappresentato la prima risposta dello Stato alle istanze provenienti dalle comunità locali, volte a ricercare soluzioni rapide ed efficaci che potessero scongiurare il ripetersi di allagamenti delle aree urbane in concomitanza di piogge intense. Nell'OPCM 3621/2007 sono stati definiti i compiti del Commissario, chiamato innanzitutto a ripristinare le condizioni di sicurezza nei territori, mettendo in atto tutte le misure ritenute necessarie per uscire dalla situazione di emergenza.

L'attività svolta dalla struttura commissariale ha portato così ad individuare una serie di importanti interventi atti alla riduzione del rischio idraulico, ma soprattutto ha fatto emergere l'importanza della pianificazione e programmazione territoriale per una migliore gestione del territorio. L'analisi della situazione di fatto, al momento dell'allagamento, ha anche permesso di circoscrivere il problema idraulico e d'individuare una serie di criticità, tra cui: la difficoltà di migliorare il sistema di raccolta delle acque meteoriche, la perdita di suolo agricolo, l'aumento della copertura impermeabile del suolo e l'apporto considerevole delle acque provenienti da tetti e coperture. Questioni fondamentali per chi si occupa di progettare un territorio in "sicurezza". Tra le soluzioni proposte come azioni di mitigazione del rischio vi sono l'aumento del verde pubblico, i sistemi capaci di trattenere le acque, la creazione di serbatoi domestici ed invasi, la maggior attenzione nel rilascio di nuovi permessi costruttivi, la creazione di fossati con funzione di invaso oltre che di raccolta delle acque, la manutenzione quotidiana del territorio e le pavimentazioni permeabili per i nuovi parcheggi.

1.3 Le attività del Commissario Delegato per gli allagamenti

L'Ordinanza n. 3621 del 18.10.2007 dispone che il Commissario si occupi della puntuale ricognizione e quantificazione dei danni subiti dai beni pubblici e privati (Figure 4 e 5), pianifichi azioni ed interventi volti a ridurre definitivamente gli allagamenti conseguenti all'inadeguatezza della rete di smaltimento delle acque e stanzi anche i primi fondi.

Tra le numerose iniziative intraprese vi è anche l'attività di rilievo del territorio con acquisizione di dati LiDAR per la produzione di un Modello Digitale del Terreno ad altissima risoluzione.

Per questo motivo il Commissario Delegato e l'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) di Trieste hanno stipulato una convenzione per la realizzazione congiunta del progetto *"Rilievo LiDAR ed Iperspettrale con successiva rielaborazione ed interpretazione dei dati del territorio della Regione Veneto colpito dall'emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 Settembre 2007"*, finalizzato ad acquisire un modello tridimensionale del suolo come supporto

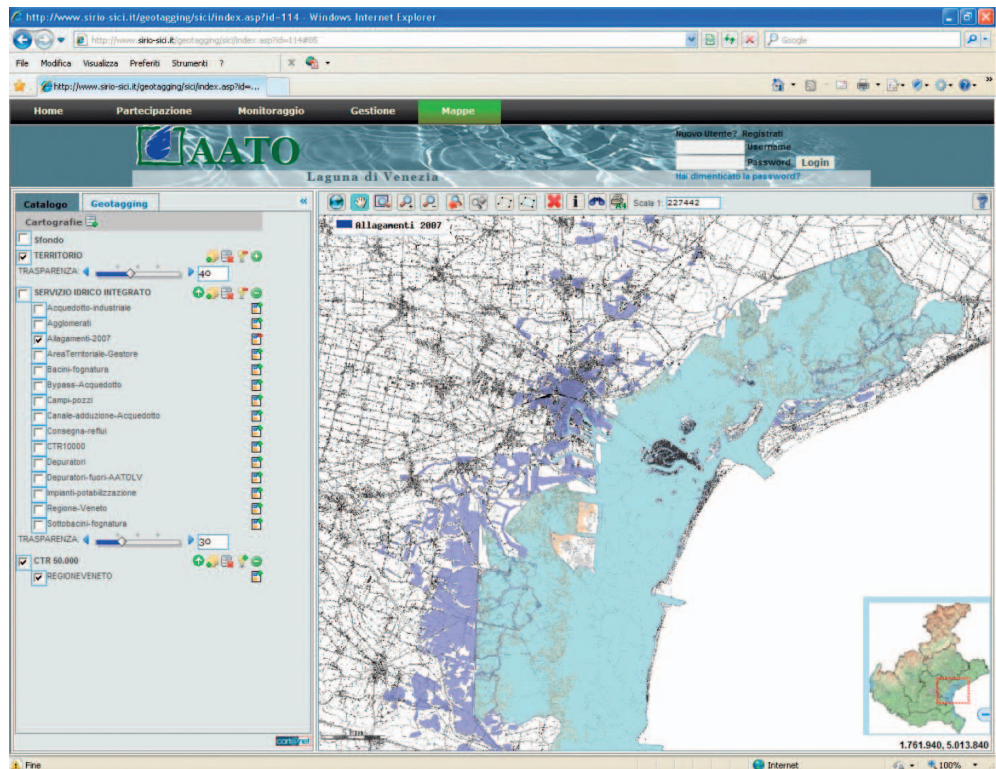


Figura 4 - La Carta degli allagamenti prodotta dal Commissario Delegato (www.sirio-sici.it).

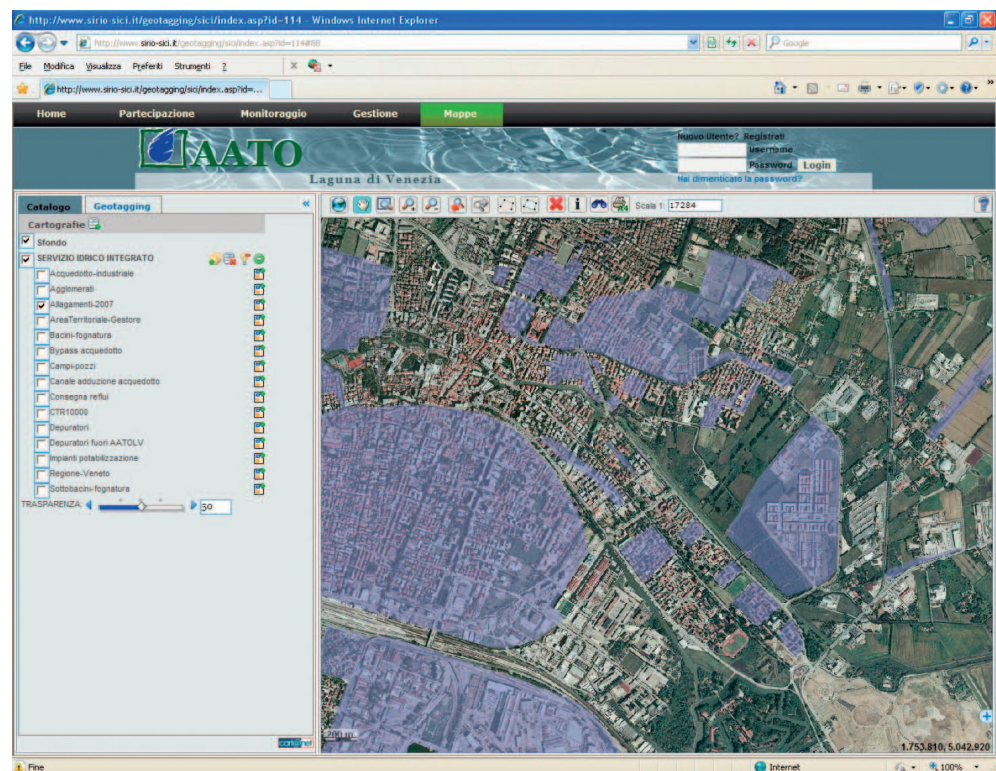


Figura 5 - Un dettaglio delle zone allagate il 26 settembre 2007 nell'area urbana di Mestre (www.sirio-sici.it).



Figura 6 - L'area oggetto del rilievo LiDAR effettuata dal Commissario Delegato (tratto dalla Relazione 2009/120 del GDL 45 CARS dell'OGS - 20/08/2009).

ad una approfondita analisi dello scolo delle acque superficiali e della loro gestione. Il rilievo laser-scan e aerofotografico è stato effettuato nel settembre 2008 (Figura 6). Il piano di volo (Figura 7) ed i parametri di acquisizione sono stati scelti in funzione della densità dei dati da raggiungere (3,33 punti al metro quadro). La traiettoria seguita consiste in 30 strisciate longitudinali in direzione SW-NE e in alcune trasversali necessarie per la calibrazione. La sovrapposizione laterale risulta del 25%: per un'area di interesse di 256,6 km², sono stati acquisiti complessivamente nelle strisciate 298 km².

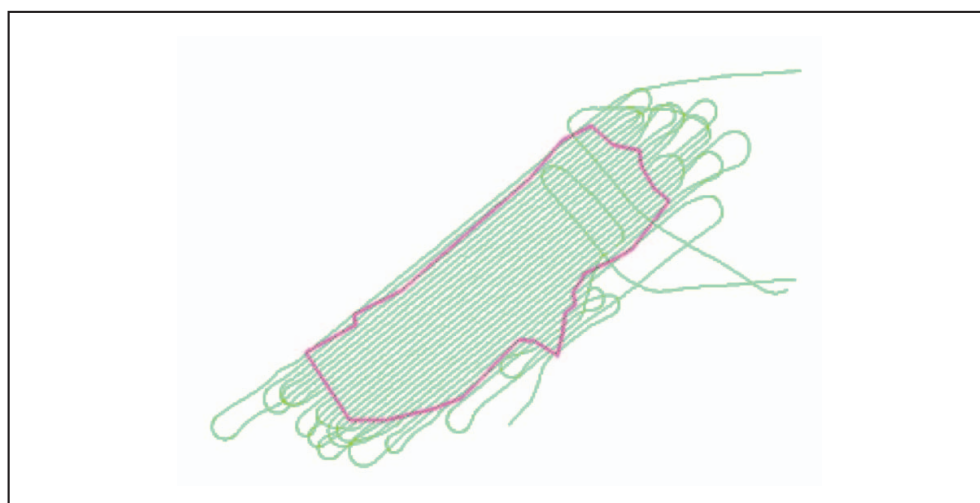


Figura 7 - Il piano di volo effettuato durante il rilievo LiDAR commissariale (tratto dalla Relazione 2009/120 del GDL 45 CARS dell'OGS - 20/08/2009).

2 Il progetto per la elaborazione del Modello Digitale

L'evento meteorologico estremo del 26 settembre 2007 ha coinvolto in modo diffuso buona parte del territorio dell'AATO creando situazioni di emergenza, disagi e danni soprattutto nell'entroterra veneziano, dovuti anche alla inadeguatezza delle reti nere e miste di smaltimento dei reflui. Di conseguenza l'AATO Laguna di Venezia si è assunta la responsabilità di sostenere le iniziative del Commissario Delegato in merito alla problematica del risanamento idrogeologico, del rischio idraulico e della prevenzione degli allagamenti, favorendone anche la realizzazione. Inoltre, nell'intento di intraprendere iniziative finalizzate alla soluzione dei problemi di allagamento collegati anche alla gestione delle reti di smaltimento delle acque bianche e miste, l'AATO ha istituito un tavolo comune di confronto con i Sindaci dei Comuni. L'attività sinergica tra AATO e Sindaci dei Comuni ha dunque avviato un processo di collaborazione per la soluzione delle problematiche del risanamento idrogeologico, del rischio idraulico e della prevenzione degli allagamenti, non soltanto per fronteggiare le situazioni di emergenza, ma anche per definire, congiuntamente a tutte le Autorità competenti, strategie mirate alla sicurezza del territorio soprattutto in fase di pianificazione e di manutenzione delle infrastrutture.

L'AATO, nell'ambito di tale logica, ha finanziato con fondi della tariffa del Servizio Idrico progetti riguardanti la fognatura mista, previsti nell'elenco degli interventi urgenti del Commissario Delegato per l'emergenza allagamenti e che hanno contribuito alla riduzione del rischio allagamenti e al miglioramento della funzionalità della rete. Inoltre, ha destinato dei fondi per analizzare e studiare la problematica allagamenti in un'area urbana, secondo uno studio pilota necessario alle amministrazioni comunali. Tale studio si concretizza nel rilievo e nella modellizzazione idraulica delle reti di smaltimento delle acque che hanno manifestato condizioni di criticità in occasione dell'evento del settembre 2007.

In considerazione dell'iniziativa intrapresa dalla struttura commissariale, che ha commissionato il rilievo LiDAR del territorio interessato dagli allagamenti, producendo un'enorme mole di preziose informazioni relativamente all'altimetria del suolo e degli elementi presenti su di esso, l'AATO ha deciso di estendere tali informazioni anche nella rimanente porzione di territorio di propria competenza (Figura 8). Lo scopo era di fornire il necessario supporto alle analisi di rischio di allagamento del territorio, alla modellizzazione idraulica dei flussi delle acque nere e miste e all'identificazione delle criticità dei sistemi di smaltimento delle acque in particolari condizioni meteoriche come quelle verificatesi il 26 settembre 2007.

L'obiettivo generale del progetto era dunque di costruire una base di conoscenza relativa alla situazione altimetrica del territorio dell'ATO Laguna di Venezia e di integrare tali informazioni nel SIRIO, il Sistema Informativo dell'AATO, favorendo così

l'interscambio delle informazioni tra i diversi enti¹ che a vario titolo partecipano e sono interessati alla gestione del territorio e in particolare della risorsa idrica.

Il progetto, in particolare, è stato concepito per soddisfare le seguenti esigenze:

- acquisizione **LiDAR** del territorio dell'AATO ad integrazione del rilievo già effettuato dal Commissario Delegato per gli allagamenti di Mestre del 2007 (Figura 8), ad eccezione delle porzioni ricadenti in area lagunare ed insulare, per complessivi 50.000 ettari di territorio;
- acquisizione e trattamento di **ortofoto** ad alta risoluzione;
- produzione di un **Modello Digitale del Terreno** integrato con quello derivante dal rilievo effettuato dal Commissario Delegato per gli allagamenti di Mestre del 2007;
- integrazione dei dati all'interno del **SIRIO**.

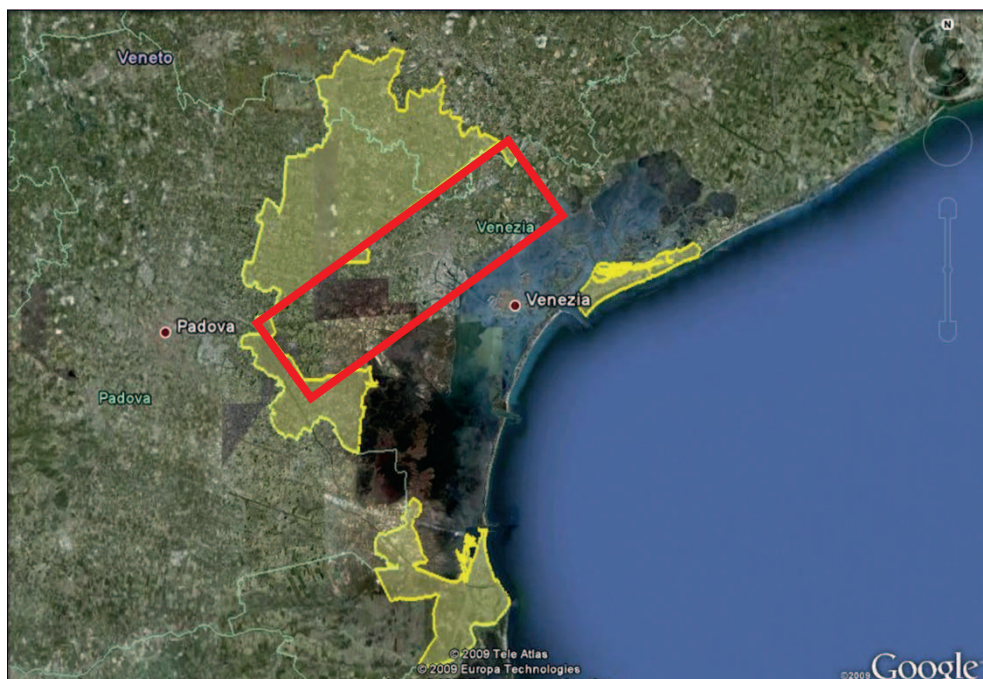


Figura 8 - Le aree oggetto di studio (in giallo le nuove acquisizioni e in rosso l'area già acquisita dal Commissario Delegato).

1 Regione del Veneto, Arpav, consorzi di bonifica, Provincia di Venezia, Provincia di Treviso, Comune di Campagna Lupia, Comune di Campolongo Maggiore, Comune di Camponogara, Comune di Cavallino Treporti, Comune di Chioggia, Comune di Dolo, Comune di Fiesso d'Artico, Comune di Fossò, Comune di Martellago, Comune di Mira, Comune di Mirano, Comune di Noale, Comune di Pianiga, Comune di Salzano, Comune di Santa Maria di Sala, Comune di Scorzè, Comune di Spinea, Comune di Stra, Comune di Venezia, Comune di Vigonovo, Comune di Mogliano Veneto, Comune di Morgano, Comune di Preganziol, Comune di Quinto di Treviso, Comune di Zero Branco.

2.1 Il rilievo avionico laser-scanner e aerofotografico

2.1.1 La tecnologia LiDAR

Il LiDAR (Light Detection And Ranging) è un sistema laser scanner generalmente montato a bordo di piattaforme aeree o elicotteri. Il sistema emette un impulso ottico mediante un laser e viene accuratamente misurato il tempo di restituzione dell'eco (Figura 9). Il tempo viene trasformato in distanza rispetto al bersaglio attraverso la velocità nota della luce.

Il LiDAR è quindi definito come un sistema aviotrasportato utilizzato per acquisire le forme presenti sul terreno (sia naturali che di origine antropica) attraverso la determinazione di coordinate x, y, z di un insieme di punti (Figura 10).

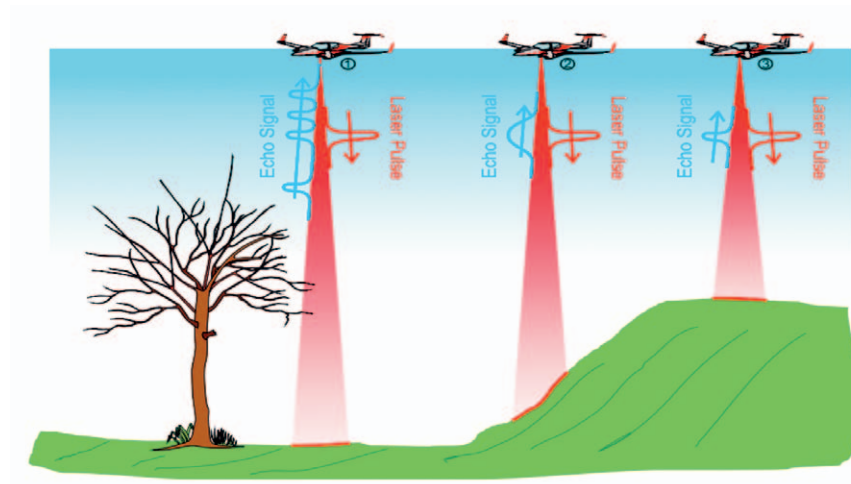


Figura 9 - La registrazione degli impulsi laser in differenti tipi di terreno (estratto dal datasheet del sensore Riegl LMS-Q560 da www.riegl.com).

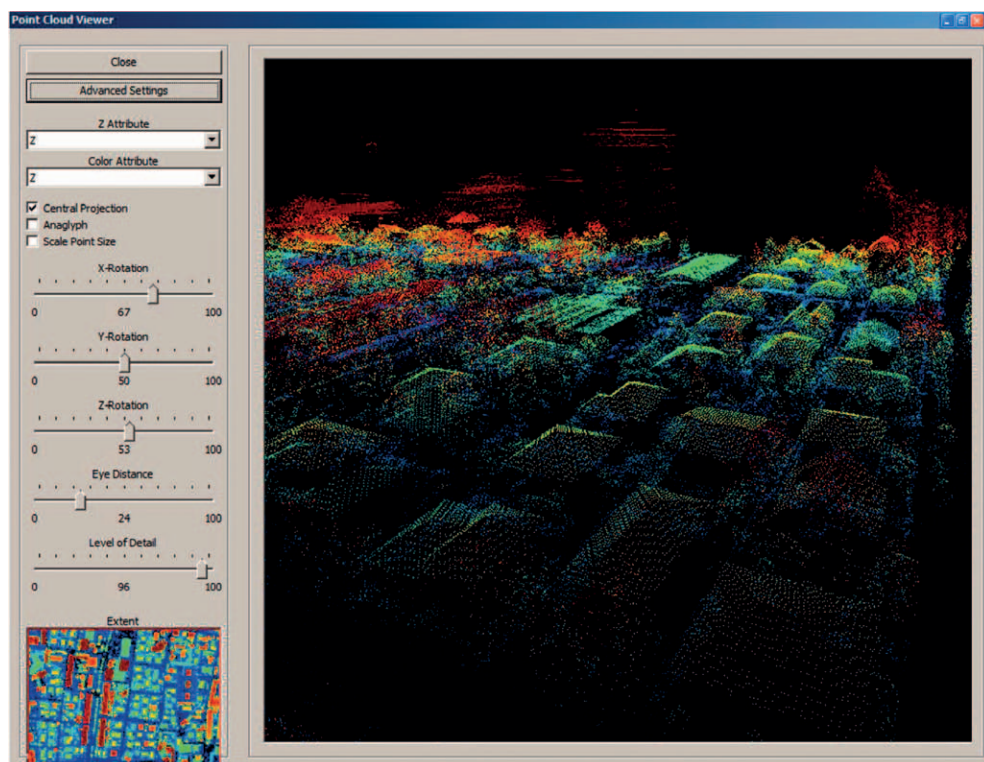


Figura 10 - Anteprima della nuvola di punti acquisita in un'area urbana (applicativo: System for Automated Geoscientific Analyses - Point Cloud Viewer).

A bordo della piattaforma aerea si integrano diversi apparati: un ricevitore GPS; un sistema di scansione; un sistema inerziale IMU (Inertial Measure Unit). L'attività avionica avviene sotto il continuo controllo di apposite stazioni a terra GRS (Ground Reference Stations). Condizione essenziale per il buon funzionamento della procedura è l'accurata taratura e sincronizzazione di tutti i singoli componenti. La determinazione dei punti laser viene effettuata sull'ellissoide WGS84 e i valori delle quote sono riferiti a tale ellissoide.

In una fase successiva di post-processing i valori x , y , z , riferiti al WGS84, vengono convertiti in un sistema di riferimento piano locale (nel caso specifico Gauss-Boaga), mentre le quote vengono trasformate da ellissoidiche a geoidiche (o ortometriche), cioè riferite al livello medio mare.

Infine, la nuvola di punti x , y , z può essere utilizzata per la produzione del DTM (Digital Terrain Model) e del DSM (Digital Surface Model) (Figura 11).

Le principali applicazioni di questa moderna tecnologia sono numerose: la sicurezza idraulica del territorio, il calcolo degli indici di invarianza idraulica, il catasto 3D, l'aggiornamento dei temi relativi all'edificato, la mappatura del verde urbano, gli studi sulle potenzialità di installazione di impianti fotovoltaici e solare termico, l'analisi degli invasi a scopi idroelettrici, il monitoraggio delle cave, la modellazione avanzata 3D nel campo dell'inquinamento elettromagnetico, la stima delle biomasse e il city modeling.



Figura 11 - Il DSM nell'area di Mestre.

Nel caso del progetto qui presentato, i dati LiDAR acquisiti e le relative nuvole di punti 3D (x, y, z) sono caratterizzati da:

- presenza di tutti gli echi e delle relative intensità;
- densità media dell'informazione pari a quattro punti per metro quadro;
- accuratezza verticale di ± 15 cm;
- accuratezza orizzontale di ± 40 cm;
- formato della nuvola di punti in LAS.

2.1.2 La piattaforma e i sensori utilizzati

La strumentazione utilizzata è stata la seguente:

- Piattaforma aerea DA42 MPP (Multi-Purpose Platform);
- Doppio sensore Riegl laser scanner LMS-Q560;
- GPS/IMU IGI AeroControl;
- Camera fotogrammetrica digitale Hasselblad H39.

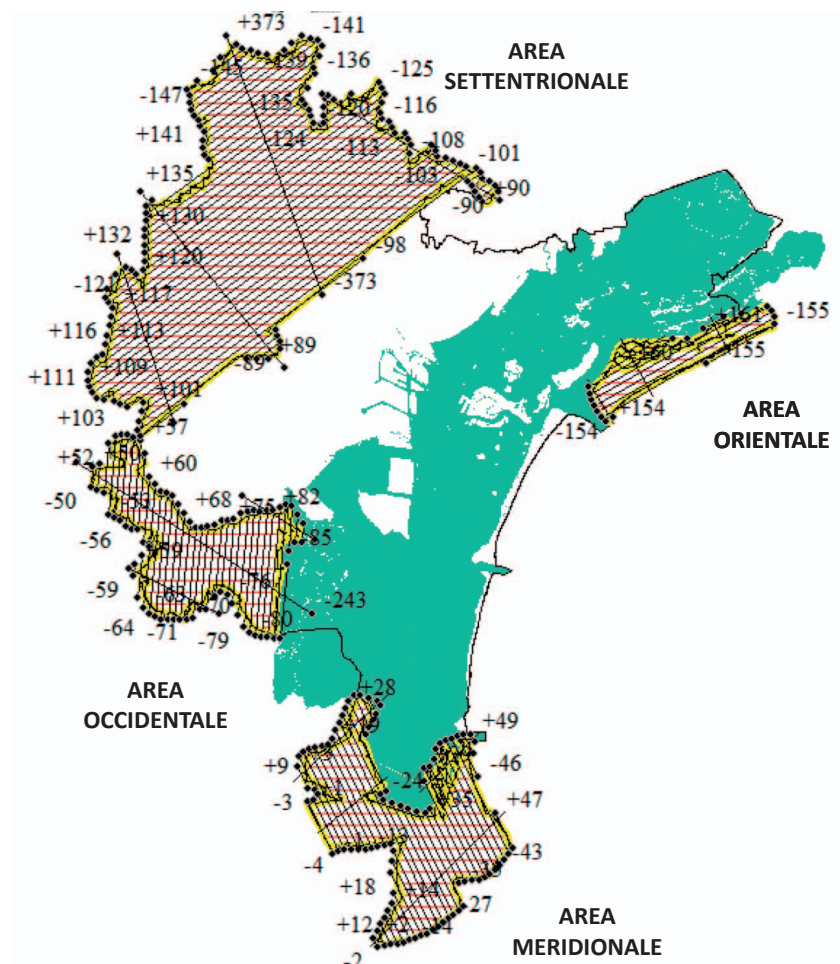


Figura 12 - Le tracce dei voli effettuati sulle quattro aree di studio.

I voli, le cui tracce sono riportate nelle figure 12 e 13, sono stati effettuati nelle seguenti date:

- 29 settembre 2010 area meridionale;
- 30 settembre e 7 ottobre 2010 area settentrionale;
- 08 ottobre 2010 aree orientale ed occidentale;
- 16 settembre 2011 integrazione area settentrionale (comuni di Morgano e Quinto di Treviso).

In totale sono state effettuate oltre 230 strisciate ad una quota media di volo di circa 600 metri e ognuna delle quali ha un *footprint* di circa 500 metri sul terreno.

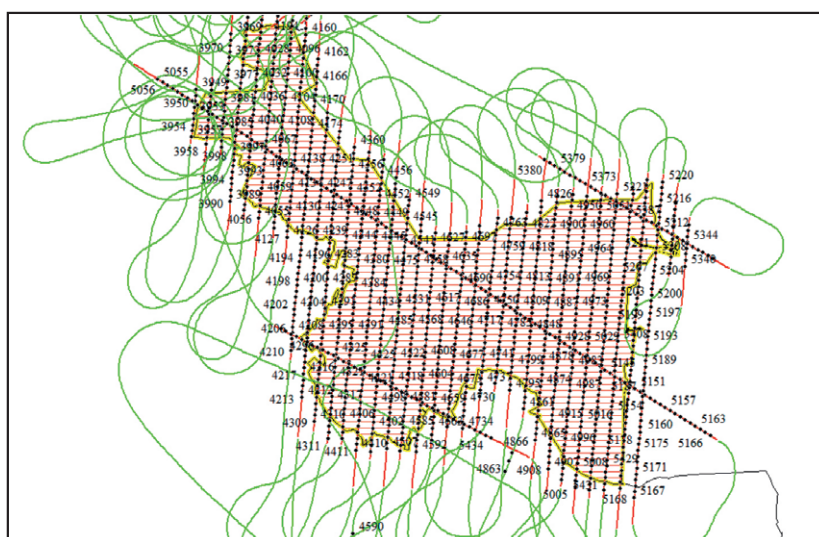
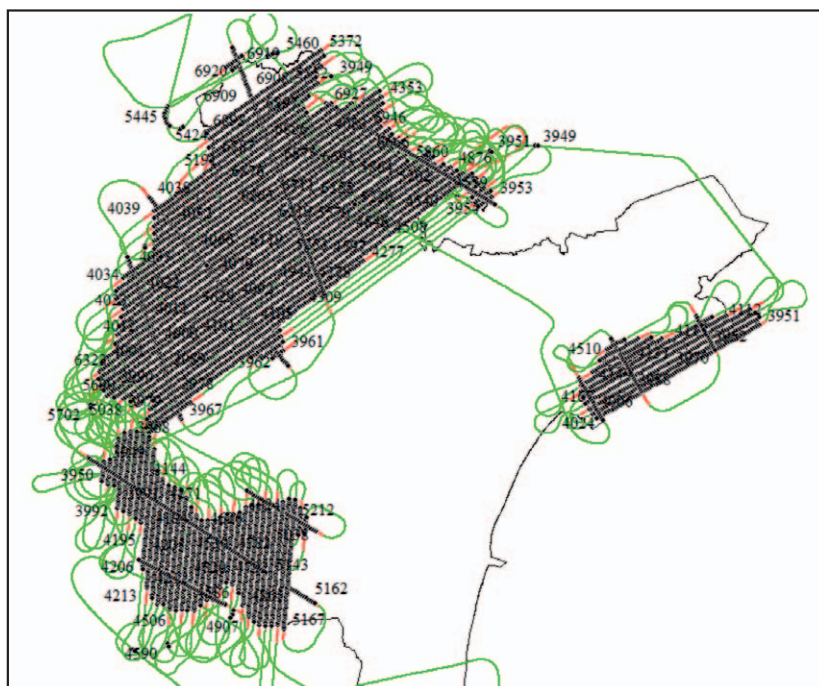


Figura 13 - I voli effettuati nelle aree di studio settentrionale, orientale ed occidentale (sopra) e dettaglio dell'area occidentale (sotto).

2.1.3 L'inquadrimento plano-altimetrico

L'acquisizione avionica è stata accompagnata da rilievi topografici a terra che hanno riguardato:

- una serie misurazioni con stazioni GPS su capisaldi noti durante le operazioni di volo;
- rilievi GPS su aree predefinite per la realizzazione di aree test.

Le misure condotte durante le attività di volo sono state eseguite mediante l'impiego di stazioni GPS posizionate su capisaldi della rete nazionale IGM95 ubicati all'interno o nelle immediate vicinanze dell'area interessata al volo.

A causa dell'estensione delle superfici interessate al rilievo LiDAR durante le singole sessioni di volo e per consentire una maggiore accuratezza del dato, si è ritenuto opportuno utilizzare contemporaneamente due stazioni GPS a terra, ciascuna delle quali ubicata su un caposaldo appartenente alla rete di cui sopra.

Un'attenta pianificazione delle attività è stata svolta, dal personale tecnico responsabile delle attività avioniche e terrestri, prima di ogni singolo volo al fine di concertare sia i tempi di acquisizione che la scelta dei capisaldi più idonei.

Le misure a terra sono state condotte mediante l'impiego di ricevitori GPS a doppia frequenza, in acquisizione in modalità statica per l'intera durata del volo. I ricevitori sono stati impostati ad una frequenza di 1Hz con una maschera di Cut-Off di 15°. La misura dell'altezza dell'antenna è stata effettuata sia prima dell'inizio della registrazione che al termine della stessa.

Durante tale periodo un operatore ha verificato il corretto funzionamento della strumentazione e monitorato i principali parametri di acquisizione (n° satelliti, PDOP, altezza dell'antenna ecc.).

I caposaldi utilizzati per il posizionamento della strumentazione GPS durante le attività avioniche sono riportati nella tabella 1 (esempio di monografia in figura 14).

Numero	Località	Nord WGS84 ETRF2000	Est WGS84 ETRF2000	Quota_ell
037801	Castelfranco Veneto	45°40'15,0732"	11°55'44,1040"	87,567
051802	Dolo	45°25'26,0780"	12°04'21,9829"	52,463
051901	Roncade	45°37'36,3873"	12°22'31,6706"	50,551
052701	Meolo	45°35'32,9194"	12°28'25,5415"	47,412
065709	Chioggia (Brondolo)	45°10'49,2804"	12°16'39,1767"	47,961
065713	Campagna Lupia	45°19'37,4191"	12°08'05,8478"	45,285

Tabella 1 - Caposaldi di appoggio a terra durante le attività di acquisizione aerea.

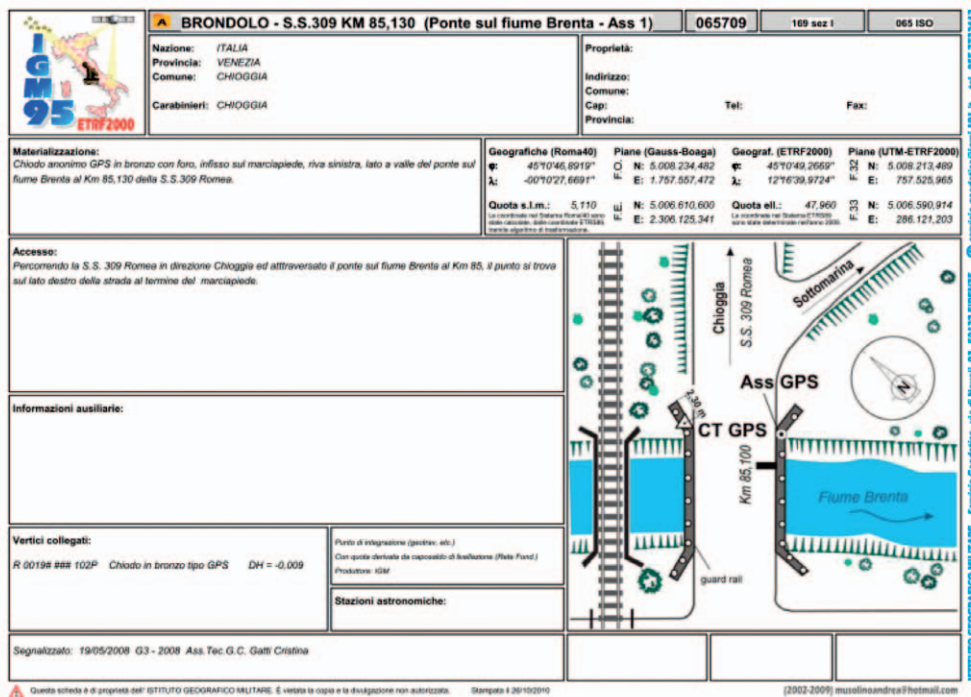


Figura 14 - Esempio di monografia di un caposaldo della rete IGM95.

Nella figura 15 è riportata la copertura delle *reference station* sui caposaldi della rete IGM95.

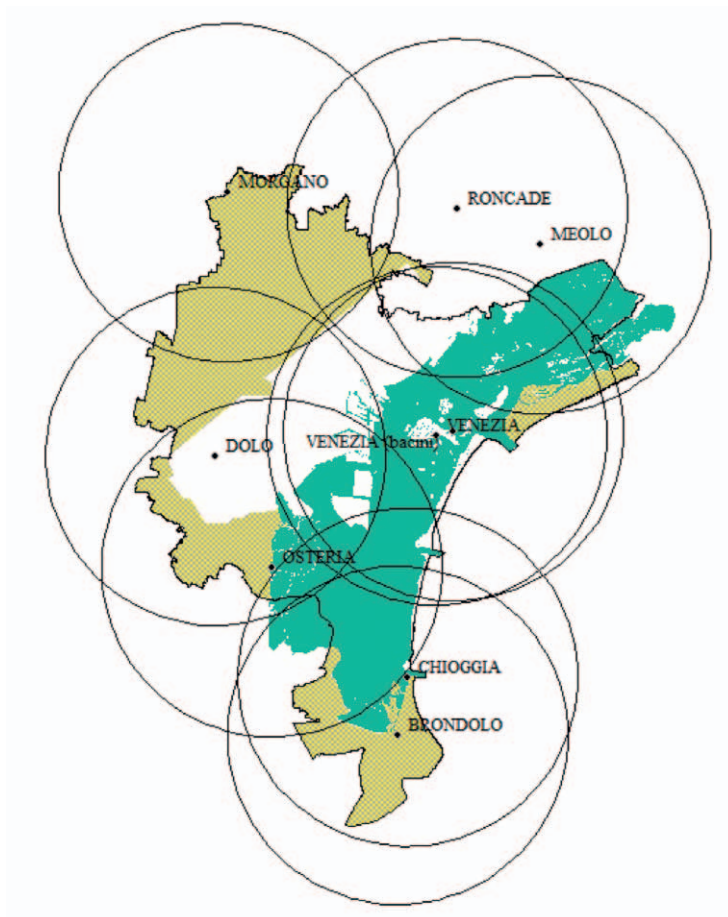


Figura 15 - La copertura delle *reference station* sui caposaldi della rete IGM95.

Al termine di detta fase di acquisizione è stata individuata una serie di aree test presso le quali sono state effettuate delle misure GPS in modalità cinematica. Tale attività è stata finalizzata al controllo della quota delle misure LiDAR e alla verifica della correttezza planimetrica delle ortofoto. La procedura prevede l'impiego di una stazione GPS "master" ubicata in un punto a coordinate note e tenuta costantemente accesa per tutta la durata del rilievo, e uno o più ricevitori GPS "rover" che acquisiscono le coordinate di una serie di punti stazionando sugli stessi per soli pochi secondi.

Il costante contatto radio tra le due strumentazioni consente di effettuare in tempo reale la correzione differenziale, fornendo all'operatore già le coordinate definitive. La scelta delle aree test presso cui acquisire i punti di cui sopra è stata eseguita mediante "frecciatura dei fotogrammi", ovvero attraverso lo studio preliminare delle immagini grezze acquisite. Si tratta prevalentemente di aree piane e ben visibili (parcheggi, piazzali, tratti di strade ecc.) meglio se caratterizzate dalla presenza di elementi ben riconoscibili in foto come segnaletiche, aiuole ecc.

Nel caso specifico le misure test sono state distribuite su tutto il territorio oggetto del rilievo (Figura 16).

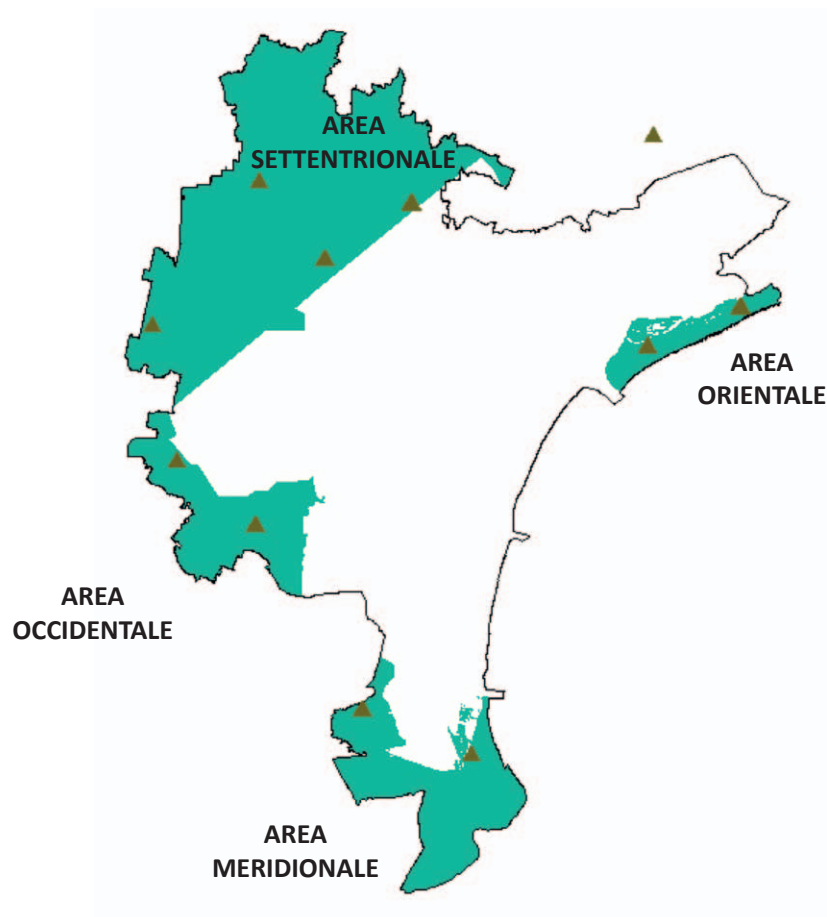


Figura 16 - Le aree test (triangoli) individuate per la verifica dell'accuratezza plano-altimetrica.

Area settentrionale

Average dz	+0,003
Minimum dz	-0,137
Maximum dz	+0,147
Average magnitude	0,037
Root mean square	0,051
Std deviation	0,051

Area occidentale

Average dz	+0,031
Minimum dz	-0,005
Maximum dz	+0,085
Average magnitude	0,031
Root mean square	0,038
Std deviation	0,023

Area meridionale

Average dz	-0,042
Minimum dz	-0,102
Maximum dz	-0,002
Average magnitude	0,042
Root mean square	0,050
Std deviation	0,027

Area orientale

Average dz	-0,037
Minimum dz	-0,114
Maximum dz	+0,027
Average magnitude	0,039
Root mean square	0,045
Std deviation	0,026

Tabella 2 - Risultati degli scarti tra quota GPS e quota LiDAR nelle aree test.

Al termine delle elaborazioni del dato LiDAR, le aree test sono state utilizzate per verificare le quote del dato avionico. Il confronto condotto tra punti LiDAR e RTK, in coordinate WGS84 e quote ellissoidiche, ha fornito risultati del tutto in linea con le precisioni del sistema. I risultati sono sintetizzati nella tabella 2 e nel grafico di figura 17, che rappresenta la differenza di quota tra punti GPS e punti LiDAR nell'area test settentrionale.

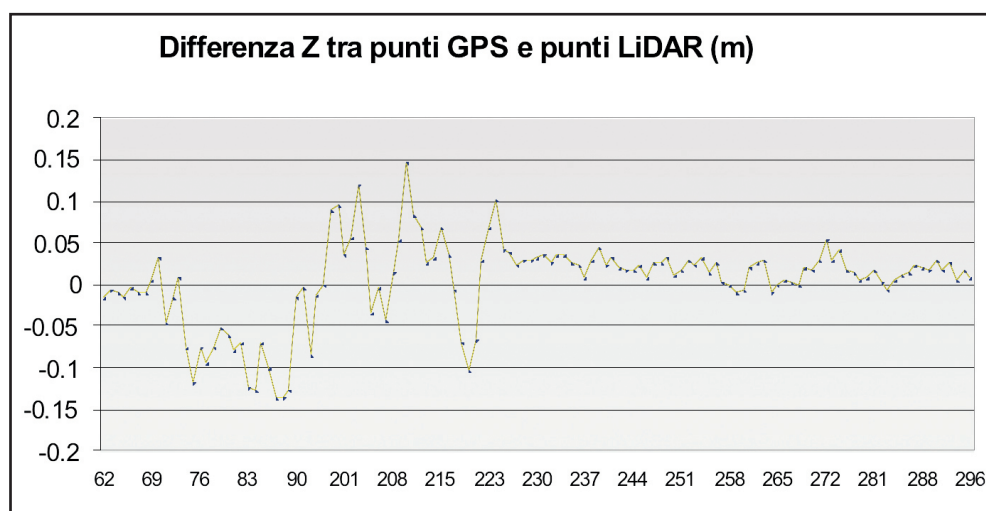


Figura 17 - Gli scarti tra le quote GPS e le quote LiDAR nell'area test settentrionale.

Relativamente al sistema di riferimento plano-altimetrico utilizzato, si sottolinea che i capisaldi a terra, utilizzati per la correzione della traiettoria del volo e quindi per l'elaborazione del dato laser avionico, sono capisaldi della rete Nazionale IGM95. In fase di pianificazione del progetto si è infatti ritenuto indispensabile utilizzare punti noti certificati dei quali sono stati acquisiti, presso la Regione Veneto, le monografie dell'Istituto Geografico Militare.

In fase di elaborazione si è pertanto attribuito alle osservazioni GPS delle *reference station* le coordinate del caposaldo fornite dal documento monografico relativo. Più nel dettaglio, il modello LiDAR ottenuto dalle elaborazioni è stato georiferito nel sistema piano UTM-ETRF2000 fuso 32 con quota ellissoidica e successivamente riproiettato nel Sistema di Riferimento Nazionale Gauss-Boaga fuso ovest quota ortometrica.

Le operazioni di cui sopra sono state effettuate mediante l'impiego del software certificato Vert2 e dei "grigliati grk" prodotti dall'Istituto Geografico Militare e forniti a corredo delle monografie dalla Regione del Veneto.

Va precisato inoltre che tutti i capisaldi impiegati come *reference station* durante il volo sono punti a quota ortometrica derivata da caposaldo di livellazione della Rete Fondamentale.

Infine, allo scopo di fornire utili elementi di valutazione relativamente al modello geoidico utilizzato (ITALGEO2005) e alle misure di inquadramento eseguite, sono state effettuate una serie di sessioni GPS differenziali in modalità statica su capisaldi di livellazione appartenenti a linee di livellazione presenti all'interno o nelle immediate vicinanze delle aree di interesse. L'elaborazione delle misure e il calcolo della quota mediante il modello di cui sopra ha evidenziato scarti sempre inferiori a 5 cm rispetto alla quota riportata nella monografia e proveniente da livellazione.

Gli scarti, in linea con le tolleranze previste per il modello geoidico utilizzato, sono supportati dalla data di livellazione sui caposaldi (2005).

2.1.4 I riferimenti rispetto agli standard dell'IntesaGIS

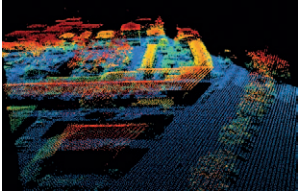
Al fine di valutare l'accuratezza del dato plano-altimetrico ottenuto da laser-scanner occorre tenere conto di molti fattori, principalmente legati alle prestazioni ed alla sincronizzazione del sensore laser e del sistema GPS_INS, dalla geometria di acquisizione, dalla morfologia del territorio e dalla 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" (cfr: *Prescrizioni Tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno, WG03 IntesaGIS 2001*) in collaborazione con i ricercatori dell'Istituto di Geomatica e Fotogrammetria del Politecnico di Losanna. Le prescrizioni sono sintetizzate nella tabella 3, da cui si può valutare che

l'accuratezza verticale ottenuta del rilievo di AATO rientra nei parametri di livello 5 e pertanto si presta per applicazioni quali la sistemazione idraulica dei bacini, applicazioni di ingegneria, produzione di ortofoto fino alla scala di 1:500.

Tabella 3 - Quadro di sintesi delle prescrizioni tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno, del Work Group 03 dell'IntesaGIS 2001.

	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 con 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

2.2 I prodotti del post-processing



Di seguito viene riportato un elenco delle varie fasi che hanno caratterizzato il post-processing dei dati LiDAR:

- sincronizzazione dei dati con la GPS/IMU;
- determinazione delle traiettorie di volo e loro associazione temporale con le strisciate laser;
- conversione della nuvola di punti da coordinate geocentriche a geografiche WGS84 e successivamente a Gauss-Boaga fuso ovest Roma40;
- determinazione delle fasce di overlapping;
- calcolo e fitting del matching reciproco tra strisciate;
- controllo, validazione e fitting della componente ellissoidica sulla base di rilevamenti RTK;
- conversione delle quote ellissoidiche in quote ortometriche attraverso l'utilizzo dei grigliati dell'ondulazione geoidica dell'IGM (gk2);
- filtraggio del dato "OverGround" per l'estrazione del dato "Ground", ovvero dei soli punti a terra in formato X, Y, Z;
- classificazione "OverGround" dei dati costituiti da tutti gli oggetti e i manufatti presenti sul territorio in formato X, Y, Z;
- estrazione della classe "Buildings";
- rasterizzazione e interpolazione della nuvola di punti "Ground" per la produzione del DTM a passo 5 m.

2.2.1 La classificazione delle nuvole di punti

Delle varie elaborazioni evidenziate al punto precedente, il filtraggio e la classificazione della nuvola di punti grezza (Figura 18) rappresentano operazioni di particolare interesse; infatti, le elaborazioni effettuate sulle nuvole di punti conducono alla produzione di un modello del terreno "Ground", rappresentato da punti caratterizzati da una quota sul terreno, e di un modello denominato "OverGround", del quale fanno parte tutti i punti complementari alla nuvola acquisita e non rientranti nella categoria "Ground".

Da tale modello è poi possibile estrarre ulteriori strati informativi (vegetazione, edificato ecc).

Tale segmentazione è resa possibile in forma semi-automatica grazie a piattaforme software che sfruttano elementi caratteristici dei singoli punti acquisiti quali ad esempio il valore di altezza, l'intensità della riflessione ecc.

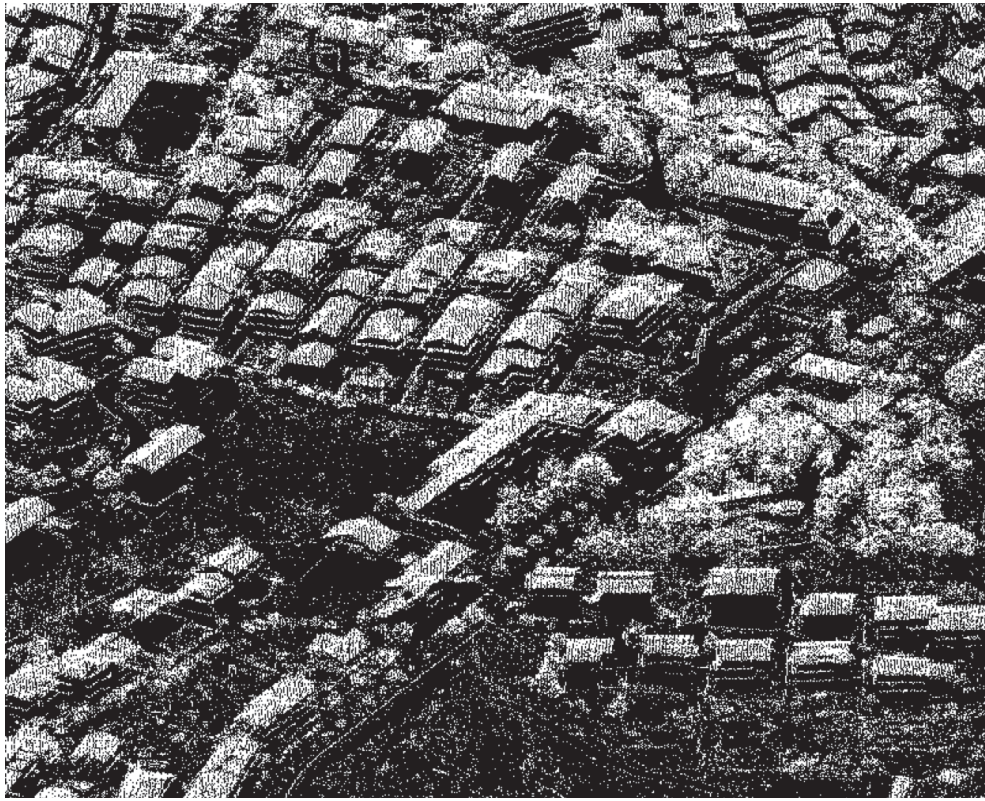


Figura 18 - Esempio di una nuvola di punti LiDAR non filtrata.

2.2.2 Categoria di punti "Ground"

La produzione di una nuvola di punti composta dai soli punti a terra (Figura 19) è resa possibile mediante un filtraggio del dato grezzo LAS effettuato da piattaforme software che sfruttano le caratteristiche geometriche e radiometriche dei punti acquisiti.

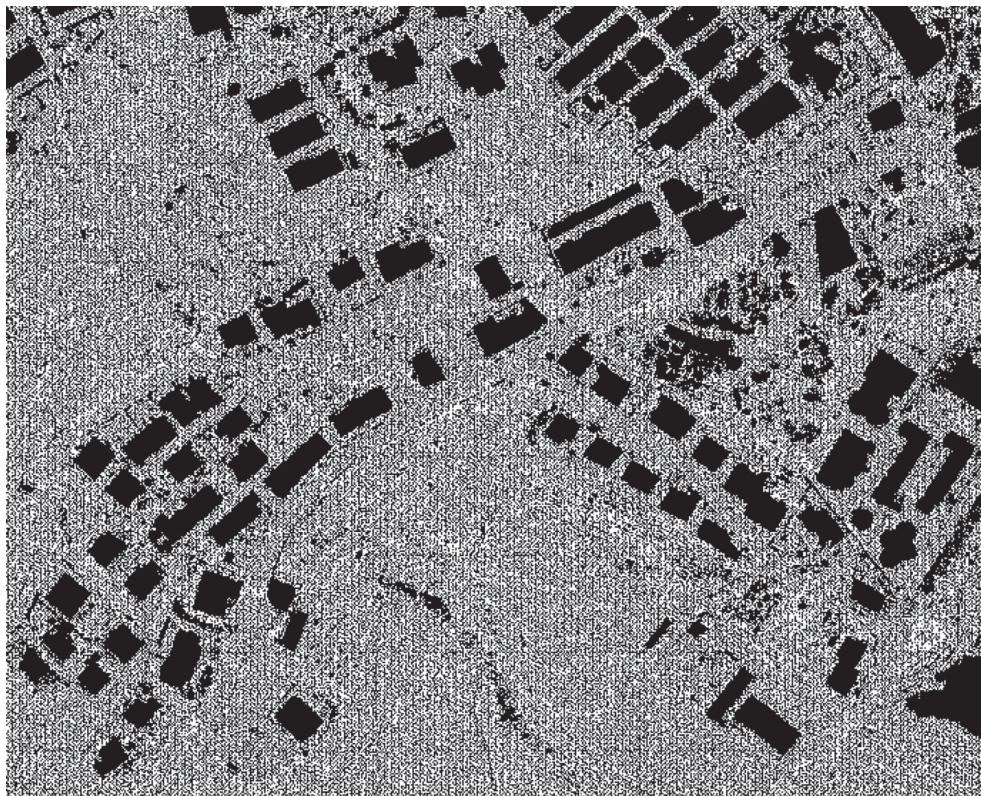
I programmi di elaborazione utilizzano per tali finalità una serie di algoritmi di calcolo che si basano su varie caratteristiche quali ad esempio: stima delle superfici medie, gradienti, rapporto quota/distanza ecc.

I dati "Ground" così ottenuti sono stati successivamente soggetti a controllo di qualità mediante procedure orientate a confrontare il dato acquisito, elaborato e georiferito con una serie di punti, appartenenti ad aree test, appositamente misurati mediante procedure GPS in modalità RTK (vedi paragrafo 2.1.3).

La restituzione del modello 3D ottenuto è stata organizzata in *tiles* di 1 km x 1 km nel sistema di riferimento Nazionale Gauss-Boaga fuso ovest e quota ortometrica. Idonei quadri di unione georiferiti nello stesso sistema di riferimento consentono una veloce gestione ed individuazione delle aree di interesse.

Infine, con l'obiettivo di ottenere un'unica nuvola di punti semplificata e riunita, è stato prodotto un modello a maglia regolare di 5 m di lato, dal quale con successive elaborazioni è stato generato il Modello Digitale del Terreno (vedi paragrafo 2.2.4).

Figura 19 - Esempio di una nuvola di punti classificata "Ground".



2.2.3 Classe di punti "Buildings"

I punti non classificati come appartenenti al terreno vengono ulteriormente segmentati in diverse classi di appartenenza sempre sulla base di criteri geometrici e/o radiometrici.

In questo caso gli algoritmi si basano su caratteristiche specifiche del tema di interesse, ad esempio nel caso dell'edificato si cercano di sfruttare: minima e massima area in pianta, minima risoluzione dell'area, massima pendenza del tetto, massima distanza tra punti adiacenti ecc.

L'estrazione mediante classificazione del tema di interesse restituisce una nuova nuvola di punti aventi la caratteristica di appartenere ad un'unica classe.

Nel caso del "Buildings" ad esempio, ciascun tetto sarà composto da un numero di punti più o meno elevato in funzione della risoluzione del modello e dell'estensione della copertura in questione (Figura 20).

A tal punto, in analogia a quanto viene effettuato sulle nuvole di punti classificate "Ground" per le quali un'ulteriore elaborazione conduce alla produzione di un modello numerico del terreno (DTM), sulle nuvole di punti classificate "Buildings", particolari ulteriori lavorazioni del dato possono condurre alla vettorializzazione semiautomatica dell'elemento "edificio", rappresentabile non più come punti quota relativi alle coperture ma come oggetto topologico ben definito (Figura 21).

Il dato prodotto, in piena analogia con il tematismo "Ground", è stato organizzato in *tiles* di 1 km x 1 km nel sistema di riferimento nazionale Gauss-Boaga fuso ovest e quota ortometrica.

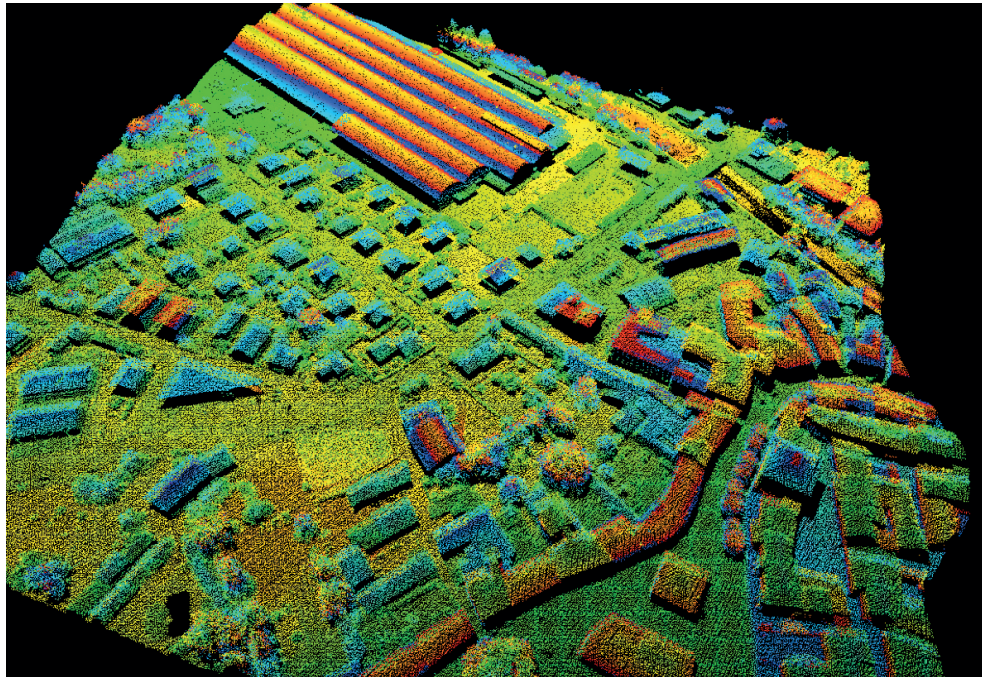


Figura 20 - Esempio di una nuvola di punti classificata "Ground" e "Buildings".

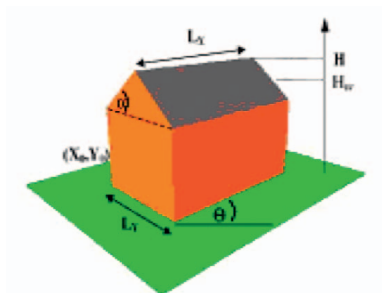
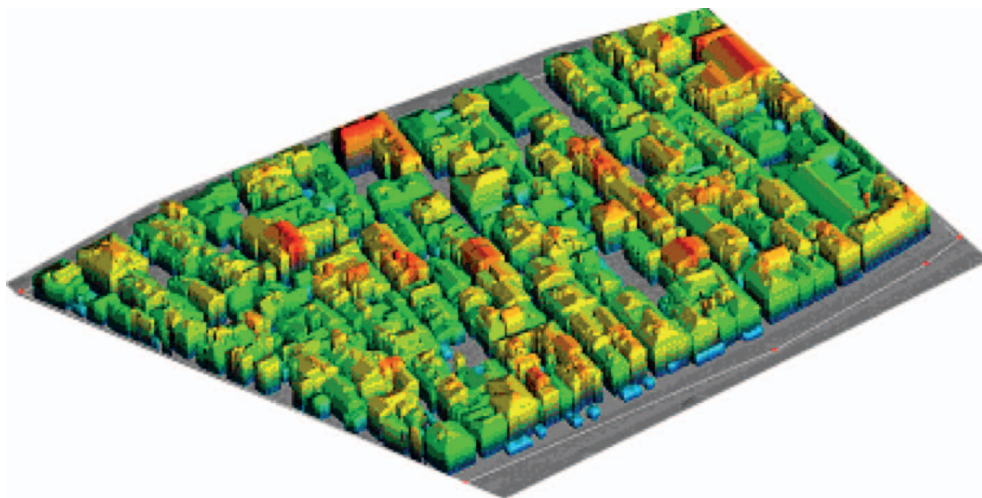


Figura 21 - Esempio di TIN realizzato con una nuvola classificata "Buildings" e successiva estrazione dell'"oggetto" edificio.

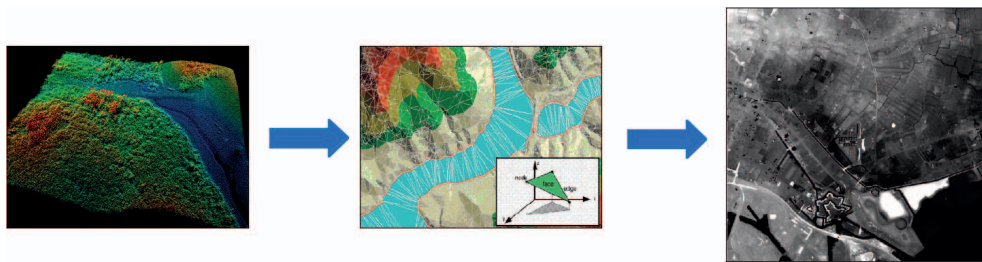
2.2.4 Il Modello Digitale del Terreno



I passaggi che hanno caratterizzato la fase di elaborazione del dato "Ground" per la produzione del DTM sono stati i seguenti (Figura 22):

- da Cloud Point ("Ground") a Rete Irregolare di Triangoli (TIN);
- da TIN a modello Raster attraverso una fase di gridding di cella pari a 1 m.

Figura 22 - Trasformazione del dato "Ground" in DTM.



Il formato raster (Figura 23) è necessario per poter utilizzare i livelli informativi altimetrici nelle operazioni di map algebra e in applicazioni successive.

Il DTM così ottenuto (Figura 24) rappresenta la morfologia del terreno nudo depurato dalle opere, dalle infrastrutture e dalla vegetazione presente. Quest'ultimo si presta come modello di base per coloro che si occupano di modellazione idraulica all'interno di un bacino o di analisi morfologica e/o idrogeologica di un territorio.

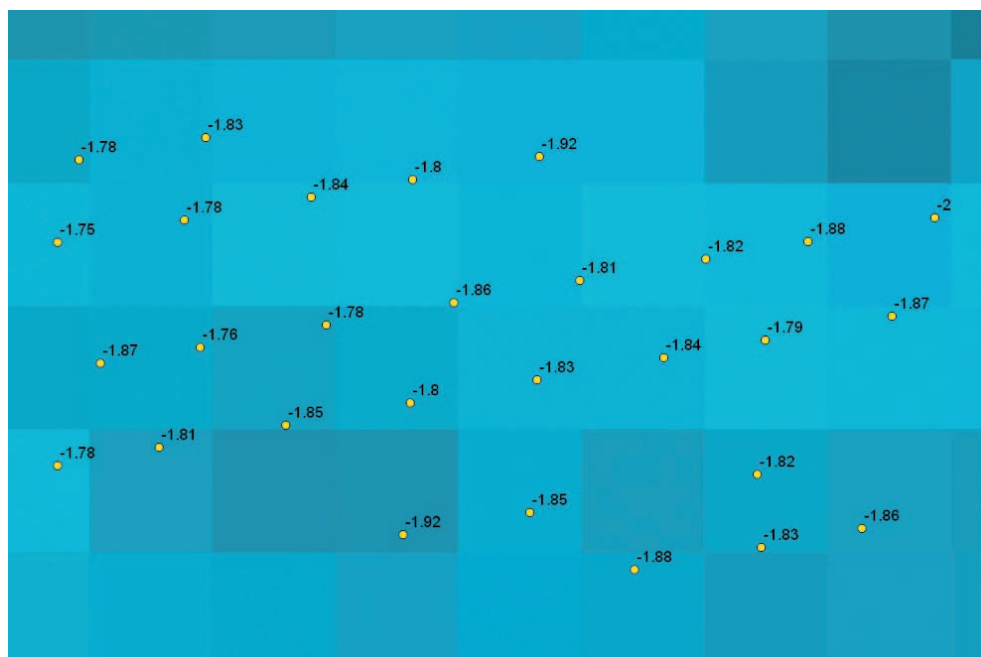


Figura 23 - Esempio di dati "Ground" sovrapposti al DTM da essi generato.

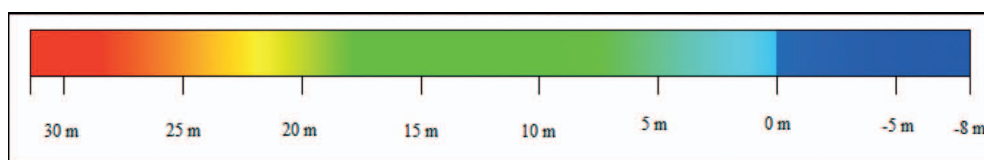


Figura 24 - Dettaglio del DTM (Digital Terrain Model) con cella di 1 m nell'area di Marghera.

2.3 L'attività di ortorettifica e mosaicatura delle riprese fotografiche

Contestualmente al rilievo LiDAR sono state acquisite immagini a colori reali per circa 9000 fotogrammi.

I fotogrammi, acquisiti ad una risoluzione di circa 39 Megapixel ciascuno con una dimensione di 7216x5412 pixel, hanno una dimensione in termini di memoria di circa 111 MB (Figura 25).



Figura 25 - Fotogramma di un'area di Mirano.

La ripresa fotografica è stata caratterizzata dai seguenti parametri (Figura 26):

- sovrapposizione tra fotogrammi di almeno il 60%;
- sovrapposizione tra strisciate di almeno il 30%.

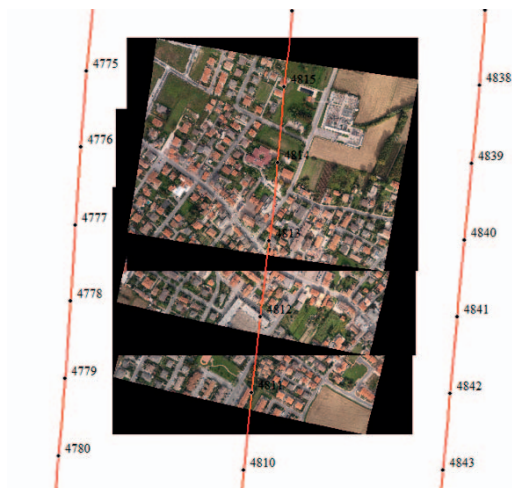


Figura 26 - Overlapping tra fotogrammi della medesima striscia.

L'attività successiva di ortorettifica ha previsto l'utilizzo di una suite fotogrammetrica dedicata allo scopo (Figura 27).



Figura 27 - La suite fotogrammetrica LPS di ERDAS per il trattamento dei fotogrammi aerei.

I fotogrammi sono stati rispettivamente ortorettificati seguendo la procedura della triangolazione aerea di un blocco di immagini.

Ciò è stato possibile anche grazie all'utilizzo dei parametri di assetto del velivolo (X, Y, Z, roll, pitch, yaw) e l'inserimento di opportuni GCP (Ground Control Point) e TIE point da parte dell'operatore. La configurazione ottimale per l'inserimento dei punti di riferimento è illustrata in figura 28.

La risoluzione spaziale finale è risultata pari a 8 cm/pixel (Figura 29).

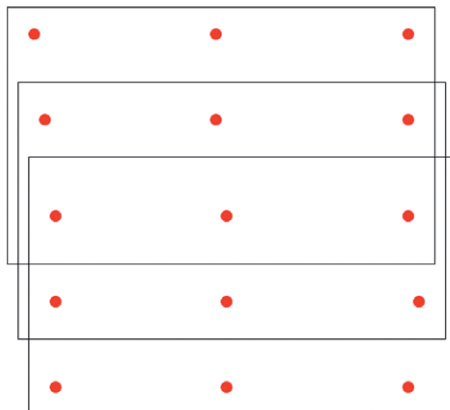


Figura 28 - Schema utilizzato per il posizionamento dei punti di controllo durante l'ortorettifica dei fotogrammi.

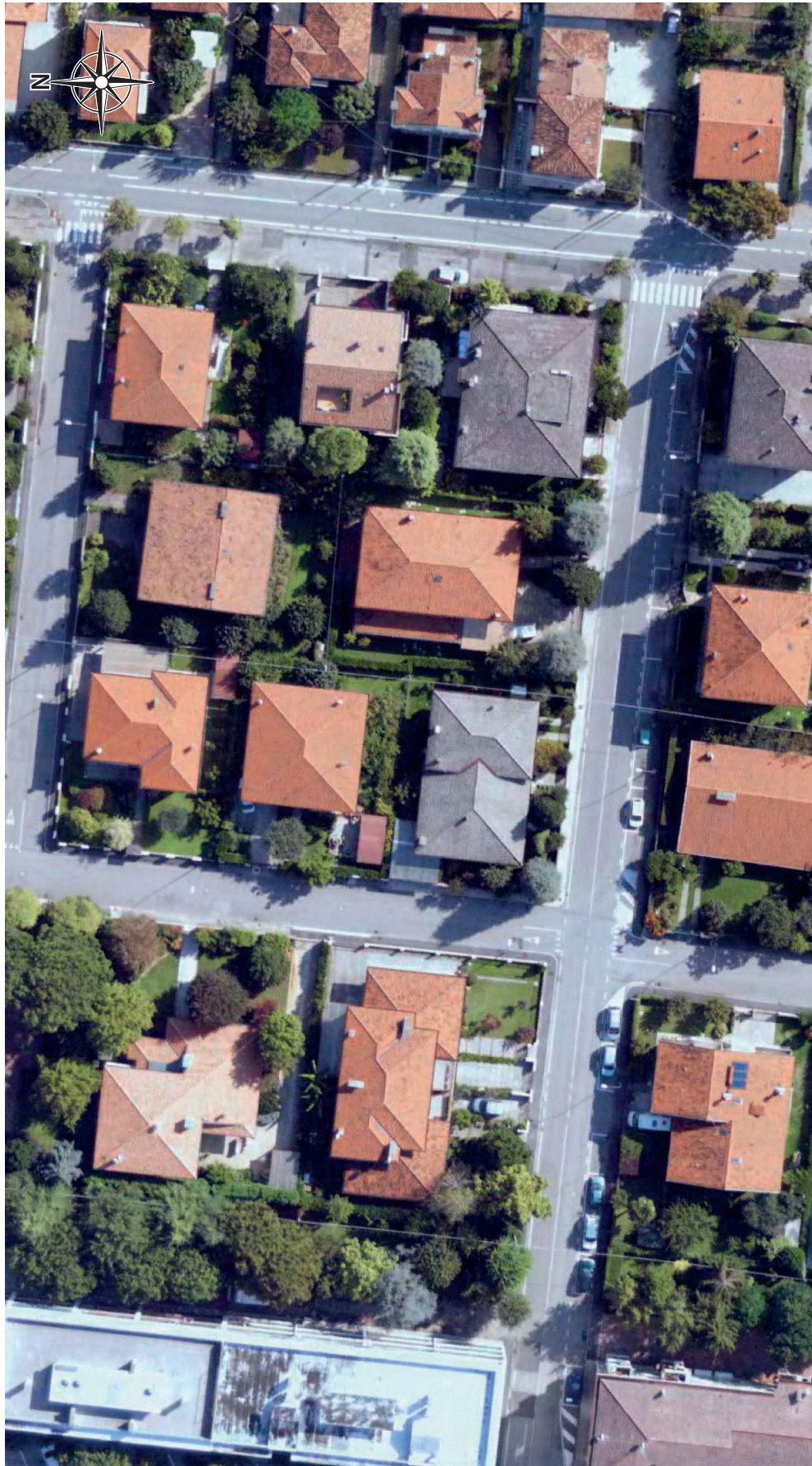


Figura 29 - Elevata qualità delle immagini acquisite contestualmente al rilievo LiDAR (nell'esempio l'area di Mirano).

2.4 L'integrazione con il Modello Digitale del Terreno del Commissario Delegato

Al fine di ottimizzare le risorse e di uniformare l'informazione sul territorio, le quote relative alle nuvole di punti del dato "Ground" acquisite dal rilievo effettuato dal Commissario Delegato per gli allagamenti di Mestre nel 2008 sono state riproiettate nel modello di riferimento standard adottato dall'AATO. Il processo è avvenuto passando prima dal modello geoidico sviluppato dell'Autorità di Bacino dei fiumi dell'alto Adriatico (ADBVE2006) (Figura 30) alle coordinate geocentriche WGS84 e successivamente dalle coordinate geocentriche WGS84 al modello Italgeo2005, utilizzando rispettivamente i grigliati dell'ondulazione geoidica forniti dal Commissario Delegato (ADBVE2006) e IGM.

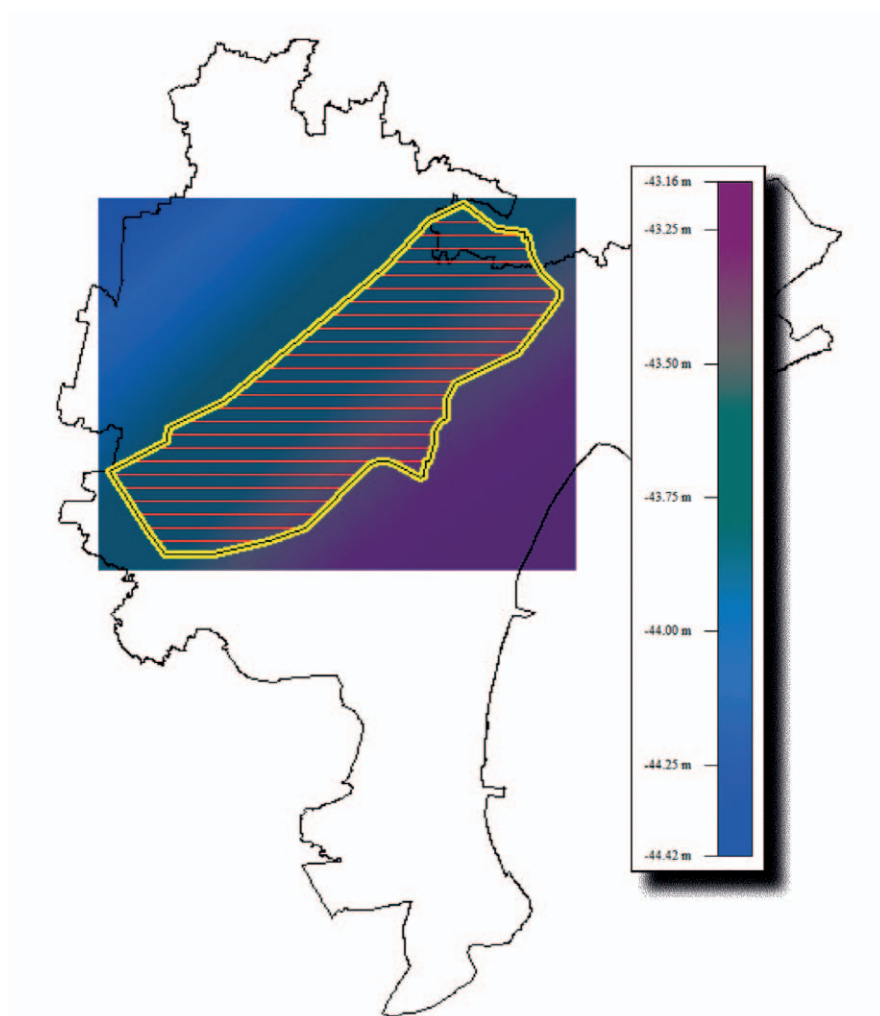


Figura 30 - Il modello di ondulazione geoidica ADBVE2006 utilizzato nell'area acquisita dal Commissario Delegato.

2.5 La pubblicazione nel Sistema Informativo Territoriale dell'AATO (SIRIO)

2.5.1 Il ricampionamento del modello digitale

Il Modello Digitale realizzato da AATO nel 2010 è stato integrato, come già detto, con il Modello Digitale realizzato nel 2008 dal Commissario Delegato per gli allagamenti del 2007.

Per produrre un mosaico completo quindi, è stato necessario riprendere le nuvole originali del dato "Ground" di entrambi i rilievi (che sono caratterizzate da una risoluzione di 4 punti per m²) e applicare un'operazione di filtraggio che ha consentito di ottenere un modello più "leggero" (un modello cioè degradato opportunamente rispetto al dato altimetrico originale) (Figura 31), soprattutto per esigenze legate alla fruibilità del servizio pubblicato via web, con la produzione finale di un raster caratterizzato da pixel di 5 m di lato.

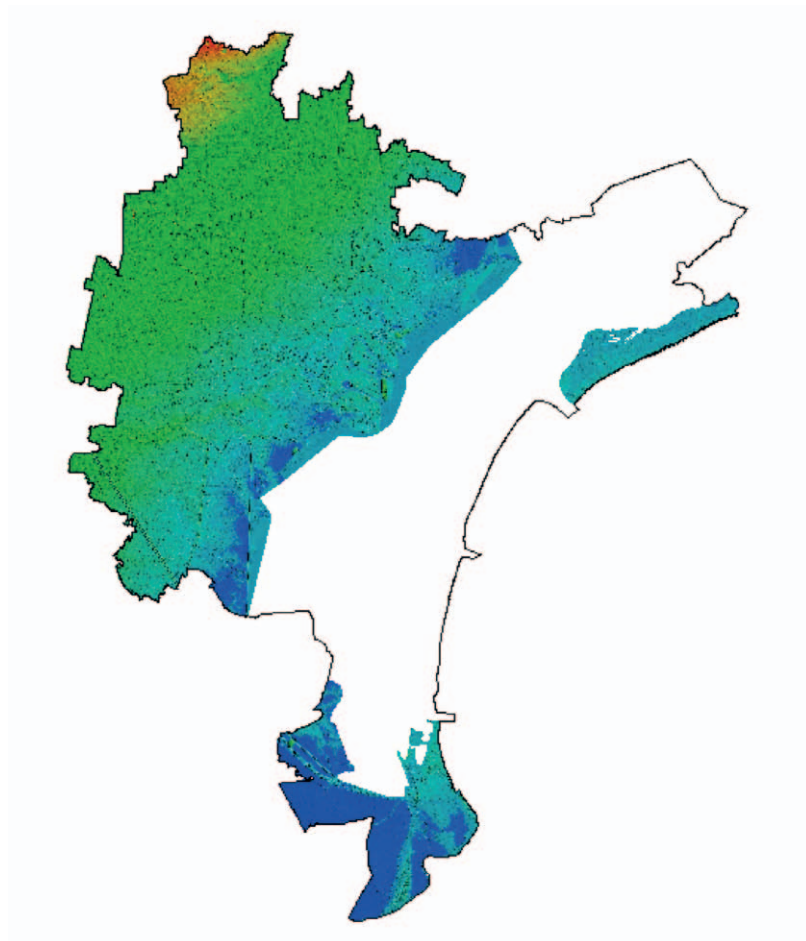


Figura 31 - Il DTM "leggero" sul territorio dell'AATO Laguna di Venezia.

2.5.2 La pubblicazione nel web

Il dato LiDAR è stato pubblicato nel sistema informativo SIRIO (<http://www.sirio-sici.it>) ed è liberamente consultabile tramite browser dalla homepage del sito, la mappa è pubblicata sotto la voce *DTM 2010 Mosaico* del menù *Mappe* (Figura 32). L'applicazione utilizzata per la consultazione delle mappe è stata costruita *ad hoc* sulla piattaforma Cart@net che è un sistema per la pubblicazione di cartografia sul web. Tramite Cart@net è possibile consultare archivi multipli dislocati presso enti differenti dove i dati cartografici possono provenire da server remoti che utilizzano soluzioni tecniche differenti da quelle adottate nel server locale. Nel caso specifico il dato LiDAR è pubblicato direttamente dall'AATO Laguna di Venezia tramite Geo-Server, un software free e open source (FOSS), scritto in Java per l'interoperabilità di dati geospaziali in modalità conforme agli standard dell'Open Geospatial Consortium (OGC).

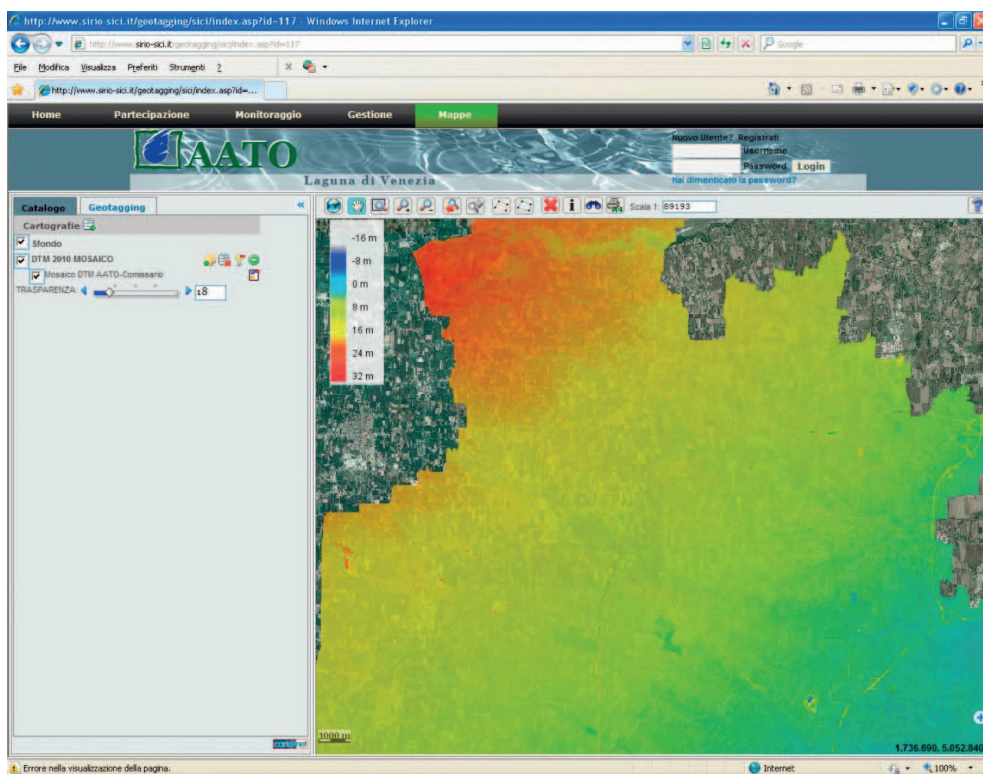


Figura 32 - Il dato LiDAR pubblicato nel sistema informativo SIRIO (www.sirio-sici.it).

2.5.3 I servizi OGC per gli utenti

Il dato LiDAR è stato pubblicato nel SIRIO come servizio OpenGIS® Web Coverage Service (WCS) che è uno standard dell'Open Geospatial Consortium (OGC) per la pubblicazione nel web di coverages: informazioni geospaziali digitali che rappresentano fenomeni che variano in modo continuo nello spazio, p.e. un DEM o un DSM. Il servizio WCS pubblica una mappa generata da un'immagine raster attribuendo una colorazione tematica ai valori presenti nei *digital number* dell'immagine. Assieme all'immagine digitale, disponibile in più formati, il servizio WCS fornisce una descrizione dettagliata del dato tramite metadati e la possibilità di interrogare in modo puntuale, oppure con *query* precise, i valori di *digital number* presenti nei pixel dell'immagine originale (Figura 33). Il WCS è l'alternativa raster allo standard Web OpenGIS® Mapping Service (WMS) che produce una immagine digitale generata da una fonte di dati vettoriali.

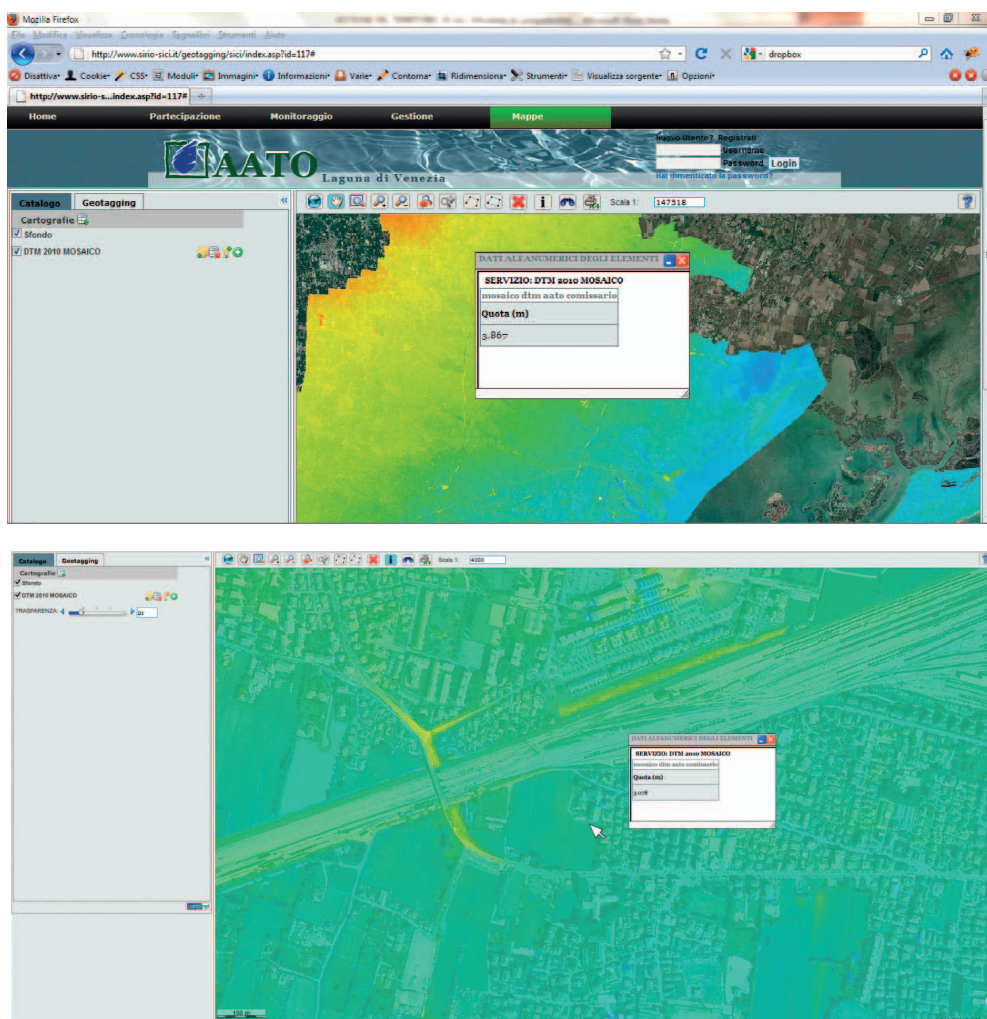


Figura 33 - Due esempi di interrogazione del Modello Digitale del Terreno (www.sirio-sici.it).

La tematizzazione del dato LiDAR è stata effettuata compilando un file di testo con il formato OpenGIS® Styled Layer Descriptor (SLD) (Figura 34). SLD permette di controllare la rappresentazione visiva dei dati geospaziali.

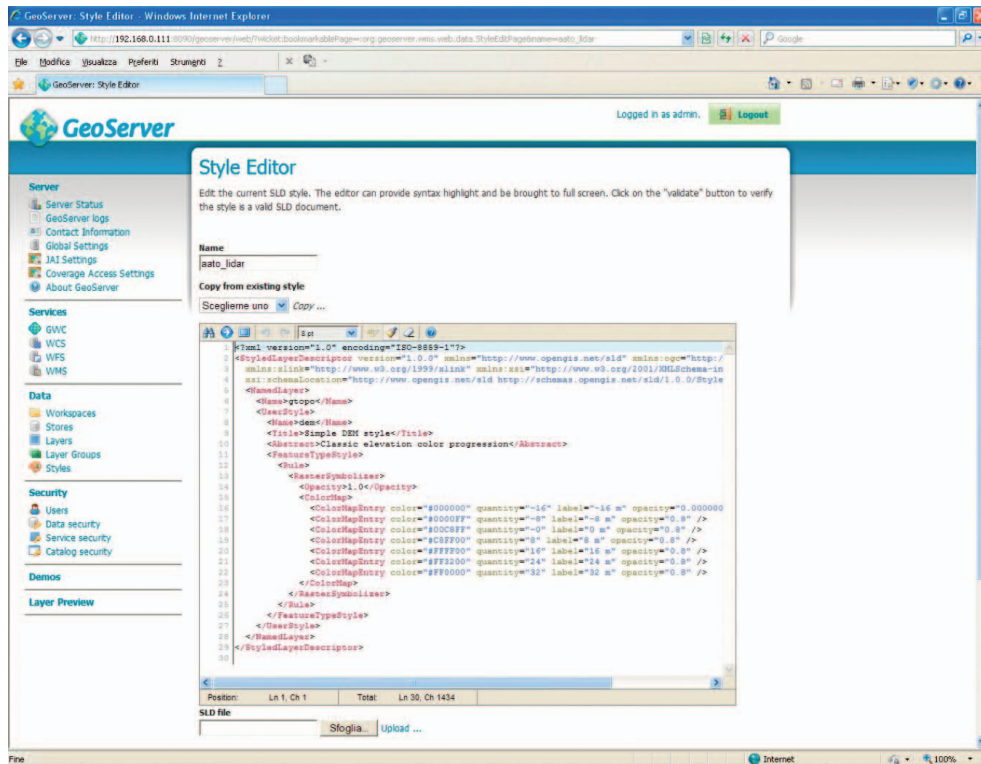


Figura 34 - Compilazione del file SLD tramite l'interfaccia web di Geoserver.

Il file SLD è stato associato al servizio WCS pubblicato in Geoserver (Figura 35).

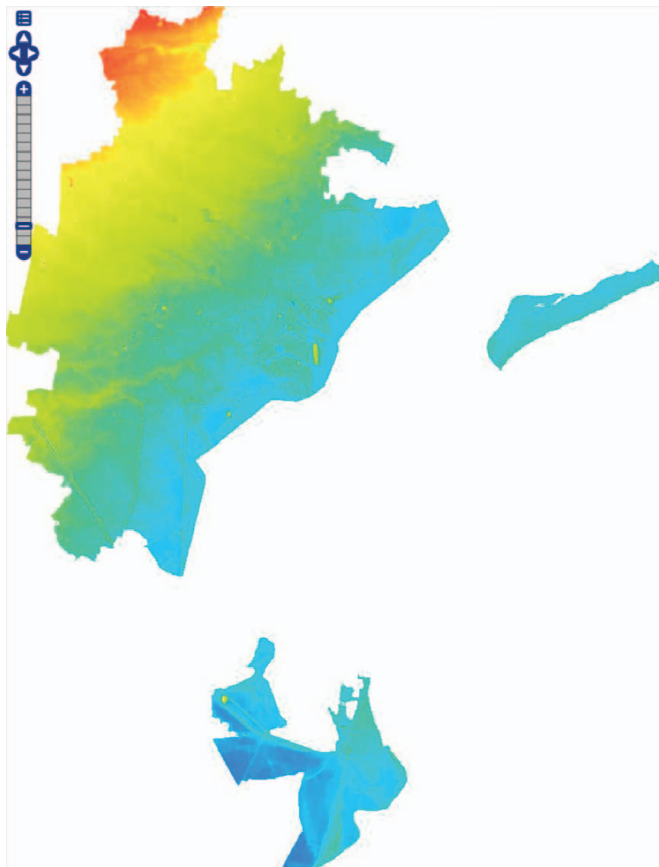


Figura 35 - Anteprima del dato LiDAR pubblicato con Geoserver.

3 Gli utilizzi e le applicazioni possibili del dato LiDAR

3.1 Sicurezza del territorio e invarianza idraulica

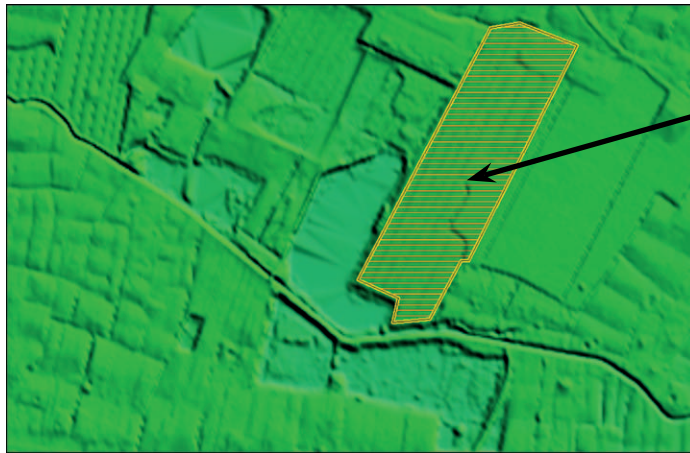
Come anticipato nel paragrafo 1.1, la DGR n. 1322 del 10/5/2006 della Regione Veneto propone delle nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici. La Regione ha altresì fornito gli indirizzi operativi e le linee guida per la verifica della compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche con la realtà idrografica e le caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche del territorio.

È certamente maturata in questi anni la consapevolezza che l'azione antropica ha contribuito ad accrescere il rischio idraulico, influenzando negativamente sui processi di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi nei corpi idrici, modificando il regime idrologico ed incrementando sensibilmente i contributi specifici dei terreni. L'esperienza acquisita dai soggetti istituzionalmente preposti in questo periodo di applicazione ha peraltro evidenziato la necessità di garantire omogeneità di approccio agli studi di compatibilità idraulica. Questi si concretizzano sostanzialmente in elaborazioni idrologiche, idrogeologiche ed idrauliche finalizzate a definire progettualmente gli interventi che hanno funzione compensativa per garantire l'"invarianza idraulica", laddove il principio di invarianza idraulica delle trasformazioni del territorio viene così definito: "Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la trasformazione di un'area che non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa."

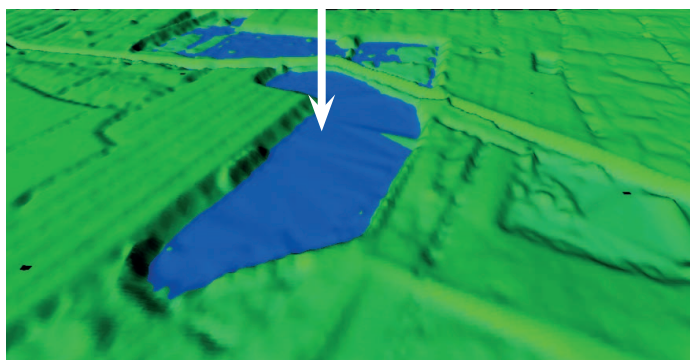
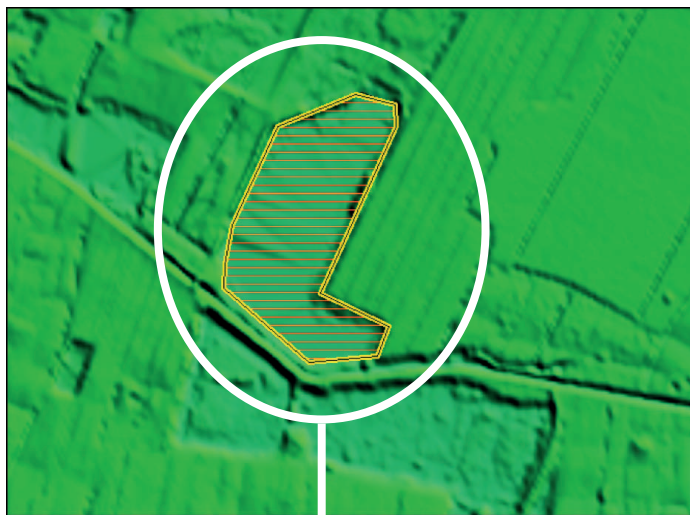
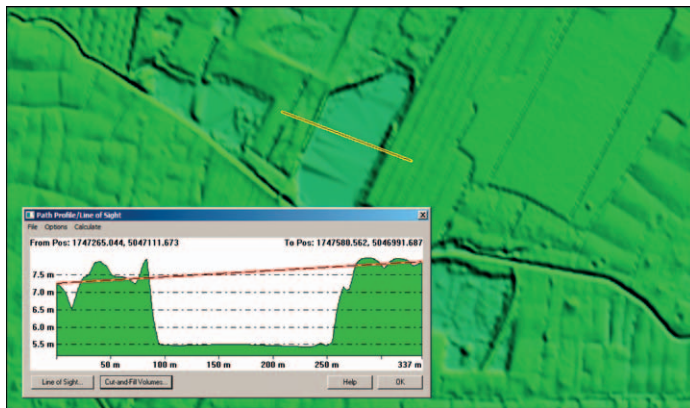
Nelle linee guida per gli studi di compatibilità idraulica non è citato l'utilizzo di modelli digitali ad alta risoluzione, mentre il mondo della ricerca scientifica si sta già muovendo in questo senso da diversi anni.

La disponibilità di un Modello Digitale del Terreno ad alta risoluzione è chiaramente di grande supporto per l'analisi, il calcolo e l'individuazione dei siti per la progettazione delle opere compensative richieste finalizzate a garantire l'invarianza idraulica.

A titolo di esempio si riporta in figura 36 il caso di un'opera di impermeabilizzazione del suolo prodotta dalla costruzione di un nuovo parcheggio, a cui segue l'individuazione, nella stessa zona, dell'opera compensativa richiesta dalla normativa per garantire l'invarianza idraulica. Nella parte a) è mostrata l'estensione dell'area, occupata da suolo agricolo, da destinare al nuovo parcheggio per una superficie di 15,76 ettari. Nella parte b) è mostrato il profilo (profondità media di circa 2 m rispetto al piano campagna), ricavato dal DTM, della porzione di territorio destinata a diventare area di invaso. Nella parte c) è mostrato il calcolo basato sul DTM del volume totale che l'invaso potrebbe raccogliere dalle acque piovane e di deflusso superficiale.



Nuovo parcheggio: 15,76 ettari di impermeabilizzazione di suolo agricolo



L'area individuata per la costruzione del nuovo invaso che può raccogliere fino a 156.800 m³ di acqua (calcolo speditivo basato sul DTM).

Figura 36 - Il DTM generato da rilievo LiDAR consente di eseguire in modo rapido valutazioni preliminari accurate nel calcolo di invasi e opere per garantire l'invarianza idraulica.

3.2 Qualità ambientale in ambito urbano

I dati LiDAR consentono di restituire, grazie all'informazione sulla terza dimensione contenuta nei diversi prodotti derivati, una serie di rappresentazioni efficaci di parametri di qualità ambientale, come ad esempio il verde urbano.

Appositi strumenti ed algoritmi di classificazione consentono infatti di restituire la copertura vegetale arborea classificandola per quota (rispetto al suolo) e di calcolare la copertura superficiale e quindi costruire un apposito indice per valutare il grado di presenza di aree verdi per unità di superficie.

Come noto, il dato grezzo LiDAR contiene le informazioni relative all'altezza di tutti gli oggetti presenti sulla scena rilevata come ad esempio edifici e vegetazione (Figura 37), da cui è possibile filtrare alcune classi di oggetti con appositi algoritmi.

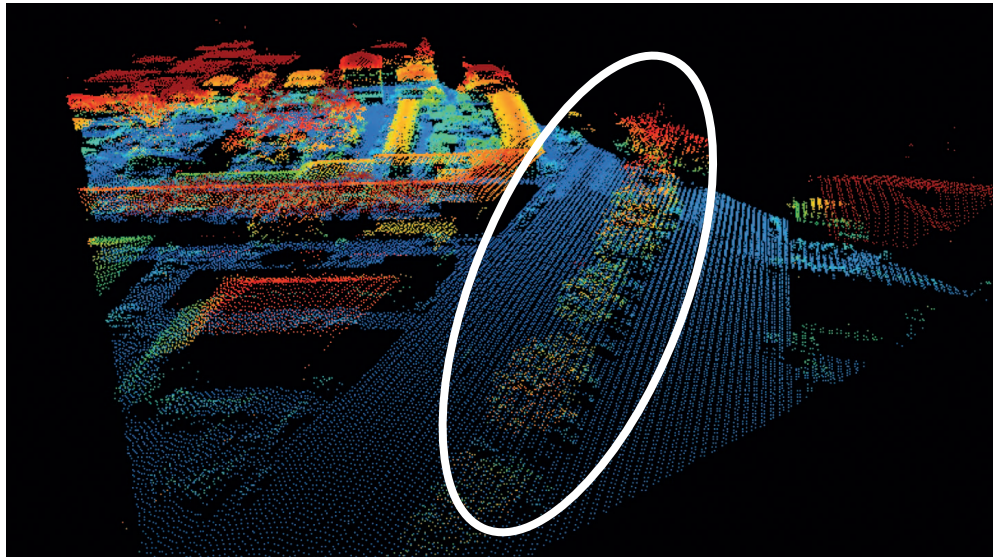


Figura 37 - L'individuazione della vegetazione arborea nella nuvola di punti generata dal rilievo LiDAR.

Ad esempio è possibile partire dal Modello Digitale delle Superfici (DSM) e dal Modello Digitale del Terreno (DTM) per calcolare un nuovo Modello Digitale che rappresenta esclusivamente le opere, i manufatti e la vegetazione (Figura 38) il cui

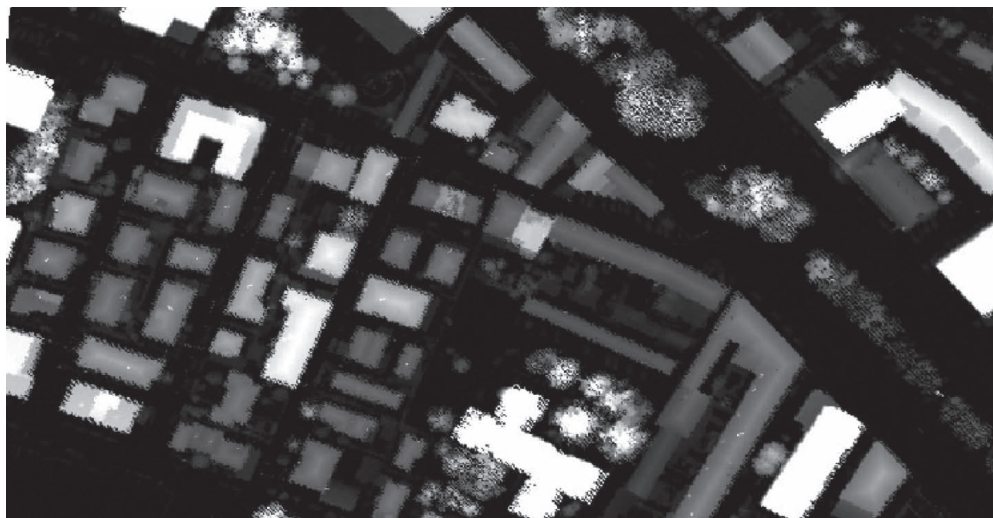


Figura 38 - Il Modello Digitale delle opere, dei manufatti e della vegetazione esprime per ogni cella l'altezza rispetto al terreno degli oggetti presenti.

contenuto informativo è rappresentato dalla quota rispetto al terreno di ciascun oggetto.

Grazie all'aumento delle risoluzioni spaziali, radiometriche, spettrali e temporali, la qualità dell'offerta di dati territorio-ambiente da piattaforme diverse è aumentata e si è arricchita notevolmente negli ultimi anni. Parallelamente è avvenuto un miglioramento degli strumenti di trattamento delle immagini telerilevate come i classificatori di ultima generazione per l'estrazione di informazioni strutturate. Tra queste la classificazione di tipo *object-oriented* ha raggiunto ottimi livelli qualitativi. Il risultato finale della classificazione è di natura vettoriale e rende il prodotto più vicino agli standard tradizionali della cartografia tematica.

La serie delle diverse piattaforme aeree e satellitari e i relativi sensori montati a bordo hanno raggiunto negli ultimi tempi risoluzioni spaziali e spettrali elevatissime (50 cm/pixel e fino a 8 bande da satellite, 10 cm/pixel e fino all'iperspettrale da aereo) consentendo di ottenere immagini multispettrali a costi sempre più accessibili anche alle piccole organizzazioni (Figura 39). Da queste è possibile calcolare in maniera speditiva indici di impermeabilizzazione o isolare le coperture vegetali, le acque ecc.



Figura 39 - La serie di immagini prodotte da piattaforme aeree e satellitari consente di effettuare accurate classificazioni per l'estrazione di tematismi come la vegetazione, l'acqua, i suoli impermeabili, le aree agricole ecc. L'immagine multispettrale a 8 bande è tratta da una scena WorldView-2 acquisita il 2 aprile 2010 con una risoluzione spaziale di 50 cm per pixel.

Il trattamento delle immagini telerilevate prima descritte, combinato con l'informazione contenuta nel dato LiDAR, consente di effettuare analisi accurate sulla copertura vegetale in ambito urbano. Ad esempio, è possibile restituire, per una superficie che può essere il territorio comunale, distrettuale o un territorio tassellato regolarmente, mappe vettoriali (Figura 40) con associati, a titolo di esempio, i seguenti attributi:

- n. di alberi presenti;
- altezza in metri sul terreno di ciascun albero;
- copertura superficiale delle chiome degli alberi.

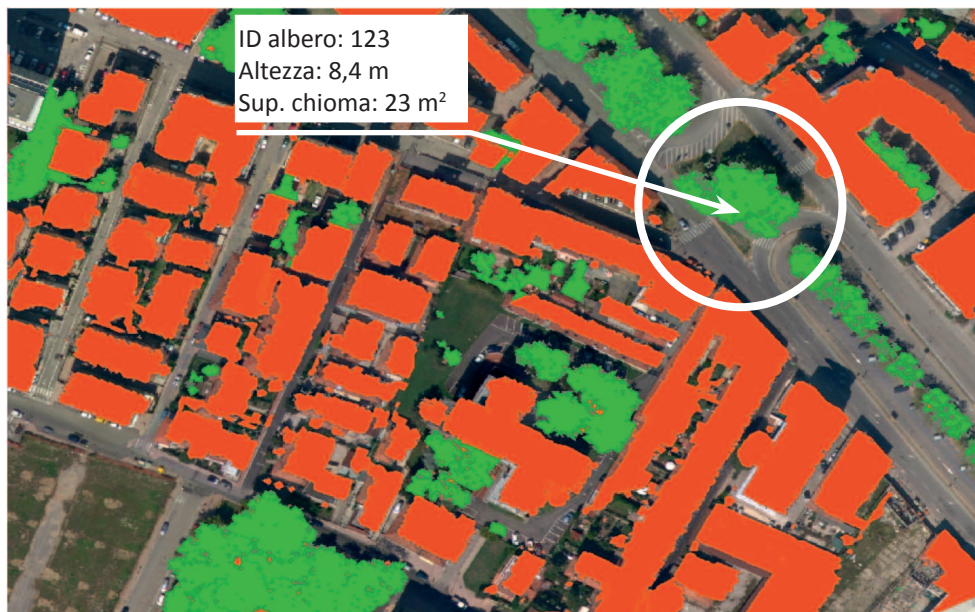


Figura 40 - Risultato della classificazione della copertura vegetale (in verde) e dell'edificato (in rosso).

Inoltre, è possibile visualizzare, come in figura 41, indici di sintesi per un intero territorio che rappresentino la presenza e la qualità del verde urbano (rappresentandoli magari attraverso una tassellazione regolare dello spazio).

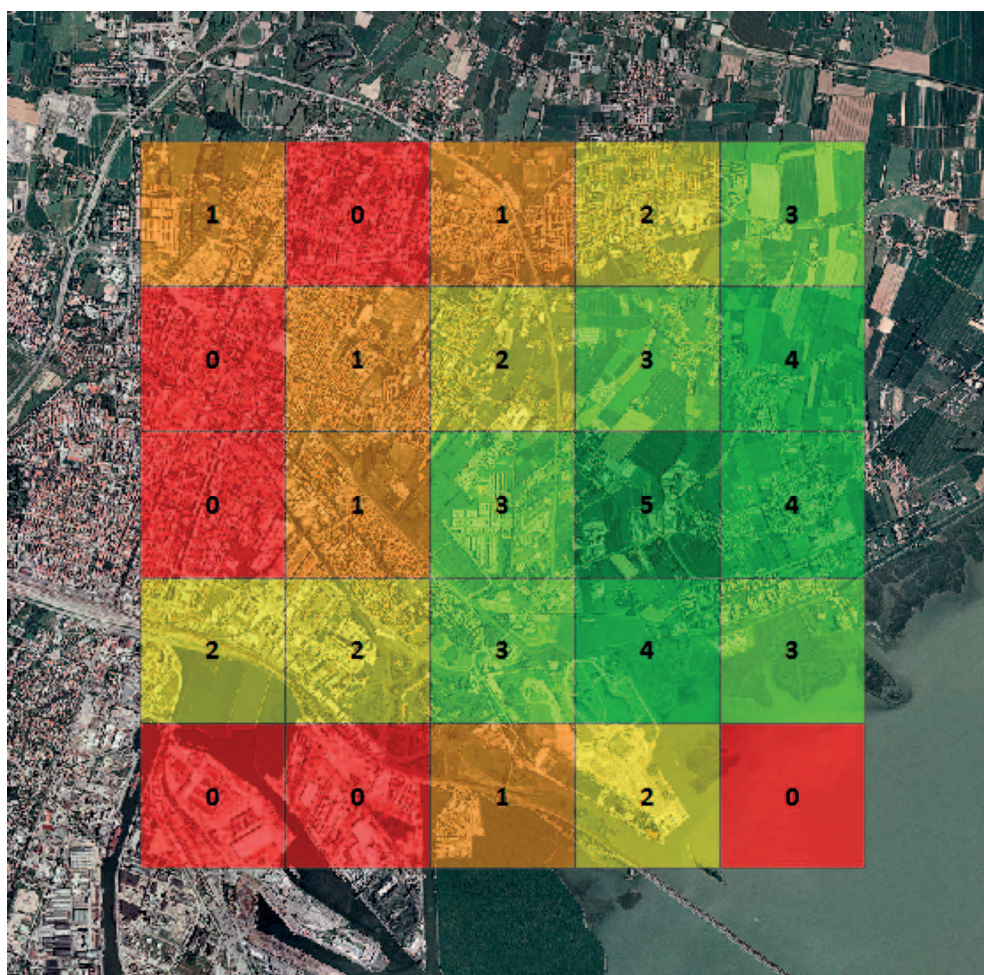


Figura 41 - La rappresentazione di un indice di sintesi che mostra la presenza e la qualità del verde urbano utilizzando una tassellazione regolare dello spazio.

3.3 Monitoraggio delle trasformazioni dell'uso del suolo e nuovi prodotti geoinformativi a valore aggiunto che sfruttano la terza dimensione

Parallelamente all'evoluzione dei sensori, della varietà di dati acquisibili da piattaforme diverse e a sempre maggiori risoluzioni spaziali, spettrali, radiometriche e temporali, si assiste ad un interesse sempre crescente sul tema dei cambiamenti nell'uso del suolo. Il tema delle trasformazioni territoriali è oggi sempre più al centro delle questioni legate al governo del territorio.

Nuovi strumenti di analisi per studiare le trasformazioni avvenute nel corso del tempo sul territorio sono di grande importanza, in quanto consentono di completare il quadro di conoscenze territoriali e ambientali acquisito con informazioni multi temporali di grande dettaglio e di integrarle tra loro ottenendo nuovi strati conoscitivi di grande interesse. In questo contesto l'analisi multi temporale di serie di dati telerilevati può dare un insostituibile contributo all'esperienza conoscitiva, in quanto consente efficaci ricostruzioni delle trasformazioni territoriali associabili a modalità di rappresentazioni di grande impatto comunicativo.

L'analisi basata su *change detection* si basa sul confronto multi temporale di immagini telerilevate, applicando metodi per la classificazione automatica e l'estrazione di temi dell'uso del suolo orientati alla quantificazione delle trasformazioni territoriali avvenuti nell'arco temporale di riferimento. La *change detection* consente di quantificare, per ogni classe di elementi, i cambiamenti intervenuti nei confronti di tutte le altre classi definite all'interno dell'analisi. I temi trattabili e soggetti a monitoraggio possono essere ad esempio il consumo di suolo, il rapporto tra *sprawl*² e matrici della morfologia urbana e territoriale, mentre la necessità d'indagine dei processi può essere sia di breve che di lungo periodo. La conoscenza delle trasformazioni in atto su un territorio è processo fondamentale per la pianificazione urbanistica ed ambientale e per la costruzione dei relativi quadri conoscitivi a supporto delle scelte di piano. Con i risultati delle analisi multitemporali è possibile ad esempio rispondere a domande quali: quanto terreno agricolo è stato urbanizzato? Quanti boschi sono stati abbattuti per far posto all'agricoltura? Come è evoluto il mosaico ambientale a seguito dell'abbandono delle pratiche agro-silvo-pastorali? Quali sono i trend dell'espansione edilizia? Qual è l'evoluzione del grado di impermeabilizzazione dei suoli negli ultimi decenni? Come e dove si sono modificati gli habitat naturali all'interno di un'area protetta? ecc.

I livelli informativi a disposizione per studiare i processi nel tempo sono numerosi: le riprese aerofotogrammetriche sono disponibili nel nostro paese a partire dal secondo dopoguerra (Figura 42) e le immagini da satellite dagli anni settanta, con risoluzione e qualità sempre crescente e a costi accessibili anche alle organizzazioni medie e piccole.

² Sprawl urbano, città diffusa o dispersione urbana sono termini che indicano una rapida e disordinata crescita di un'area metropolitana (Wikipedia).



Figura 42 - L'area di Mestre ripresa da fotogrammi aerei nell'arco temporale di cinquant'anni. Sopra un fotogramma della ripresa IGM-GAI 1955 e sotto la stessa area ripresa dal volo IT2000 CGR.

La Regione del Veneto, nel contesto territoriale delle regioni degli stati membri della UE, ha sviluppato un progetto per la realizzazione della prima carta dell'uso del suolo alla scala 1:10.000 con il prodotto DBCS (Data Base della Copertura del Suolo) partendo dal progetto GSE Land (www.gmes.info/) e utilizzando in combinazione immagini satellitari Spot, WorldView-2 e ortofoto recenti. Il servizio è indirizzato agli Enti locali e centrali che devono gestire, pianificare e controllare il territorio con particolare riferimento agli aspetti urbanistici (ad esempio per monitorare l'espansione urbana, le trasformazioni, le infrastrutture, la qualità ambientale).

La Carta della Copertura del Suolo della Regione Veneto alla scala 1:10.000 è stata realizzata tra il 2007 e il 2009 e recentemente ne è stato prodotto l'aggiornamento sui comuni interessati dal Passante di Mestre. Il prodotto si colloca all'interno della filiera PRECISO commercializzata da Planetek Italia S.r.l. (Figura 43) e strutturata su tre livelli differenti:

- Preciso®Italia;
- Preciso®Urban;
- Preciso®Land.



Figura 43 - La serie dei prodotti Preciso® sviluppati da Planetek Italia S.r.l.

Il primo rappresenta la copertura ad alta risoluzione generata da piattaforme satellitari di ultima generazione. Il secondo consiste in un livello informativo di natura vettoriale che rappresenta uno stato aggiornato dei temi relativi all'edificato e alle infrastrutture viarie. Infine, il terzo prodotto rappresenta il Database della Copertura del Suolo raffigurato nell'area di Mestre nella figura 44.

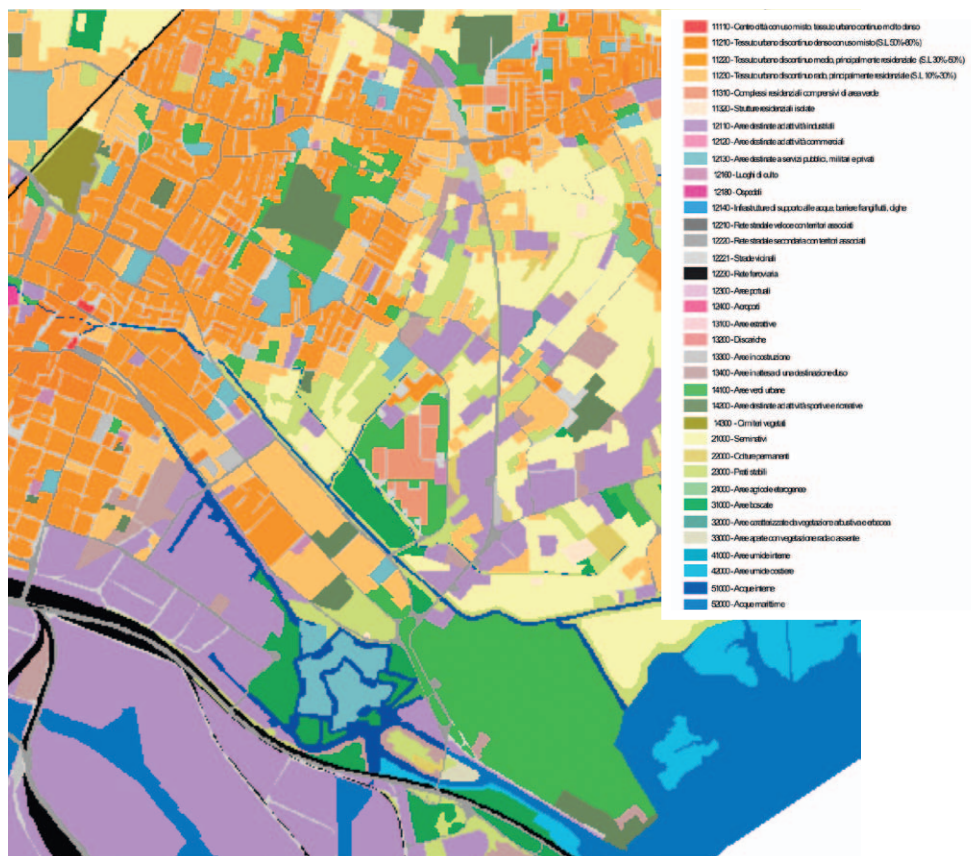


Figura 44 - La mappa di Copertura del Suolo nell'area di Mestre.

I dati LiDAR acquisiti dall'ultimo rilievo di AATO Laguna di Venezia e integrati con il rilievo del Commissario Straordinario possono essere di fondamentale importanza per sviluppare un modello rapido ed efficace per il monitoraggio delle trasformazioni nell'uso del suolo, ad esempio per effettuare aggiornamenti speditivi su Carte Tecniche e Catastali.

Nella figura 45 è raffigurata la cartografia catastale vettoriale sovrapposta al dato LiDAR, vista in modalità di rappresentazione 3D. Dall'esempio è possibile verificare l'esistenza di alcuni edifici non presenti nei livelli vettoriali relativi al Catasto e all'edificato da CTRN, come pure la scomparsa di alcuni edifici censiti nel livello vettoriale.

Figura 45 - Esempio di individuazione di un edificio non ancora presente nelle banche dati vettoriali relative all'edificato (cerchio rosso); esempio di edifici presenti nel db vettoriale ma non più esistenti (ovale verde).



I nuovi attributi derivati dai dati LiDAR, integrabili all'interno dei livelli informativi relativi all'edificato, possono essere ad esempio:

- la quota minima, massima e media del singolo edificio rispetto al terreno;
- il volume in metri cubi;
- il numero di piani.

3.4 Efficienza energetica ed energie rinnovabili

Un'ulteriore applicazione del dato LiDAR, di grande interesse attuale, riguarda il tema della produzione di energia da fonti rinnovabili. Come noto, infatti, il fotovoltaico e il solare termico stanno prendendo sempre più campo, grazie alla tecnologia ormai consolidata e alla disponibilità di incentivi per favorire il passaggio dalle produzioni tradizionali di energia a quelle rinnovabili. In questo senso, la copertura LiDAR relativa agli edifici (Figura 46) consente di ottenere informazioni sull'esposizione

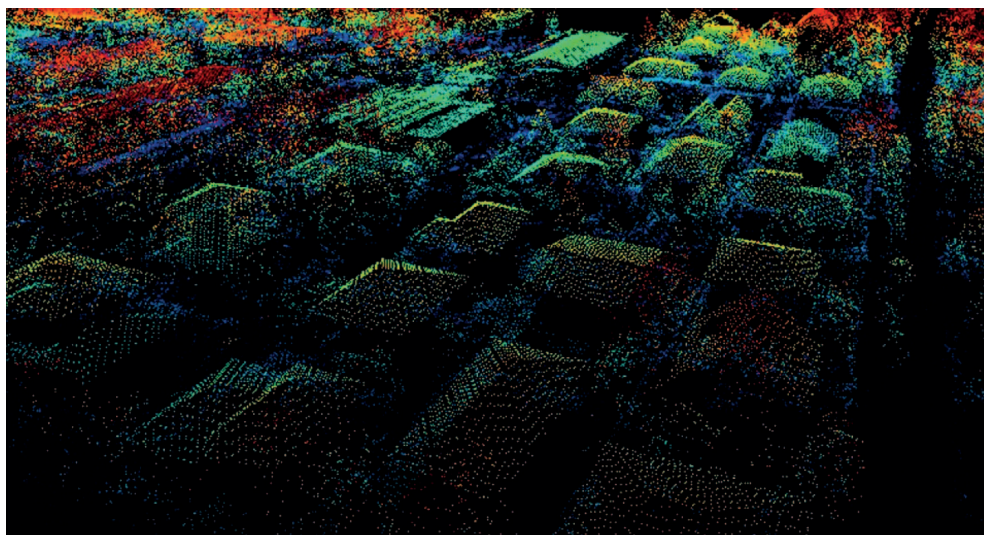


Figura 46 - Elevato dettaglio con cui sono rappresentate le falde dei tetti.

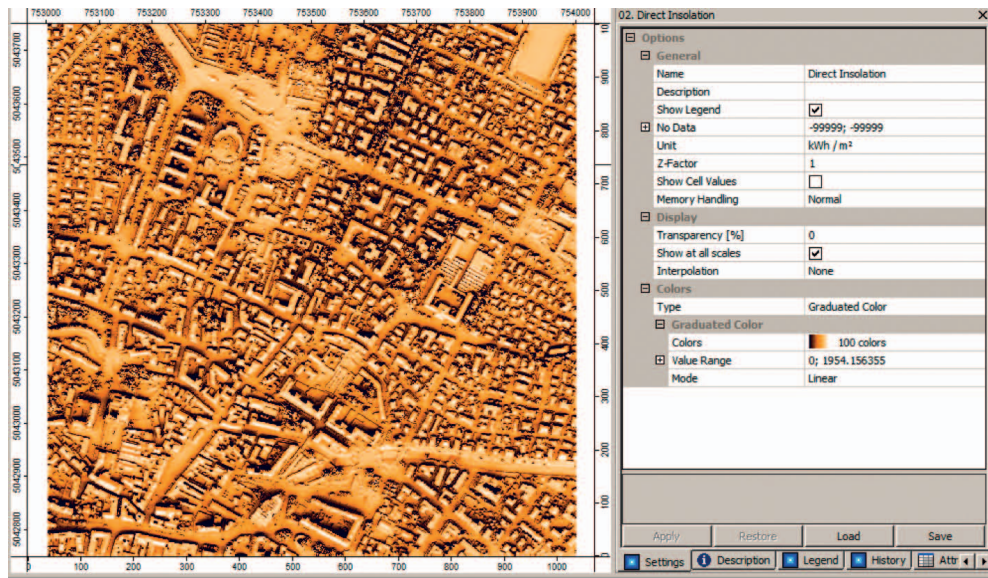


Figura 47 - Il calcolo dell'insolazione diretta sugli edifici basato sul DSM da dati LiDAR espresso in kWh/m²/anno (applicativo: System for Automated Geoscientific Analyses).

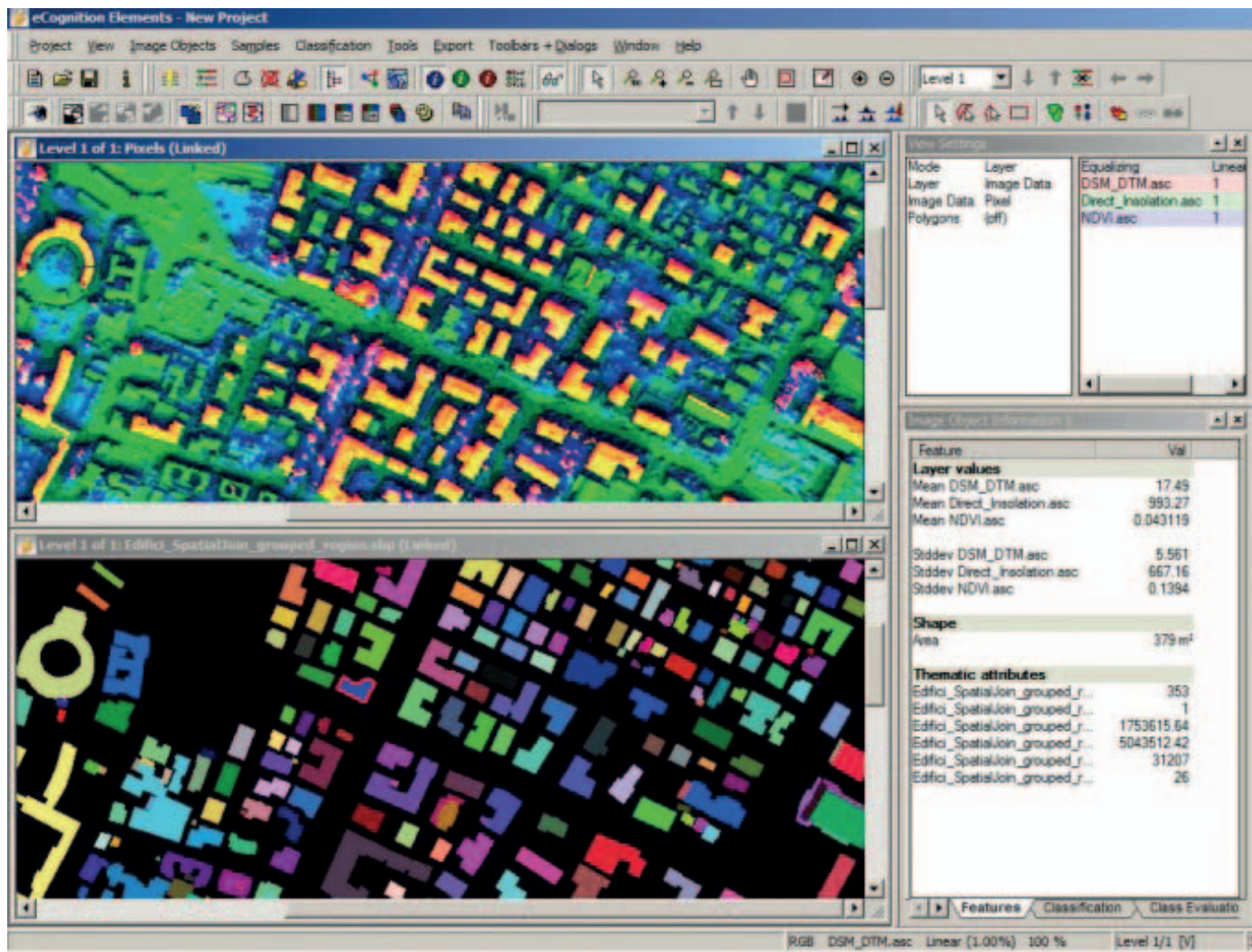
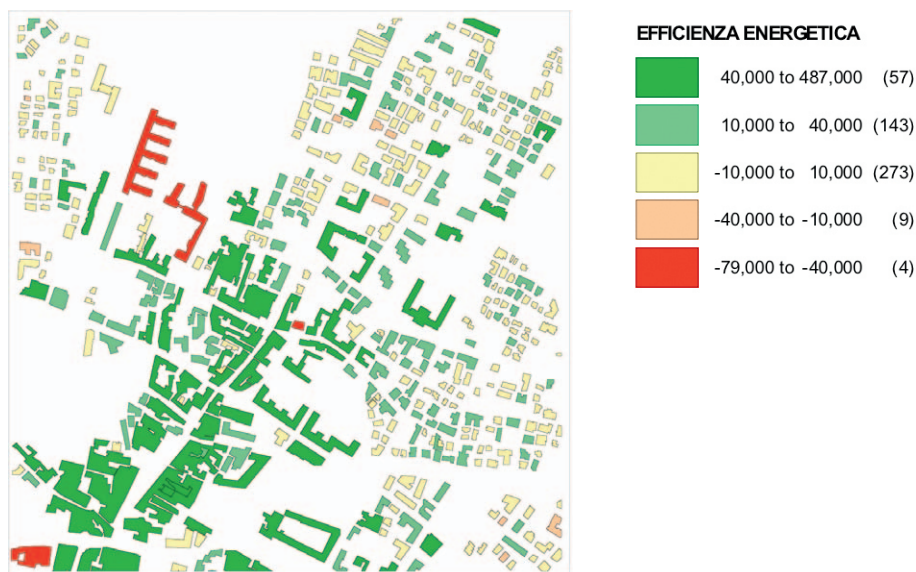


Figura 48 - Carta dell'efficienza energetica dei singoli edifici basata su dati LiDAR espresso in kWh/m²/anno.



e sulla pendenza delle falde dei tetti, permettendo così di calcolare l'intensità di irraggiamento solare ed il grado di rendimento energetico, in caso di installazione di pannelli fotovoltaici o solare termico.

Per il calcolo della radiazione solare potenziale (Figura 47) si utilizza la base costituita dal DSM. Il Digital Surface Model può essere trattato per produrre due dataset derivati, utili al calcolo della "Potential Incoming Solar Radiation": 1) la mappa di esposizione dei tetti (*aspect*), costruita utilizzando un algoritmo che si basa su un kernel 3 x 3 con il metodo di *Horn's* alle differenze finite di terzo ordine; 2) le pendenze, con cui viene calcolata la pendenza per ciascuna cella e di conseguenza l'esposizione (come direzione della pendenza).

Questo tipo di analisi può essere incrociato con la domanda di energia interna per ogni edificio, basata su consumi reali (bollette delle utenze) o stimati in relazione al consumo medio per abitante (calcolato su censimenti Istat e anagrafe comunale). Il risultato della combinazione delle informazioni restituisce la carta dell'efficienza energetica dei singoli edifici (Figura 48 e 49).

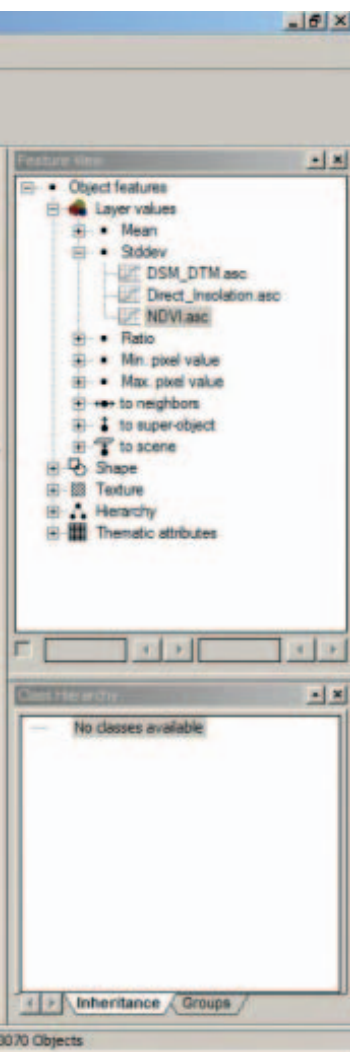


Figura 49 - Il processo di costruzione della banca dati sull'efficienza energetica relativa all'edificato. (applicativo: eCognition Elements 4.0)

4 Collaborazione con la pubblica amministrazione *piattaforme web 2.0*

La gestione del territorio e i processi di manutenzione urbana vedono coinvolti numerosi soggetti che possiamo sommariamente classificare su due fronti:

- 1 - da un lato troviamo gli Enti Locali Territoriali (Regioni, Province, Comuni, Comunità montane, Enti Parco ecc.), ai quali viene demandato il governo del territorio, che sono titolari, a diversi livelli, delle competenze per governarne le trasformazioni. Questi soggetti hanno di fatto un ruolo di alta direzione e il compito di definire le politiche e le strategie di gestione del territorio assicurando la disponibilità delle risorse, il rispetto delle leggi e il miglioramento continuo del sistema nel suo complesso;
- 2 - dall'altro lato troviamo una serie di soggetti, che possono essere esterni o meno alla pubblica amministrazione, ai quali viene richiesto di collaborare, fornire pareri e consulenze, progettare ed eseguire lavori: enti e società, progettisti, direttori lavori, tecnici, imprese ma anche cittadini che desiderano essere aggiornati sulle attività che vengono realizzate sul loro territorio, sui risultati che tali attività producono, e che vogliono poter "dire la loro".

Ciascuno di questi soggetti ha innanzitutto il desiderio e spesso la necessità di "conoscere" l'ambiente in cui vive o dove è chiamato ad operare: gli enti territoriali per pianificare e gestire; i tecnici e le imprese per progettare e realizzare; i cittadini per valutare e promuovere o meno le azioni di governo.

Tutti costoro hanno però anche la possibilità e la opportunità – consapevole o meno – di essere essi stessi produttori di dati e di informazioni: se gli enti territoriali hanno tra i loro compiti istituzionali il monitoraggio del territorio e quindi la diffusione di informazioni relative allo stato del territorio stesso, un ruolo analogo può averlo il progettista che effettua dei sopralluoghi per verificare uno stato di fatto o il cittadino che individua un problema su una strada o una impresa che aggiorna l'avanzamento del proprio cantiere.

Ogni persona, ogni professionista, ogni azienda è quindi nel contempo fruitore e fornitore di dati e, se inserito in un corretto processo, può trasformare il suo ruolo da quello di semplice fornitore a quello di manutentore di dati.

Questa trasformazione è importante perché può contribuire ad alleviare il pesante onere della manutenzione e dell'aggiornamento dei dati territoriali che la pubblica amministrazione porta ancora oggi quasi completamente sulle proprie spalle. Non che questa sia un'impresa impossibile, ma la nostra esperienza quotidiana ci dice che nonostante tutta la buona volontà, quello dell'aggiornamento dei dati è stato e rimane un problema.

Normalmente le difficoltà sono di organizzazione e legate alle risorse: non ci sono i soldi per realizzare un monitoraggio continuo del territorio; non c'è una struttura organizzativa in grado di garantire il costante aggiornamento dei dati.

E allora, quale è il corretto processo di cui parlavamo e che potrebbe consentire di superare il problema organizzativo appena citato facendo evolvere il fornitore di dati al ruolo di manutentore?

Una risposta è: il processo “collaborativo”.
 Uno strumento che può realizzare tale processo è il “network collaborativo” ovvero, utilizzando una definizione forse più familiare: il Web 2.0.




Figura 50 - Diagramma di esemplificazione del web 2.0 (<http://blog.web2fordev.net/2007/07/16/web20-overview-chart/>).

Col termine Web 2.0 si intendono una serie di applicazioni web che consentono o facilitano la condivisione delle informazioni, la partecipazione sociale, l'interoperabilità dei sistemi, la progettazione distribuita, in poche parole: la collaborazione. Una applicazione Web 2.0 permette agli utenti di interagire all'interno di una comunità in cui ciascuno è fruitore di contenuti e allo stesso tempo può esserne produttore.

Gli esempi più comuni di applicazioni Web 2.0 (che sono innumerevoli come si evince dal diagramma di figura 50) sono i siti di *social networking*, i *blog* e i *wiki*, ma come capiamo bene Web 2.0 non è semplicemente una questione di tecnologia; Web 2.0 è una filosofia. È un nuovo modo di lavorare. È, citando David Weinberger³, disintermediazione.

Secondo questa visione, quando saremo riusciti a limitare il ruolo di intermediario della pubblica amministrazione e a sviluppare un sistema collaborativo per la manutenzione dei dati territoriali e che faciliti la progettazione di interventi sul territorio, avremo ottenuto un grande risultato.

³ David Weinberger è uno degli autori, insieme a Rick Levine, Christopher Locke, Doc Searls, del *Cluetrain Manifesto*: scritto nel 1999 è un insieme di 95 tesi che invitano all'azione tutte le imprese che operano all'interno del nuovo mercato interconnesso di Internet.



Un'altra esperienza molto interessante e veramente Web 2.0 è quella di Kublai⁶: un ambiente di progettazione pensato per i creativi e orientato allo sviluppo locale, promosso dal Dipartimento per le politiche di sviluppo del Ministero dello Sviluppo Economico.

Kublai aiuta a produrre progetti che abbiano impatto sul proprio territorio e ne aiutino lo sviluppo. Il lavoro della community è facilitato dalla assistenza alla progettazione offerta dagli economisti del Dipartimento di Politiche di Sviluppo (DPS), oltre che dalla possibilità di interagire con altri professionisti con lo scopo di creare collaborazioni utili allo sviluppo del progetto e di reperire le risorse finanziarie utili alla sua realizzazione.

Il respiro di Kublai è diverso e in qualche modo complementare rispetto a quello delle esperienze citate in precedenza, ma dimostra che ormai lavorare al di fuori della comunità in rete rischia di essere comunque una scelta perdente.

⁶ www.progettokublai.net/. Su questi temi può essere interessante la lettura del libro Wikicrazia di Alberto Cottica – Navarra editore.

Finito di stampare
nel mese di dicembre 2011
da Grafiche Erredici Srl - Padova

Sede legale

Ca' Corner
S. Marco, 2662
30124 Venezia

Sede operativa

Via Pepe, 102 - 30172 Mestre (Ve)
Tel. 041 5040793 - Fax 041 3969123
e-mail: info@atolagunadivenezia.it
website: www.atolagunadivenezia.it

