



Regione Lombardia
Agricoltura



Corpo Forestale dello Stato



Linee guida per la perimetrazione a terra delle superfici percorse da incendio

Supporto ai Comuni per l'applicazione della legge 353/2000



GRUPPO DI LAVORO

- Dr.sa Bruna Comini – ERSAF Struttura Gestione Forestale e Monitoraggio Ambientale
- Arch. Cinzio Merzagora – Regione Lombardia DG Agricoltura U O Sviluppo e Tutela del Territorio Rurale e Montano
- VQAF Dr. Maurizio Olivieri - Corpo Forestale dello Stato Coordinamento Regionale di Milano, Area Forestale Ambientale e Difesa del Suolo
- Dr. Gherardo Fracassi – ERSAF Struttura Gestione Forestale e Monitoraggio Ambientale
- Topografo Esp. Lorenzo Cavini – consulente ERSAF Struttura Gestione Forestale e Monitoraggio Ambientale
- Ag. Sc. Giorgio Deligios - Corpo Forestale dello Stato Coordinamento Regionale di Milano, Area Forestale Ambientale e Difesa del Suolo
- Ag. Giovanni De Lutiis - Corpo Forestale dello Stato Coordinamento Regionale di Milano, Area Forestale Ambientale e Difesa del Suolo
- Piero Proserpio – consulente ERSAF Struttura Gestione Forestale e Monitoraggio Ambientale
- Silvia Osnago – tirocinante ERSAF Struttura Gestione Forestale e Monitoraggio Ambientale

Si ringrazia per la collaborazione prestata durante l'attività sperimentale in campo:

I dipendenti di ERSAF Loris Berardinelli, Giuseppe De Franceschi, Battista Ghidotti, Vincenzo Ghidotti, Avelino Lombardi, Umberto Panizza, Davide Fiorini;

I Comandi Stazione del Corpo Forestale dello Stato di Lecco, Gera Lario, Menaggio, Sondrio, Morbegno, Grosotto, Tirano, Chiavenna, Chiesa in Valmalenco, Carlazzo, Berbenno.

Comunità Montana Lario Orientale, Comunità Montana Alto Lario Occidentale, Comunità Montana Alpi Lepontine, Comunità Montana Valtellina di Morbegno, Comunità Montana

Valtellina di Sondrio, Comunità Montana Valtellina di Tirano, Comunità Montana Alta Valtellina.

I Volontari AIB operanti sul territorio delle Comunità Montane di cui sopra.

Il presente lavoro si è arricchito grazie al prezioso contributo di:

dott.sa Mengoli - Regione Liguria; dott. Debrando - Regione Piemonte; dott. Cesti - Regione Autonoma della Valle d' Aosta; dott. Bacchini - Regione Veneto; dott. Gottardo - Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia; dott. Tesi - Regione Toscana.

Infine si ringraziano l'Istituto Sperimentale per l'Assestamento Forestale e per l'Alpicoltura (ISAFa) di Villazzano TN per il proficuo scambio di idee e strumentazione e LOMBARDIA INFORMATICA e LOMBARDIA SERVIZI per la collaborazione ed il trasferimento di dati.

INDICE

INDICE.....	3
INTRODUZIONE	4
LE LINEE GUIDA.....	4
L'OGGETTO DEI RILIEVI.....	6
IL SISTEMA GPS	6
LA STRUMENTAZIONE	8
FASI OPERATIVE PER I RILIEVI A TERRA	12
PIANIFICAZIONE RILIEVO.....	12
Tempistica	12
Planning.....	12
Identificazione della base fissa	14
Tempi di avvicinamento al perimetro	15
Orografia.....	16
Interferenze sul segnale GPS.....	16
Organizzazione del gruppo di lavoro	17
OPERAZIONI DI CAMPAGNA: il rilievo	18
TRATTAMENTO ED ELABORAZIONE DATI	22
OSSERVAZIONI.....	22
PROCEDURA OPERATIVA PROPOSTA.....	25
SCHEDE.....	28
BIBLIOGRAFIA.....	33
ALLEGATO 1: APPROFONDIMENTI	34
IL SISTEMA GPS	34
IL SISTEMA DI RIFERIMENTO WGS84.....	36
OSSERVAZIONI SULL'INTEGRAZIONE CON ALTRE CARTOGRAFIE.....	38
ALLEGATO 2: GLOSSARIO.....	41

INTRODUZIONE

La perimetrazione delle superfici boscate percorse dal fuoco è di stringente attualità. La Legge quadro in materia di incendi boschivi L.353/2000 prevede infatti la creazione da parte dei Comuni di un catasto degli incendi che riporti gli eventi verificatisi nell'ultimo quinquennio, la loro localizzazione e relativa perimetrazione, al fine di apporre il vincolo quindicennale al mutamento di destinazione ed il vincolo decennale di inedificabilità, di pascolo e di caccia. A livello nazionale il Corpo Forestale dello Stato (C.F.S.) ha attivato procedure per un sostanziale miglioramento del rilevamento delle superfici percorse da incendio, con l'inserimento dei rilievi nel Sistema Informativo della Montagna (SIM), secondo le indicazioni riportate nelle Disposizioni operative per la rilevazione a terra delle aree percorse da incendio a supporto delle attività di Polizia giudiziaria del C.F.S.. La Regione Lombardia con il Piano regionale delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi (Delib. G.R. Lombardia n.7/15534 del 12 dicembre 2003 - successivamente indicato come Piano regionale AIB) ha affrontato questa tematica, definendo gli indirizzi e le procedure sperimentali per l'identificazione delle superfici incendiate e dal 2003, la Direzione Generale Agricoltura, Unità Operativa Difesa dagli incendi boschivi e promozione forestale della Regione Lombardia in collaborazione con l'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e le Foreste (ERSAF) ed il Coordinamento Regionale del Corpo Forestale dello Stato ha dato inizio all'attività sperimentale di valutazione delle metodologie di perimetrazione a terra delle superfici percorse dal fuoco, al fine di predisporre le seguenti *Linee guida* di supporto ai Comuni.

LE LINEE GUIDA

A seguito dell'attività sperimentale, ERSAF è stato incaricato dalla Direzione Generale Agricoltura della Regione Lombardia di redigere le presenti Linee Guida in collaborazione con il C.F.S., al fine di offrire uno strumento di supporto alle Amministrazioni comunali e agli enti delegati, chiamati a rispondere agli adempimenti di legge, ribadendo al contempo il ruolo pianificatorio e programmatico regionale e di interlocutore naturale per la gestione delle informazioni da questi raccolte.

L'adozione delle modalità operative descritte permette di disporre di rilievi attendibili, ritenuti validi dalla Regione e dal C.F.S..

Il Piano regionale AIB contiene alcune indicazioni preliminari alle quali attenersi sia per quanto riguarda le modalità di rilievo in funzione dell'estensione presunta della superficie incendiata, che per l'ottenimento di un prodotto finale che possa ritenersi adeguato al contesto a cui è destinato, ossia l'applicazione dei vincoli previsti dalla normativa nazionale.

Superficie presunta	Modalità rilievo
0.2 ha - 5 ha	a terra
5 ha – 10 ha	discrezionale (terra/aereo)
>10 ha	aereo

Attualmente questa è l'indicazione del Piano che, tuttavia, potrà essere rivista a seguito del completamento dell'attività sperimentale sull'applicazione della fotointerpretazione e del telerilevamento per la definizione del perimetro dell'incendio.

La strumentazione indicata per l'esecuzione dei rilievi a terra, nel Piano regionale AIB, è di tipo GPS (*Global Positioning System*), tramite cui è possibile raccogliere informazioni geografiche in forma digitale, trasferibili ad un computer per l'elaborazione con l'uso di software dedicati, ed essere successivamente utilizzabili in ambiente GIS (*Geographical Information System*).

Nel corso del primo anno la sperimentazione è stata condotta da ERSAF e C.F.S. utilizzando la strumentazione GPS in dotazione ai propri operatori a terra. I rilievi sono stati condotti con il sostegno del personale C.F.S. e dei Volontari AIB intervenuti durante le operazioni di spegnimento contemporaneamente con apparecchiature di marca differente ed in condizioni ambientali diversificate in modo da poter mettere in luce le problematiche più frequenti, pregi e difetti delle tecniche adottate, evidenziando le possibili soluzioni alternative.

Nel corso del 2005 la Regione ha previsto un'attività sperimentale di identificazione e perimetrazione delle aree percorse da incendio boschivo, con estensione superiore ai 5 ettari, mediante l'uso di metodologie basate sulle tecniche di rilievo indiretto da aereo e da satellite.

L'OGGETTO DEI RILIEVI

In attesa di chiarimenti interpretativi della L.353/2000, chiesti dalla Regione Lombardia al Ministero per le Politiche Agricole e Forestali, la Regione ha previsto, nell'ambito delle attività sperimentali del 2004, la perimetrazione delle superfici percorse da fuoco limitatamente alle superfici definite bosco, ai sensi della LR 27/2004.

In sintonia poi con quanto indicato nel Piano regionale AIB, gli eventi presi in considerazione sono quelli su superfici boscate percorse dal fuoco per un'estensione minima di 2.000 metri quadrati.

Per quanto riguarda la presenza all'interno del perimetro di incendio, di "isole" non bruciate rappresentate da bosco o da radure non definibili bosco, ai sensi della LR 27/2004, si è valutato opportuno rilevare, ed escludere dalla superficie da vincolare, qualsiasi porzione interna non bruciata solo se superiore a 1.000 mq.

Il limite di rilievo pari a 1.000 metri quadrati, è stato fissato come prima indicazione in attesa di ulteriori riscontri ed indicazioni ottenibili dall'analisi delle prime fasi attuative della normativa. In fase operativa è infatti emerso come la perimetrazione di superfici di limitata estensione comporti delle implicazioni funzionali ed economiche non trascurabili. La definizione del loro perimetro può risultare eccessivamente onerosa, sia in termini temporali che economici.

IL SISTEMA GPS

Il GPS è un sistema di posizionamento globale, basato su una costellazione di satelliti artificiali che orbitano intorno alla Terra emettendo continuamente dei segnali radio che, opportunamente intercettati ed elaborati da un apposito ricevitore, permettono di risalire alla posizione di stazionamento con precisioni variabili a seconda della strumentazione impiegata e delle metodologie di misura e di calcolo adottate. Per ottenere un rilievo tridimensionale occorre che il ricevitore capti i segnali di almeno 4 satelliti.

IL SISTEMA GPS

SATELLITI

sincronizzati tra loro
EMETTONO un SEGNALE continuo verso Terra

RICEVITORI MOBILI
(ROVER)

ricevono il segnale
CALCOLANO e REGISTRANO
la PROPRIA POSIZIONE
(nel sistema geodetico "WGS84")

STAZIONI
PERMANENTI
(BASI)

ricevono il segnale
GENERANO i FILES
per la CORREZIONE
DIFFERENZIALE

Elaborazione
dati

PERIMETRO INCENDIO

I segnali emessi dai satelliti sono costituiti da 2 onde elettromagnetiche portanti chiamate L1 e L2, modulate mediante tre codici: il codice C/A (*Course Acquisition code*), presente solo sulla L1, il codice P (*Precise code*) e il codice D (*Data code*). Tali codici permettono di ricavare informazioni relative al tempo e allo stato del sistema. Se il segnale osservato è un codice la posizione viene determinata con misure delle distanze ricevitore-satelliti (*pseudorange*), se invece l'osservazione riguarda un'onda portante, allora la posizione si ottiene con misure della fase dell'onda stessa (*carrier phase*).

Le misure GPS sono affette da una serie di errori, molti dei quali possono essere eliminati, o almeno minimizzati, differenziando le misure effettuate con quanto registrato da un altro ricevitore distante al massimo un centinaio di chilometri, che elabora simultaneamente e in modo opportuno i medesimi segnali satellitari (correzione differenziale).

Un aspetto che incide in modo determinante sulla precisione complessiva del posizionamento è la distribuzione geometrica dei 4 satelliti utilizzati dal ricevitore per il calcolo della posizione, che deve essere ampia e omogenea. Per agevolare il monitoraggio delle precisioni ottenibili dal sistema si esamina il cosiddetto PDOP (*Position Dilution Of Precision*), che è un indice che esprime la perdita di precisione nella determinazione della posizione imputabile alla geometria dei satelliti. A valori bassi di PDOP corrisponde una configurazione geometrica ottimale.

LA STRUMENTAZIONE

La strumentazione necessaria per eseguire un rilievo GPS consiste in **un ricevitore**, alimentato generalmente da batterie, collegato ad **un'antenna ricevente**, che rappresenta il punto fisico di cui si determinano le coordinate. L'antenna può essere integrata nel ricevitore stesso oppure esterna e collegata con un cavo, nel qual caso è necessario anche un supporto per agevolarne il trasporto e il posizionamento sui punti da rilevare. Le caratteristiche costruttive dell'antenna possono incidere notevolmente sulla capacità del sistema di ridurre i margini di errore discriminando i segnali disturbati da potenti fonti elettromagnetiche o deviati dalla presenza di superfici riflettenti (fenomeni di *multipath*).

Il mercato offre un'ampia gamma di ricevitori GPS, con prezzi che variano da poche centinaia a diverse migliaia di euro. Si distinguono principalmente in base a determinate

caratteristiche costruttive che si riflettono sulla capacità di gestire tutte o in parte le informazioni contenute nei segnali satellitari.

In particolare si valutano:

- l'utilizzo, se è per scopi hobbistici (trekking, navigazione), per produzione di dati geografici rilevati (classe *GIS/mapping*) o per rilevamenti geodetici-topografici (i più completi e costosi);
- il numero di canali dedicati per l'elaborazione delle informazioni satellitari, che indica di conseguenza anche il massimo numero di satelliti "agganciabili" contemporaneamente dal ricevitore, in quanto a ciascun satellite visibile nel ricevitore è riservato un canale differente (attualmente la maggior parte dei ricevitori hanno 12 canali);
- la disponibilità di memoria interna per archiviare i dati rilevati e sottoporli a correzione differenziale per aumentarne l'accuratezza posizionale;
- la capacità di eseguire la correzione differenziale in tempo reale (*real time*) o a posteriori (*post processing*);
- la capacità di osservare solo i segnali relativi all'onda L1 o anche i segnali dell'onda L2 (ricevitore a singola o a doppia frequenza);
- la capacità di eseguire solo misure di *pseudorange*, quindi osservando i codici, o anche di fase, osservando l'onda portante;
- la possibilità di monitorare durante il rilievo i parametri indicativi della precisione del posizionamento e di intervenire per aumentare la produttività piuttosto che la precisione e viceversa;
- la possibilità di combinare i segnali provenienti dalla costellazione GPS con i segnali provenienti da altre costellazioni analoghe (sistema russo GLONASS, sistema europeo GALILEO, in fase di realizzazione).

Ai fini del rilievo delle aree percorse da incendio, le caratteristiche della strumentazione GPS da impiegare dovranno rispondere ai requisiti generali dei **ricevitori della classe *GIS/mapping***. In pratica si possono riconoscere nei ricevitori a 12 canali, a singola frequenza, preferibilmente con antenna esterna, che eseguono misure di *pseudorange* sul codice C/A con possibilità di post processare i dati. Un aspetto particolarmente importante

è la possibilità di interagire con lo strumento, da un lato per stimare in tempo reale la precisione del posizionamento, dall'altro, per quanto concesso, di modificare i valori dei parametri sensibili per affinare la precisione o per aumentare la produttività. Un ulteriore aspetto da valutare è la disponibilità nella strumentazione di tecnologie dedicate a ridurre gli effetti dei fenomeni di disturbo sui segnali (*multipath*), generalmente imprevedibili e di difficile eliminazione.

Infine è necessario disporre di un software dedicato al trattamento dei dati, col quale trasferire i rilievi dal ricevitore al PC, visualizzare e verificare i dati raccolti, eseguire la correzione differenziale, esportare i rilievi in formati compatibili con i sistemi informativi geografici, eseguire previsioni sullo stato della costellazione (*planning*). Generalmente l'acquisto di un GPS include anche il software per il trattamento dei dati.

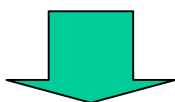
Nella tabella seguente sono evidenziate le impostazioni sulla strumentazione GPS, evidenziate dal Piano Regionale AIB, per alcuni dei parametri di rilievo modificabili dall'operatore:

Rilievo in 3D (almeno 4 satelliti)	tassativo
Tecnica <i>Pseudorange</i> (uso dei codici delle onde radio satellitari e non della loro fase)	tassativo
PDOP (<i>Position Dilution of Precision</i>) mask < 6	consigliato
Correzione differenziale	tassativo

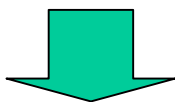
Le nozioni necessarie ad un utilizzo appropriato di strumentazione GPS, il trattamento ed elaborazione dei dati nei vari ambienti software, nonché i loro costi implicano la presenza di personale tecnico adeguatamente formato e qualificato, in grado di valorizzarne l'impiego anche negli ambiti lavorativi quotidiani.

COME OTTENERE IL PERIMETRO

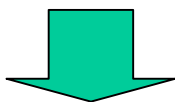
PIANIFICAZIONE DEL RILIEVO
 VALUTAZIONI A TAVOLINO
 CON IDENTIFICAZIONE
 DELLE CRITICITA' E DELLE MODALITA' DI RILIEVO



ORGANIZZAZIONE DEL GRUPPO DI LAVORO



OPERAZIONI DI CAMPAGNA



TRATTAMENTO ED ELABORAZIONE DATI
 CON RESTITUZIONE DEL DATO INFORMATIVO FINALE

FASI OPERATIVE PER I RILIEVI A TERRA

PIANIFICAZIONE RILIEVO

Un'accurata pianificazione del rilievo a tavolino è fondamentale in quanto ci sono aspetti da valutare e verificare che potrebbero compromettere l'ottimale riuscita del lavoro, inoltre una buona organizzazione del rilievo può significare una riduzione dei tempi di esecuzione dello stesso, quindi aumentare la convenienza di un rilievo di questo tipo rispetto ad un rilievo condotto con strumenti topografici speditivi (bussola, clisimetro e distanziometro).

Tempistica

La tempestività nell'esecuzione del rilievo, da completarsi preferibilmente entro due mesi, è di fondamentale importanza, in quanto consente una maggior sicurezza **nell'identificazione dei limiti** della superficie percorsa, anche nel caso in cui si tratti di aree pascolive. Inoltre, vista la statistica recidività degli eventi nelle medesime aree, ciò permette di distinguere con idonea sicurezza la superficie di incendio che si intende delimitare evitando che ci si **sovrapponga parzialmente** ad altri eventi verificatisi in un tempo non molto distante. In termini operativi l'assenza o la riduzione di vegetazione di sottobosco e di rovi aumenta la **sicurezza** e la **rapidità** negli **spostamenti** all'interno delle aree incendiate.

Planning

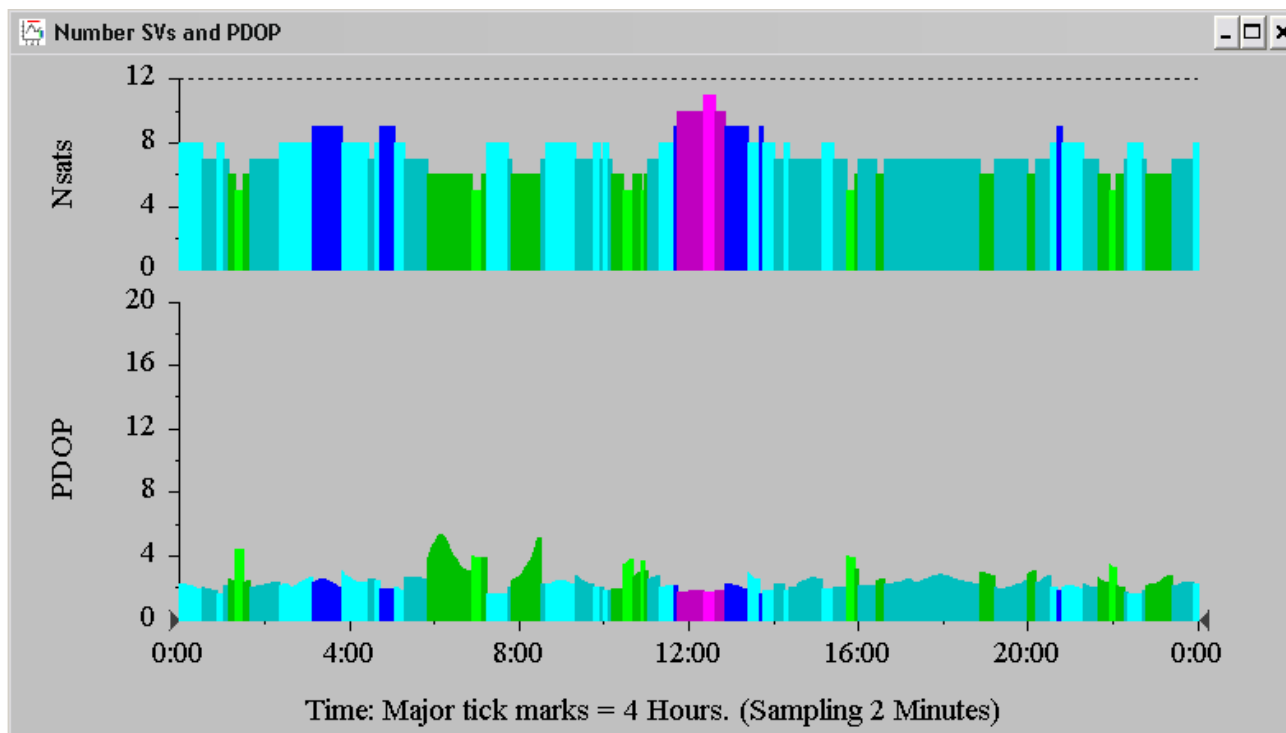
Con il termine di *planning* si intende definire la **costellazione oraria dei satelliti**. I ricevitori GPS ricevono dai satelliti l'almanacco che riporta le traiettorie giornaliere esatte di tutti i satelliti e che può essere elaborato da un apposito software per prevedere come varierà, col passare del tempo, la geometria della configurazione satellitare nelle ore programmate per il rilievo.

Una buona geometria satellitare in fase di *planning* non garantisce di per sé la bontà assoluta della configurazione satellitare in campo, in quanto essa è riferita ad un giro d'orizzonte privo di ostacoli, mentre il PDOP è un parametro dipendente dal contesto reale. I software di GPS *planning* più diffusi hanno la possibilità di ridisegnare il giro

d'orizzonte tenendo conto anche degli ostacoli orografici, previa misurazione (in loco o da cartografia o via GIS) di azimuth ed elevazione dell'orizzonte reale; questa opzione richiede un discreto lavoro di preparazione, che se può avere una qualche giustificazione nei casi di rilievi di punti singoli o di piccole zone, ove gli spostamenti sono tali da mantenere pressoché invariata la porzione di cielo visibile, rischia di diventare inefficace nei casi assai più frequenti di posizionamenti itineranti, come quelli della perimetrazione degli incendi. Inoltre occorre anche considerare che nelle immediate vicinanze di una posizione da rilevare possono presentarsi ostacoli non rilevati in cartografia, ma sufficienti da ostruire la visibilità verso qualche satellite (talvolta basta “perderne” anche solo uno per dover interrompere il rilievo), quali piccole pareti rocciose, vallette, coperture arboree particolarmente fitte.

Un GPS *planning* eseguito senza considerare gli ostacoli orografici consente in ogni caso di verificare quali siano, nell'intorno del punto considerato, le fasce orarie *sicuramente* critiche, e quali invece quelle *teoricamente* più produttive, salvo verifica in campo della effettiva produttività.

In definitiva, benché lo stato attuale della costellazione dei satelliti GPS garantisca ormai una buona copertura in ogni ora del giorno, è comunque buona norma effettuare un *planning* nei giorni precedenti il rilievo, per valutare quali siano le ore di maggiore produttività.



Configurazione della costellazione satellitare ottenute con software Quick Plan di Trimble

Questa figura mostra un esempio di restituzione grafica relativa alla configurazione della costellazione satellitare per il giorno 14 dicembre 2004, ottenuto da uno dei più diffusi *planning software* in circolazione. Il primo grafico indica il numero di satelliti visibili, mentre il secondo indica i valori di PDOP riscontrabili nell'arco delle 24 ore: nelle ascisse la scala temporale e nelle ordinate, rispettivamente, il numero di satelliti e i valori di PDOP. Da notare in colore verde le fasce temporali meno convenienti e in fucsia le più favorevoli.

Identificazione della base fissa

L'identificazione della Base Fissa è necessaria per la correzione in *post processing* (differenziale) e per la verifica dello stato di attività. E' ormai in fase di completamento la rete regionale di **Stazioni GPS permanenti** (dette comunemente **Basi**) adibite all'erogazione del servizio di generazione e distribuzione dei files necessari alla post correzione dei dati di campagna. Individuata quale sia la Base più vicina al sito del rilievo è necessario verificarne l'effettivo funzionamento: all'interno del sito internet della struttura che gestisce la Base prescelta sarà possibile controllare che non ci siano avvisi di interruzione del servizio (manutenzioni programmate) proprio in coincidenza del periodo in

cui si intende condurre il rilievo, per evitare di trovarsi poi nella condizione di dovere utilizzare i files di correzione generati da una stazione più distante e quindi con una correzione di qualità inferiore. Per garantire un buon livello di accuratezza è opportuno che la distanza tra Base e il ricevitore impiegato per il rilievo in campo (detto **Rover**) non superi i 100 km; la densità della rete regionale di Stazioni permanenti di prossima istituzione è tale da garantire ampiamente il rispetto di tale condizione, dal momento che la distanza media tra le stazioni non supera i 30-35 km. È possibile evitare, nella post correzione differenziale, l'uso dei dati di una Stazione permanente, ma comunque mai rinunciando all'uso contemporaneo di due strumentazioni GPS, una delle quali impostata come Base con l'antenna posizionata in corrispondenza di un punto fisso di coordinate note prossimo all'area di rilievo e dedicata alla registrazione continuativa dei segnali satellitari, in contemporanea con l'attività della strumentazione impiegata per il rilievo in campo. Ciò incide indubbiamente sui costi e sull'accuratezza del rilievo (necessità di disporre di un secondo GPS e della disponibilità di un operatore che resti a custodire l'installazione, necessità di reperire la monografia del punto di coordinate note e di posizionare l'antenna del secondo ricevitore esattamente su di esso, un furto o il semplice spostamento dell'antenna comprometterebbe la possibilità di eseguire la correzione del perimetro rilevato con il Rover).

Per maggiori dettagli sulla rete regionale di Stazioni GPS permanenti è possibile consultare il sito www.gpslombardia.it.

Tempi di avvicinamento al perimetro

I tempi di avvicinamento al perimetro sono da valutare attentamente in quanto possono talora rappresentare una sensibile parte del tempo complessivo necessario per il rilievo.

La viabilità di servizio, se presente può consentire una riduzione dei tempi di rilievo, gli operatori possono scendere lungo un lato del perimetro per essere poi ricondotti con automezzo nel punto di inizio per scendere lungo il secondo lato e chiudere il perimetro (risulta utile soprattutto in situazioni vegetazionali caotiche, non infrequenti nel caso sia trascorso molto tempo dall'incendio).

Orografia

L'orografia dei luoghi che devono essere attraversati influenza sensibilmente i tempi di esecuzione per il rilievo

- La presenza di ostacoli impedisce la visibilità diretta tra strumento e satelliti e può ridurre quindi sensibilmente la costellazione satellitare disponibile, impedendo la raccolta dei dati (canaloni, fondovalle stretti, esposizione del versante sfavorevole). In questo caso, se non è possibile raccogliere dati con tolleranza accettabile, aumentando per esempio di qualche punto il valore della PDOP *mask*, si deve valutare la possibilità di prevedere l'uso di strumentazioni ausiliarie per la misurazione di distanze e angoli. In particolare può rivelarsi utile e vantaggioso l'impiego di un **distanziometro** al laser (o al limite anche semplicemente di una cordella metrica, benché meno pratica e precisa), di una **bussola** e di un **clisimetro**, al fine di poter integrare il rilievo GPS col rilievo di una poligonale speditiva, fino al ritorno della piena operatività del sistema. Tuttavia occorre tenere presente che il rilievo di una poligonale speditiva effettuato con gli strumenti menzionati è suscettibile di una serie di errori sistematici e accidentali che si accumulano all'aumentare del numero di battute misurate e che quindi deve essere eseguito con elevata cura e eventualmente trattato a posteriori con calcoli di compensazione, se si vuole mantenere uno standard di accuratezza omogeneo nel rilievo.
- La presenza di salti di roccia, strapiombi o quant'altro possa impedire la prosecuzione del rilievo impone di programmare l'**itinerario** in modo da ottimizzare gli spostamenti, prevedendo di eseguire il **rilievo a spezzoni**.

Interferenze sul segnale GPS

La presenza di fonti di disturbo sul segnale satellitare nelle vicinanze dell'antenna del ricevitore GPS può determinare errori di posizione di entità incontrollabile e difficilmente eliminabili. In particolare possono essere soggetti a questo genere di errori i rilievi effettuati nei pressi di potenti fonti elettromagnetiche, quali linee elettriche dell'alta tensione, antenne trasmettenti, ripetitori, (fenomeno di *jamming*) e i rilievi effettuati in presenza di ostacoli in grado di riflettere le onde GPS, quali edifici, pareti rocciose, ma

anche fusti e chiome arboree (fenomeni di *multipath*). In tali casi il GPS legge comunque i dati in entrata, elaborandoli normalmente, dando quindi una informazione sulla posizione del punto affetta da errori non correggibili in fase di correzione differenziale - *post processing* - quindi con un grado di accuratezza inferiore.

Al fine di ridurre l'effetto di questi fenomeni di disturbo, praticamente sempre in agguato, importante risulta l'impiego in campo di **strumentazione tecnologicamente adeguata**. Alcuni ricevitori GPS di ultima generazione sono forniti di specifici software interni, appositamente sviluppati per filtrare e rigettare i segnali "sporchi", garantendo conseguentemente un più elevato livello di accuratezza del rilievo, però a scapito della produttività. Anche le caratteristiche costruttive dell'antenna ricevente incidono sulla capacità del sistema di discriminare gli effetti di *jamming* e di *multipath*.

Organizzazione del gruppo di lavoro

Composizione

In fase di formazione della squadra di rilievo bisogna considerare oltre all'efficienza operativa anche il valore che il rilievo assume per l'apposizione dei vincoli.

- **Squadra di identificazione del perimetro:** individua il perimetro precedendo il passaggio dell'operatore GPS; è costituita da un solo componente nel caso questi abbia partecipato alle operazioni di spegnimento ed abbia una buona conoscenza del territorio interessato. In caso contrario e nel caso di incendi non troppo recenti è preferibile coinvolgere un numero superiore di componenti, con provenienza possibilmente eterogenea: C.F.S. del Comando stazione locale, gruppo Volontari AIB, Ente delegato, Amministrazione comunale;
- **Operatore GPS:** ha il compito di effettuare il rilievo strumentale e la responsabilità di approntare, custodire e trasportare in modo adeguato l'attrezzatura (cavi, antenna esterna, batterie di sostituzione...): eventuali accidentali rotture compromettono l'intera operazione di rilievo potendo costringere al rientro la squadra senza concludere le operazioni; nella fase di raccolta dei dati deve prestare attenzione alla loro conservazione (salvataggio frequente dei dati). Il Corpo Forestale dello Stato è già impegnato nella creazione di squadre formate sull'uso del GPS, ed in un prossimo futuro sarà probabilmente in grado di fornire le

perimetrazioni delle superfici percorse dal fuoco effettuate con tale strumentazione. L'utilizzo dei dati rilevati dal C.F.S., aspetto non trascurabile, non comporta alcun onere per l'Amministrazione comunale. Questa può autonomamente interpellare un libero professionista che, seguendo le modalità operative definite nelle presenti *Linee Guida*, proceda al rilievo.

Dotazione, attrezzature: è utile dotare il personale con roncola per agevolare, nel caso, il passaggio dell'operatore che porta l'antenna esterna del GPS montata su di una palina di altezza che sopravanza l'operatore. Per la segnalazione dei punti da rilevare si può ricorrere a vernice in bombola spray, a nastro plastico di segnalazione bianco rosso, paletti. Si consiglia di dotarsi di Carta Tecnica Regionale (scala 1: 10.000) come supporto ulteriore per la navigazione.

OPERAZIONI DI CAMPAGNA: il rilievo

La squadra si muove sul terreno precedendo il passaggio dell'operatore GPS in modo da perlustrare la zona marginale dell'incendio, individuando e segnalando in modo evidente ed inequivocabile all'operatore GPS la posizione successiva da rilevare. I tempi di lavoro dell'operatore sono condizionati dalla possibilità di ricevere dai satelliti un segnale che rispetti i parametri predefiniti di tolleranza. La mancanza di un orizzonte di cielo che garantisca la visibilità di un numero sufficiente di satelliti comporta la sospensione del rilievo fino alla comparsa di un numero adeguato di satelliti (si osservi il planning per prevedere l'evolversi della situazione); se la situazione è dovuta all'orografia dei luoghi (es. fondovalle incassato) (*l'operatore GPS deve valutare*) è da valutare la prosecuzione del rilievo mediante la registrazione dei punti successivi mediante una poligonale speditiva misurata con bussola o goniometro, clisimetro, distanziometro.

Il rilievo GPS di un perimetro può essere eseguito in **modalità statica**, cioè individuando lungo il perimetro da rilevare dei punti opportunamente scelti (vertici di poligonale) in cui collocare l'antenna e registrare un minimo numero di posizioni per ogni vertice, oppure **in modalità cinematica** registrando in continuo il segnale satellitare, con intervallo di acquisizione costante, mentre ci si muove rigorosamente lungo il perimetro.

Il primo metodo consente spostamenti più agevoli non è infatti necessario percorrere esattamente il perimetro, e garantisce un buon livello di accuratezza nel posizionamento di ciascun singolo vertice, le cui coordinate risulteranno dalla media di tutte le posizioni rilevate in esso, d'altronde esso richiede una sosta obbligata per ogni vertice per il tempo necessario ad acquisire almeno 60 letture di posizione, e presuppone una buona capacità di astrazione da parte dell'operatore nella scelta dei vertici, affinché la forma del poligono risultante approssimi il più possibile il perimetro reale.

Il rilievo cinematico, invece, può comportare rallentamenti di tipo fisico all'avanzamento, specie in presenza di vegetazione fitta o di terreni impervi, ma non costringe a soste obbligate, anzi occorre ricordare di mettere in pausa lo strumento in caso di sosta, altrimenti si rischia di rendere il rilievo illeggibile. Comunque il rilievo in modalità cinematica offre un livello di accuratezza posizionale nettamente inferiore, in quanto il perimetro rilevato è rappresentato da un poligono assai irregolare, spesso dall'andamento seghettato, i cui vertici risultano molto ravvicinati tra loro e, aspetto più importante, vengono determinati da una sola, singola acquisizione del dato di posizione.

In accordo con le linee generali fornite dal Piano Regionale AIB devono essere adottati ricevitori a singola frequenza in grado cioè di consentire l'applicazione della tecnica *pseudorange*, ossia di calcolare la distanza satellite-ricevitore mediante lettura del codice *C/A (Course Acquisition)* modulante l'onda portante L1.

Nonostante sia possibile ottenere risultati più accurati con misure di fase, l'acquisizione dei dati in *pseudorange*, è senz'altro la più produttiva in ambienti forestali, in quanto le misure di fase presuppongono la continuità di ricezione del segnale, fatto non sempre garantito in condizioni di orografia accidentata e sotto copertura arborea.

L'acquisizione del segnale deve essere condotta in modalità 3D (ricezione in contemporanea di adeguato segnale da almeno 4 satelliti), con un parametro PDOP non superiore a 6.

Talvolta può accadere che il ricevitore non sia in grado per lungo tempo di ricevere segnali sufficienti per calcolare la propria posizione con la precisione voluta. Ciò avviene perlopiù in zone che non offrono un ampio giro d'orizzonte, dove è possibile che non si raggiunga la visibilità degli almeno 4 satelliti prescritti oppure che la si raggiunga, ma la loro

configurazione spaziale non è ottimale (alto valore di PDOP). In queste circostanze vanno adottate caso per caso specifiche soluzioni.

Quando il valore di PDOP risulti di poco superiore a 6:

- ✓ qualora il monitoraggio strumentale manifesti un presumibile miglioramento entro tempi ragionevoli, si attende che l'indicatore PDOP si abbassi raggiungendo il valore limite consigliato (solitamente tale indicatore varia con continuità e lentezza),
- ✓ altrimenti si aumenta di qualche punto il parametro della PDOP *mask* (al massimo fino a 10) per consentire la prosecuzione del rilievo, annotando comunque il valore di PDOP effettivamente registrato in quel vertice.

Qualora il valore di PDOP risulti troppo elevato o il numero di segnali satellitari captati sia insufficiente, e non vi sia sentore che la situazione possa migliorare in tempi ragionevoli, sarà necessario essere attrezzati e preparati per:

- ✓ eseguire posizionamenti in offset, nei casi in cui vi siano nelle vicinanze zone meglio esposte da cui poter misurare distanza e direzione rispetto al vertice da rilevare,
- ✓ oppure, nei casi in cui la situazione di stasi coinvolga il posizionamento di più vertici, integrare il rilievo GPS con la misura di una poligonale speditiva, eseguita con bussola, distanziometro e clisimetro, avente inizio sull'ultimo punto GPS rilevato correttamente prima dell'interruzione e fine sul primo punto GPS rilevato dopo il ritorno a condizioni di buona operatività. Questa soluzione tuttavia presuppone la predisposizione di un apposito software da integrare nel ricevitore o, in alternativa, un notevole lavoro supplementare sia in campo, consistente nell'annotare ordinatamente e con esattezza tutte le misure effettuate, che in ufficio, per restituire la poligonale in ambiente GIS e inserirla nel resto del rilievo GPS, con immancabili problemi di compensazione delle misure.

Nell'ambito dell'applicazione di vincoli a superfici percorse da incendio, si deve considerare applicabile unicamente la modalità statica di rilievo, con almeno 60 letture di posizione per ogni vertice. In questo modo il dato di posizione dei vertici risulta più

accurato, essendo un dato mediato, d'altronde è possibile valutare criticamente il margine da rilevare, realizzando semplificazioni cautelative volte a generare un dato finale poco aggredibile in fase di un eventuale successivo contenzioso legale. A tal fine si può prevedere la raccolta di immagini fotografiche dei vertici rilevati, da allegare al file del rilievo.

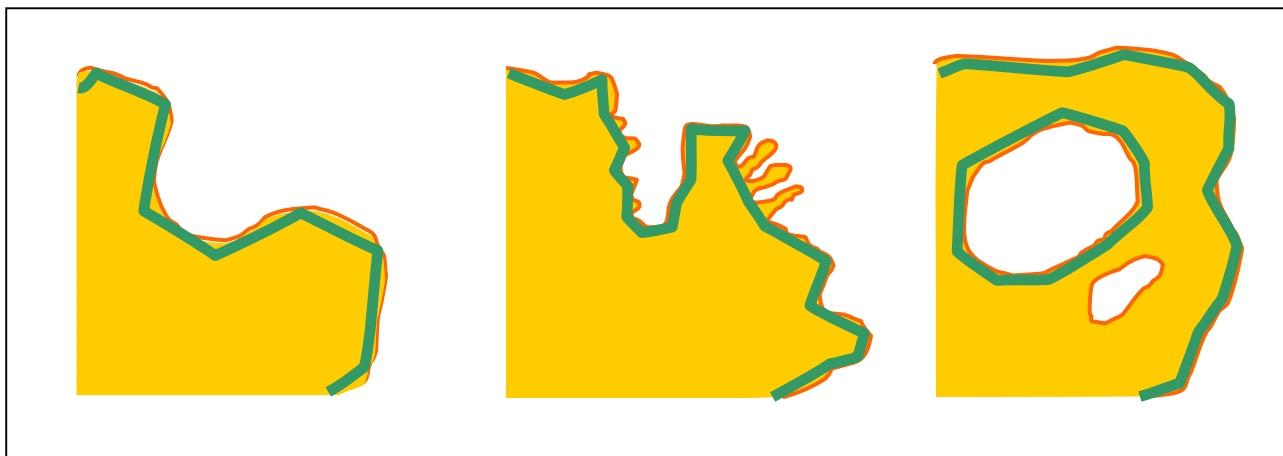
Nell'identificazione del perimetro i vertici devono essere collocati nell'immediata prossimità del margine, all'interno della superficie incendiata ed in modo che la linea congiungente due vertici consecutivi ricada completamente all'interno della superficie percorsa dal fuoco.

Si valutano accuratamente tasche di superficie non toccate dalle fiamme e le lingue di fuoco: *si devono* escludere le prime, mentre *si possono* escludere le seconde se la loro conformazione può comportare la generazione di un elemento grafico contorto ovvero se poco significative ed il loro rilievo comporta un eccessivo sforzo operativo.

Quando si presenta la necessità di rilevare "isole" non bruciate si procederà con accortezza seguendo le medesime indicazioni.

L'operatore GPS, preso atto delle indicazioni date dai rilevatori, valuta ulteriormente lo stato di fatto e posiziona il supporto dell'antenna, fissandolo a terra in modo stabile sul punto scelto, dando di seguito il via alla fase di registrazione delle letture.

La figura mostra alcuni esempi di astrazione del perimetro da rilevare. La linea più sottile identifica il perimetro reale, l'altra il perimetro da rilevare.



Le superfici **non bruciate** che ricadono all'interno della superficie d'incendio vanno rilevate per essere escluse solo se superiori a 1.000 m quadrati.

TRATTAMENTO ED ELABORAZIONE DATI

I dati del rilievo, contenuti in uno o più files “grezzi” allocati nella memoria della strumentazione GPS, prima di essere resi disponibili per l’utenza finale devono subire una serie di operazioni ognuna delle quali presuppone il possesso e la conoscenza di programmi specifici da parte dell’operatore.

I rilievi effettuati, trasferiti su Personal Computer, devono successivamente essere sottoposti ad una **post-elaborazione mediante correzione differenziale** dei dati acquisiti impiegando le informazioni provenienti dalla stazione permanente di volta in volta più vicina alla località del rilievo.

I dati corretti vengono poi esportati in formato SHP e convertiti dal sistema di riferimento WGS84, proprio delle misurazioni GPS, al sistema cartografico nazionale Gauss-Boaga impiegando metodi che assicurino precisioni sufficienti a non vanificare gli sforzi profusi per raggiungere un buon livello di accuratezza del rilievo. A tale proposito sono reperibili sul mercato software dedicati che garantiscono trasformazioni affette da errori assoluti sempre inferiori al metro.

In ambiente GIS, infine, viene data consistenza geometrica al perimetro, intervenendo per risolvere eventuali discontinuità del dato rilevato (chiusura del perimetro, perimetro rilevato in più spezzoni, integrazione di eventuali tratti rilevati con metodi non GPS) e generando i poligoni definitivi da sovrapporre ad altri dati cartografici digitali e da cui ricavare le misure di superficie.

OSSERVAZIONI

Il rilievo di dati mediante l’uso di strumentazione GPS è non-ripetibile, ossia volendo ripetere il rilievo anche utilizzando lo stesso strumento, con l’antenna posizionata esattamente nello stesso punto, rilevando con la stessa metodologia (stesso tempo di lettura o stesso numero di letture) il prodotto finale a cui si perviene non potrà essere identico, ossia completamente sovrapponibile a quello precedentemente ottenuto. Questo perché le condizioni al contorno (es. geometria del sistema, particelle intercettate dai segnali radio nell’attraversamento dell’atmosfera) variano istante per istante e non si ripetono mai in modo identico. D’altro canto si fissano dei parametri nel ricevitore (numero satelliti, PDOP *mask*, SNR, *elevation mask*) e delle modalità di rilievo (statico o

cinematico, numero posizioni per punto, correzione differenziale) proprio con lo scopo di minimizzare quanto più possibile il fattore di alea, e quindi, indirettamente, di minimizzare anche le differenze di posizione che si riscontrano ripetendo più volte il rilievo nello stesso punto.

TRATTAMENTO ED ELABORAZIONE DEI DATI

I dati del rilievo vengono, con l'uso di software

TRASFERITI
su computer



CORRETTI
in post processing con i files di una Base



ESPORTATI
in un formato compatibile all'ambiente GIS di
destino(per esempio file.shp)



CONVERTITI
nel sistema di riferimento in uso nel GIS (es. Gauss Boaga)



ELABORATI
all'interno del GIS

PROCEDURA OPERATIVA PROPOSTA

La Legge quadro 353/2000 al comma 2 art. 10 prevede “I comuni provvedono (...) a censire, tramite apposito catasto, i soprassuoli già percorsi dal fuoco nell’ultimo quinquennio, avvalendosi anche dei rilievi del corpo forestale dello Stato.” A seguito dell’attività sperimentale è emerso l’elevato livello tecnico e tecnologico a cui ci si deve attenere per la realizzazione della perimetrazione degli incendi sia da terra con GPS, sia mediante fotointerpretazione e telerilevamento e quindi della presumibile difficoltà per una singola Amministrazione comunale di dotarsi di strumentazione e know how per tale scopo. L’anno 2005 può essere considerato l’anno zero per l’applicazione della procedura proposta, che verrà applicata agli incendi verificatisi nel 2004 e che risultano ancora rilevabili e a quelli che si verificheranno dal 2005 in poi.

La Regione Lombardia ha valutato congiuntamente ad ERSAF e C.F.S. di proporre la procedura operativa sotto indicata, che a livello regionale potrebbe essere ufficializzata dopo una fase biennale di verifica, anche a seguito delle osservazioni degli Enti Delegati e delle Amministrazioni comunali.

Per gli incendi con superficie boscata compresa tra 0,2 ha – 5 ettari (o 10 ha, in condizioni favorevoli di percorribilità del perimetro) il C.F.S. a seguito della fase di accertamento dell’evento, esegue il rilievo con una squadra che deve essere costituita in modo eterogeneo, con componenti del C.F.S. addestrati all’uso del GPS e del Comando stazione locale, del gruppo Volontari AIB e/o dell’Ente delegato e/o dell’Amministrazione comunale, a secondo di quale personale ha direttamente operato od assistito alle attività di spegnimento, e quindi abbia l’esatta cognizione di come il fuoco si è propagato e quale superficie abbia percorso.

Con i rilievi di campo il C.F.S. procederà alla elaborazione dei dati ed alla restituzione grafica del perimetro, fornendola, a seguito di specifica richiesta, all’Amministrazione comunale. Il dato verrà inoltre trasferito alla Regione per l’implementazione del Sistema Informativo Antincendio Boschivo (SIAB) e per l’attività pianificatoria e di programmazione.

La Regione, per dare avvio a tale procedura, ha già contemplato nella dgr 19761 del 10.12.2004, che approva la convenzione con il C.F.S. per l'anno 2005, l'attività di supporto di quest'ultimo nelle operazioni di rilievo e restituzione del perimetro.

Per gli incendi con superficie boscata maggiore di 5 ettari o 10 ha, in condizioni di difficile percorribilità del perimetro, al momento attuale la Regione può fornire un supporto cartografico alla scala 1:10.000. Nel corso del 2005 a seguito dell'attività sperimentale di ERSAF con la collaborazione del C.F.S. e dell'Università Bicocca di Milano – *Dipartimento di scienze dell'Ambiente e del Territorio (DISAT)*, verranno definite le procedure per effettuare il rilievo mediante fotointerpretazione o telerilevamento.

La definizione della modalità di rilievo in funzione della superficie da rilevare, che deriva dal Piano regionale AIB, potrà essere rivista a seguito del completamento dell'attività sperimentale sulla fotointerpretazione ed il telerilevamento.

Si specifica che comunque l'Amministrazione Comunale può, qualora lo ritenesse opportuno, non adeguarsi a questa procedura e provvedere autonomamente all'identificazione del perimetro, nel rispetto delle indicazioni tecniche riportate nelle presenti linee guida e trasferendo successivamente il dato alla Regione.

Per eventuali dubbi e chiarimenti è possibile contattare:

ERSAF - Struttura Gestione Forestale e Monitoraggio Ambientale
 telefono n. 02 67 404 480 e-mail: bruna.comini@ersaf.lombardia.it

Regione Lombardia DG Agricoltura U O Sviluppo e Tutela del Territorio Rurale e Montano
 telefono n. 02 67 65 2569 e-mail: cinzio_merzagora@regione.lombardia.it

Corpo Forestale dello Stato Coordinamento Regionale
 Coordinamento Regionale di Milano, Area Forestale Ambientale e Difesa del Suolo
 telefono n. 02 67 09 476 e-mail: m.olivieri@corpoforestale.it

PROCEDURA OPERATIVA PROPOSTA

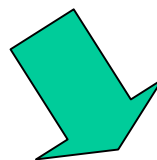
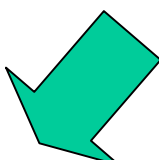
INCENDIO



C.F.S. con ENTI TERRITORIALI/ AMM. COMUNALE/ VOLONTARI AIB
 esegue il rilievo



C.F.S.
 Elabora i dati, derivando la restituzione grafica del perimetro
 Implementa il SIM



COMUNE
 Riceve il dato a seguito di richiesta ufficiale e implementa il **CATASTO INCENDI**



RL - DG Agricoltura
 Riceve il dato per l'implementazione del SIAB e l'aggiornamento del Piano AIB Regionale e per l'attività di pianificazione e programmazione

SCHEDE

1) Struttura del sistema

COMPONENTI	FUNZIONE	DESCRIZIONE	INTERATTIVITÀ
Satelliti	Emissione di un segnale continuo	Ognuno dei satelliti emette un'onda ad alta frequenza che trasmette dati digitali. Ogni satellite possiede un orologio sincronizzato con gli altri.	NULLA non condizionabili
Antenna e Ricevitore mobile o <i>Rover</i>	Ricezione segnale satelliti, calcolo e registrazione della posizione	Rileva la fase dei segnali oppure il dato digitale trasmesso; in base alle distanze relative dai satelliti visibili al momento calcola la propria posizione relativa al sistema geodetico (il "WGS84")	ALTA interazione diretta
Stazione (o <i>Base</i>) permanente	Genera i files necessari alla correzione differenziale dei rilievi eseguiti entro una distanza generalmente non superiore ai 100 Km	È costituita da un GPS sempre in ricezione collegato ad un computer che registra la lettura istantanea della posizione del punto (di coordinate note con estrema precisione) in cui è posizionata l'antenna; la differenza tra la lettura istantanea e la posizione nota è l'effetto degli errori che affliggono/deteriorano il posizionamento in quell'istante. Per i rilievi effettuati entro ca. 100 km dalla <i>Base</i> , questa differenza può essere applicata anche al dato rilevato in campo, in quanto si presuppone che i fattori di errore agiscano nello stesso modo (composizione e spessore dell'atmosfera, condizioni meteo...)	MEDIA contatti via e-mail possibili con i gestori del servizio per avere dati non pubblicati nel sito internet di riferimento

COMPONENTI	FUNZIONE	DESCRIZIONE	SUPPORTO INSTALLAZIONE	OUTPUT
Software gestionali:	raccolta dati	Registra ed elabora i dati satellitari ricevuti dall'antenna GPS restituendo dati geografici	Ricevitore GPS	Files grezzi
	correzione differenziale in <i>post-processing</i> (DGPS/PP)	Necessaria o meno in funzione dell'attendibilità richiesta dal contesto di utilizzo del dato finale. È in grado di eliminare o ridurre gli effetti di molti errori sistematici tipici del sistema, aumentando il livello di accuratezza finale del rilievo	PC / Notebook	Files corretti
	esportazione	Il file non corretto e corretto possono essere entrambi esportati in un formato compatibile ad un loro uso in ambiente GIS. L'elemento grafico è accompagnato dalla tabella con gli attributi del rilievo GPS.	PC / Notebook	Files di estensione compatibile con GIS
	conversione	Necessaria se il sistema di riferimento adottato nel GIS (per la CTR della Lombardia è "Roma40") è differente da quello del GPS (WGS84)	PC / Notebook	Files con sistema di coordinate omogeneo a quello del GIS di destino
	editing in ambiente GIS	Generalmente è più pratico rilevare in campo per "polilinee" anziché per poligoni. Per ottenere le informazioni superficiali si utilizzano funzioni, reperibili in ambiente GIS, che permettono di dare consistenza geometrica al perimetro e di generare i poligoni definitivi da cui ricavare le misure areali.	PC / Notebook	Features di superficie

2) tempestività del rilievo -Tipologia delle superfici percorse da incendio e permanenza dei danni visibili

INCENDIO	DANNI	VISIBILITA' NEL TEMPO DEI DANNI	TEMPESTIVITA' DEL RILIEVO
prati e pascoli	Abbruciamento della parte epigea della vegetazione erbacea, con sopravvivenza della parte ipogea	Molto limitata - al massimo una stagione vegetativa - il riscoppio della vegetazione erbacea è in grado di rendere rapidamente riconoscibile la superficie percorsa dalle fiamme	ALTA*
sottobosco	Danni medio forti agli arbusti; scottature più o meno evidenti alla base dei soggetti arborei	Medio breve termine a seconda dell'intensità dell'incendio e della velocità di passaggio	MEDIA*
di chioma	Vegetazione arborea fortemente compromessa	Lungo termine	BASSA*

* : La possibile, non infrequente, sovrapposizione di superfici di incendio, di eventi temporalmente distinti, definisce ALTO il grado di tempestività con cui si è chiamati ad intervenire, onde evitare che col passare del tempo gli eventi risultino non più facilmente distinguibili.

3) Pianificazione rilievo

VALUTAZIONE	STRUMENTI	OSSERVAZIONI	INCIDENZA	SOLUZIONI ADOTTABILI
Localizzazione perimetro	cartografia	Viabilità di servizio Orografia (canaloni, forre, dirupi)	Tempo di esecuzione del rilievo (T di avvicinamento al perimetro; facilità negli spostamenti lungo il perimetro)	Rilievo di più linee spezzate; rilievo con più squadre GPS; trasferimenti delle squadre con automezzo "navetta" oppure in elicottero
		Esposizione Giacitura (cacuminale, mezzacosta, fondovalle)	Ricezione segnale GPS	Rilievo nelle fasce temporali più favorevoli (<i>planning</i>). Rilievo per poligonale speditiva
Attività della Stazione permanente	Internet	Periodi di manutenzione programmata. Frequenza di malfunzionamenti.	In caso di manutenzione periodica o di malfunzionamento della base, i files per la correzione differenziale non saranno disponibili	Cambiare data del rilievo oppure ricercare i files di correzione presso una stazione permanente differente. Se la prima scelta era stata oculata, questa stazione di ripiego risulterà verosimilmente ad una distanza maggiore dal sito del rilievo, quindi con una correzione degli errori meno accurata.
Geometria e stato della costellazione satellitare (<i>Planning</i>)	Software di GPS <i>planning</i> . Almanacco dei satelliti aggiornato.	Si valuta la bontà della costellazione dei satelliti nelle fasce orarie previste per il rilievo*	Può comportare la sospensione del rilievo fino al ritorno di una situazione satellitare idonea a generare una lettura rispondente ai parametri di tolleranza impostati dall'operatore GPS	Si prevede l'uso del GPS possibilmente nelle ore in cui lo stato della costellazione satellitare è migliore.
* : Si ricorda che tale previsione si riferisce generalmente a condizioni ambientali ottimali, cioè a rilievi in campo aperto, in zone con un giro d'orizzonte completamente libero oltre i 12° di elevazione e a 360° (si veda in "Pianificazione del rilievo" il punto "Planning").				

4) La squadra di rilievo

COMPONENTI	MANSIONE	DOTAZIONE
Operatore GPS	Gestione della strumentazione GPS: registrazione, elaborazione e conservazione dei dati	GPS ed accessori
Personale di perlustrazione	Identificare e segnalare il perimetro da rilevare in modo visibile per l'operatore GPS, che segue talora a distanza; identificare e valutare gli eventuali inclusi non bruciati da escludere; individuare, segnalare o predisporre un adeguato passaggio per l'operatore GPS che non può muoversi molto agevolmente a causa dell'attrezzatura	bombola spray; nastro di segnalazione cantiere; roncola

BIBLIOGRAFIA

- [1] CAVINI L., SCRINZI G., FLORIS A. - *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. Procedure di definizione delle coordinate dei punti di campionamento* - ISAFATrento, MiPAF, C.F.S. - 2003.
- [2] SURACE L. - La georeferenziazione delle informazioni territoriali - *MondoGIS*, VII, 29 - 2002.
- [3] NIMA- Department of Defense World Geodetic System 1984. Its definition and relationships with local geodetic systems, Technical Report 8350.2, Third Edition- NIMA USA - 2000.
- [4] CINA A. - *GPS principi, modalità e tecniche di posizionamento* - CELID –2000.
- [5] AA. VV.- *Guida all'uso del GPS per il rilevamento del territorio* - Maggioli Editore - 1999
- [6] SELVINI A., GUZZETTI F. - *Cartografia generale. Tematica e numerica* - UTET - 1999
- [7] PINTO L. - *Il sistema di posizionamento satellitare GPS: metodologia statico differenziale* - Dip. I.I.A.R. Politecnico di Milano - 1997.
- [8] SOLAINI L., INGHILLERI G. - *Topografia* - Levrotto & Bella Torino - 1983.

ALLEGATO 1: APPROFONDIMENTI

IL SISTEMA GPS

GPS sta per *Global Positioning System* ed è, appunto, un sistema di posizionamento globale, basato sull'emissione di segnali radio da parte di una costellazione di circa 30 satelliti artificiali attualmente attivi che orbitano intorno alla Terra a circa 20000 km di altezza.

Il sistema, sviluppato e gestito dal Dipartimento della Difesa (DoD) degli Stati Uniti d'America, è composto da tre segmenti: il segmento spaziale (la componente spaziale del sistema, ovvero i satelliti), il segmento di controllo (una rete di stazioni di monitoraggio e di intervento, in grado di verificare in tempo reale lo stato del segmento spaziale e di inviare ai satelliti le correzioni necessarie per mantenerne la piena operatività) e il segmento utente (tutti gli utenti dotati di antenna e ricevitore GPS).

I principi di funzionamento del sistema si rifanno alle tecniche topografiche di trilaterazione mediante misurazione dei lati con radio-distanziometri. Ciascun satellite ha a bordo almeno un orologio atomico (o meglio oscillatore) al cesio o al rubidio, estremamente stabile e preciso, mentre i ricevitori GPS, per ovvi motivi di contenimento dei costi, hanno generalmente un oscillatore al quarzo, anche se di elevata qualità. Il ricevitore GPS riceve i segnali radio emessi dai satelliti e calcola le rispettive distanze attraverso il tempo impiegato dal segnale di ciascun satellite visibile (cioè tale che la traiettoria satellite-ricevitore sia libera da ostacoli) a raggiungere l'antenna ricevente, che è il punto fisico di cui il sistema calcola la posizione. La conoscenza delle orbite e della esatta posizione spaziale di ogni satellite, istante per istante (effemeridi dei satelliti), permette di calcolare immediatamente le coordinate del punto di stazionamento.

In teoria, da un punto di vista geometrico, sarebbero sufficienti 3 satelliti per determinare la posizione plano-altimetrica di un punto, ma di fatto è necessario un quarto satellite per determinare l'incognita temporale dovuta all'asincronismo tra l'oscillatore del ricevitore e gli oscillatori dei satelliti, che invece si possono considerare adeguatamente sincronizzati tra loro. La costellazione è progettata in modo da garantire la visibilità di almeno 4 satelliti, in ogni istante e in ogni punto della Terra in cui si disponga di un giro d'orizzonte libero da ostacoli.

I segnali emessi dai satelliti viaggiano su 2 onde elettromagnetiche portanti chiamate L1 e L2, modulate mediante tre codici: il codice C/A (*Course Acquisition code*) o codice S (*Standard code*), il codice P (*Precise code*), che diventa codice Y ed è riservato ai militari durante eventuali periodi di interdizione all'uso civile del codice P, e il codice D (*Data code*). Mentre i segnali trasmessi dai codici C/A e P sono dei rumori pseudocasuali (*PRN – Pseudo Random Noise*) generati da una sequenza casuale di bit che si ripete a intervalli regolari, il codice D è generato da una sequenza precisa di bit che si ripete ogni 30 secondi e che contiene le informazioni relative allo stato del sistema (funzionamento del satellite, parametri dell'orbita del satellite, parametri dell'orologio, effemeridi, almanacchi, modello ionosferico, ecc.). L'onda portante L1 contiene tutti i codici, mentre la L2 contiene solo il codice P (o il codice Y) e il codice D.

In funzione del tipo di segnale osservato, la posizione può essere determinata con misure delle pseudodistanze ricevitore-satelliti (*pseudorange*) o con misure della fase dell'onda portante (*carrier phase*).

Le prime consistono nel calcolare le distanze moltiplicando la velocità di propagazione del segnale per la differenza di tempo tra l'istante di emissione (registrato sulla scala dei tempi dell'oscillatore del satellite) e l'istante di ricezione del segnale stesso (registrato sulla scala dei tempi dell'oscillatore del ricevitore), misurati attraverso l'osservazione del codice C/A o del codice P (o Y).

Le misure di fase si effettuano invece sull'onda portante demodulata dai codici e le distanze sono espresse come il prodotto della lunghezza d'onda per il numero di cicli intercorsi dalla partenza del segnale alla sua ricezione. L'impossibilità di conoscere l'istante preciso in cui l'onda ricevuta è stata emessa dal satellite, a causa della perdita dell'informazione temporale contenuta nel codice, dovuta alla demodulazione del segnale, comporta l'introduzione di una incognita in più per ciascuna coppia ricevitore-satellite, che va ad aggiungersi alle altre nel sistema di calcolo per il posizionamento. Le misure di fase necessitano di evitare il più possibile perdite di segnale durante la sessione di rilievo (ogni interruzione comporta l'introduzione di una nuova incognita) e di combinare più misure, attraverso la cosiddetta procedura di correzione differenziale.

Sia le misure di *pseudorange* che le misure di fase sono affette da una serie di errori sistematici e casuali, causati dall'asincronismo tra l'orologio dei satelliti e l'orologio del ricevitore, dall'incertezza dell'orbita, dagli effetti della ionosfera e della troposfera sul

segnale e da altre perturbazioni casuali del segnale. Molti di tali errori possono essere minimizzati o addirittura eliminati con tecniche di correzione differenziale, che consistono, appunto, nel differenziare le misure effettuate con quanto registrato da un altro ricevitore posto entro un raggio di un centinaio di chilometri, che elabora contemporaneamente e in modo opportuno i medesimi segnali satellitari.

A tal proposito la disponibilità a breve sul territorio lombardo della Rete Regionale di Posizionamento GPS, di prossima attivazione, che metterà a disposizione i dati per la correzione differenziale, consentirà all'utenza operante in Lombardia di ottenere rilievi GPS accurati anche disponendo di un solo strumento. L'impostazione scientifica del progetto, curato congiuntamente da IREALP, Politecnico di Milano e Regione Lombardia, e la densità della rete stessa (18 stazioni permanenti distanziate non più di 35 km l'una dall'altra) garantiscono l'elevata qualità della rete e quindi anche la possibilità di acquisire agevolmente dati geografici digitali precisi e accurati.

Un aspetto che incide in modo determinante sulla precisione complessiva del posizionamento è la configurazione geometrica della costellazione satellitare rispetto al punto di stazionamento. Affinché tale geometria sia favorevole occorre che i 4 satelliti captati dal ricevitore siano distribuiti in modo omogeneo sulla volta celeste e siano ben distanziati tra loro. Per agevolare il monitoraggio di tale geometria è stato definito il concetto di DOP (*Dilution Of Precision*), che esprime, appunto, il calo di precisione dovuto alla disposizione geometrica dei satelliti.

Vi sono vari tipi di DOP, tra cui il più noto e utilizzato è senz'altro il PDOP (*Position Dilution Of Precision*), un numero puro che indica il grado di precisione riferito alle tre coordinate per il posizionamento tridimensionale; valori bassi di PDOP corrispondono a configurazioni geometriche ottimali. Geometricamente il PDOP è inversamente proporzionale al volume della piramide rovesciata avente come vertici i 4 satelliti e l'antenna del ricevitore, ed è legato al DOP orizzontale (HDOP) e verticale (VDOP) dalla semplice relazione:

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2.$$

IL SISTEMA DI RIFERIMENTO WGS84

I ricevitori GPS calcolano le posizioni nel sistema di riferimento geodetico (o *datum*) WGS84 (*World Geodetic System 1984*), un sistema globale geocentrico definito nel 1984 da una terna di assi cartesiani avente origine coincidente con il centro di massa della

Terra, asse Z passante per il Polo Nord medio convenzionale, asse X generato dall'intersezione tra il piano equatoriale e il piano meridiano passante per Greenwich, e infine l'asse Y disposto sul piano equatoriale in modo da completare una terna ortogonale destrorsa. A tale sistema di coordinate cartesiane spaziali è associato un preciso ellissoide di rotazione, anch'esso geocentrico e dimensionato col contributo delle tecnologie spaziali disponibili al 1984, avente centro e assi principali coincidenti con quelli della terna ortogonale.

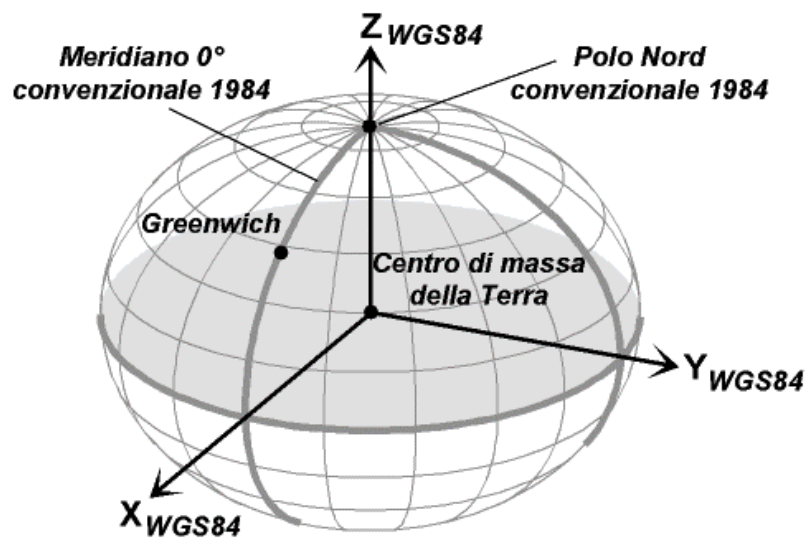


Figura tratta da *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. Procedure di definizione delle coordinate dei punti di campionamento* - CAVINI L., SCRINZI G., FLORIS A. - ISAF A Trento, MiPAF, C.F.S. – 2003.

Il sistema cartografico universalmente adottato per proiettare sul piano i rilievi GPS è la rappresentazione analitica di Gauss, nella sua applicazione nota con la sigla UTM (*Universal Transverse of Mercator*). Al fine di evitare confusione tra il sistema UTM inquadrato nel *datum* WGS84 e quello inquadrato nel *datum* europeo ED50 (tra i quali in Italia si riscontrano scostamenti medi di 190 metri per la componente Nord e di 70 metri per quella Est), è prassi indicare nella denominazione del sistema cartografico anche il sistema geodetico di riferimento, per esempio UTM/WGS84 e UTM/ED50.

In definitiva un ricevitore GPS può generalmente restituire le posizioni nelle coordinate cartesiane $(X,Y,Z)_{WGS84}$, nelle coordinate geografiche $(\varphi,\lambda,H)_{WGS84}$, mediante la latitudine, la

longitudine e l'altezza sull'ellissoide WGS84, e nelle coordinate cartografiche $(N,E,H)_{UTM/WGS84}$, mediante le coordinate piane Nord, Est e l'altezza sull'ellissoide, con il medesimo grado di accuratezza, essendo riferite sempre al medesimo *datum*.

Per importare correttamente i rilievi GPS in un GIS e consentirne l'integrazione con altri dati geografici, quali per esempio la CTR *raster*, l'ortofoto, le mappe catastali digitalizzate, occorre ricondurre tutti i dati coinvolti ad uno stesso sistema di riferimento, che nel caso specifico dei rilievi delle aree incendiate sarà il sistema cartografico nazionale, più noto come sistema Gauss-Boaga, essendo questo il sistema adottato dalle altre fonti di dati digitali regionali.

Dal momento che il sistema Gauss-Boaga si riferisce ad un *datum* diverso dal WGS84, cioè al sistema geodetico nazionale denominato Roma40, il passaggio dalle coordinate WGS84 (siano esse cartesiane, geografiche o cartografiche) alle coordinate cartografiche Gauss-Boaga è complicato dall'impossibilità di stabilire una relazione puramente geometrica tra i sistemi geodetici d'origine, a causa delle tipiche distorsioni effetto delle procedure di realizzazione di un sistema di riferimento geodetico classico (cioè di tutti i sistemi geodetici nazionali o continentali precedenti al WGS84). Quindi, al fine di minimizzare l'incongruenza geometrica tra i due sistemi, il problema viene solitamente affrontato in ambito locale, stimando i parametri di rototraslazione da assegnare ad un sistema per "sovrapporsi" all'altro.

Recentemente la disponibilità di dati più certi e accurati sulle reali distorsioni del sistema Roma40 rispetto al WGS84 ha favorito la realizzazione e la diffusione sul mercato di software dedicati, in grado di operare trasformazioni in tutte le direzioni nei vari sistemi in uso in Italia con precisioni submetriche.

OSSERVAZIONI SULL'INTEGRAZIONE CON ALTRE CARTOGRAFIE

La sovrapposizione di dati geografici digitali provenienti da diverse fonti ed elaborati in modo indipendente è sempre soggetta a incertezze, per mantenere le quali entro limiti accettabili occorre adottare la massima rigore in tutte le varie fasi di produzione dei dati stessi. Allo stato attuale il rilevamento GPS eseguito nel rispetto delle procedure indicate nelle presenti linee guida è un metodo allo stesso tempo pratico e accurato per perimetrare le aree percorse dal fuoco, tale da garantire, nonostante tutto, un livello

generale di accuratezza posizionale paragonabile, se non superiore, a quello delle varie cartografie digitalizzate disponibili. Infatti le procedure di realizzazione di una cartografia tradizionale hanno in generale due limiti rispetto al rilievo GPS: la scala di rappresentazione, che impone una barriera grafica alla rappresentazione del territorio, e il fatto che gli oggetti rappresentati non sono direttamente rilevati sul terreno, ma sono il risultato di una serie di misurazioni e passaggi interpretativi (restituzione aerofotogrammetrica) che, sebbene sottoposti a calcoli compensativi e verifiche a campione in fase di collaudo, aumentano inevitabilmente le incertezze. Se poi si considera anche l'elaborazione aggiuntiva subita dalle cartografie tradizionali nella fase di digitalizzazione, che prevede generalmente la scansione della versione cartacea (o, al meglio, dei tipi realizzati per la stampa tipografica) e la successiva georeferenziazione nel sistema di riferimento desiderato (solitamente il sistema cartografico Gauss-Boaga), il margine di certezza del dato risulta gravato da ulteriori elementi di indeterminatezza.

L'unica cartografia che per sua natura dovrebbe essere interamente rilevata sul terreno è quella catastale, che però palesa tutta la sua vetustà e risente vistosamente del degrado di attendibilità accumulato nel corso dei vari aggiornamenti succedutisi nei secoli, non di rado condotti con metodi empirici e accomodanti. Occorre rimarcare che il valore e l'attendibilità di un archivio di dati, nell'impossibilità di risalire alla qualità specifica di ciascun dato, è determinato dal livello più basso!

In generale, i rilievi GPS consentono di ridurre notevolmente il numero di passaggi necessari per produrre un archivio di dati geografici, offrendo l'opportunità di acquisire il dato direttamente sul terreno, praticamente in "scala reale", con l'ulteriore vantaggio di poter valutare direttamente in fase di acquisizione il livello di precisione del rilievo e quindi di monitorare costantemente l'attendibilità dell'intero archivio.

L'attendibilità dell'archivio delle aree percorse dal fuoco, prodotto secondo i dettami delle presenti linee guida, sarà determinata quindi in gran parte dagli errori intrinseci alla metodologia GPS, opportunamente minimizzati adottando gli accorgimenti indicati e per la maggior parte monitorabili direttamente in campo e riducibili in fase di post correzione differenziale, a cui va aggiunto l'errore introdotto nella trasformazione dei dati rilevati dal sistema WGS84 al sistema di riferimento cartografico adatto per la sovrapposizione alle altre cartografie, che può essere agevolmente contenuto entro il metro impiegando software adeguati.

In definitiva, ai fini dell'identificazione dei soggetti coinvolti nell'applicazione dei vincoli previsti dalla normativa, ci si trova nella situazione di dover sovrapporre il tematismo delle aree percorse dal fuoco alla cartografia catastale, la cui attendibilità generale, pur trattandosi di un dato ufficiale, risulta assai compromessa. Tuttavia sarebbe un errore cedere alla tentazione di abbassare il livello di accuratezza delle perimetrazioni degli incendi a causa di una inferiore attendibilità generale del dato catastale, un po' perché la combinazione di due archivi di dati scadenti restituisce un risultato doppiamente scadente, ma anche perché non tutti i dati catastali digitali sono di basso livello, e perché la questione dell'ammodernamento della cartografia catastale è tuttora aperta e dovrà un domani essere risolta.

ALLEGATO 2: GLOSSARIO

Almanacco	libreria di dati orbitali grezzi provenienti dai satelliti comprendenti la posizione oraria, l'elevazione e l'azimut dei satelliti.
Base	sinonimo di stazione permanente.
Carrier phase	determinazione della posizione, da parte dei ricevitori a terra, con misure della fase dell'onda portante – vedi anche <i>Pseudorange</i> .
Correzione differenziale	riduzione degli errori sistematici e casuali, in tempo reale (RTK) o differita (Post processing), che affliggono il dato di posizione, mediante l'uso dei file forniti da un ricevitore fisso, in genere una base.
Costellazione dei satelliti	disposizione nello spazio dell'insieme dei satelliti di un Sistema GPS.
DGPS/PP	comunemente riferito ad un sistema GPS che si avvale di correzione differenziale (D) differita (Post Processing).
Effemeridi	elenco di posizioni di un oggetto celeste in funzione del tempo.
GIS	Geographical Information System - Sistema informativo geografico.
GPS	Global Positioning System - Sistema di posizionamento globale.
Jamming	fenomeno di disturbo del segnale satellitare di origine elettromagnetica in grado di determinare errori di posizionamento non quantificabili e controllabili, originabile da ripetitori, linee elettriche ad alta tensione, antenne trasmettenti.
Multipath	fenomeno di disturbo del segnale satellitare dovuto alle riflessioni delle onde da parte di ostacoli nelle vicinanze dell'antenna del ricevitore come pareti rocciose, edifici, fusti di alberi, chiome.
Offset	tecnica mediante cui la posizione di un punto del rilievo viene inserita manualmente, senza il ricorso al dato fornito dal GPS.
PDOP	Precision Dilution of Position - parametro che descrive il puro contributo della geometria satellitare alla incertezza nella determinazione di una posizione (nelle tre coordinate). Valori minori indicano una maggiore precisione. Il valore massimo accettabile per la registrazione dei dati viene impostato dall'operatore in funzione della tipologia del rilievo in corso.
Planning	pianificazione - verifica dell'almanacco e delle effemeridi dei satelliti al fine di evidenziare gli intervalli di tempo in cui la produttività del sistema GPS è peggiore.
Post processing	Post-elaborazione - correzione differenziale dei dati acquisiti posticipata rispetto al momento della ricezione dei segnali satellitari - vedi anche <i>RTK</i> .
Pseudorange	metodo di determinazione della posizione basato sulla distanza dai satelliti del ricevitore a terra, calcolata mediante la lettura del Codice C/A (Course Acquisition code) – vedi anche <i>Carrier phase</i> .
Ricevitore mobile	strumentazione GPS portatile, composta da un ricevitore, antenna (interna o/e esterna) ed eventuale palmare integrato.
Rover	sinonimo di ricevitore mobile.
RTK	Real Time Kinematic - modalità di correzione differenziale in tempo reale dei dati acquisiti – vedi anche <i>Post Processing</i> .
Stazione permanente	strumentazione GPS monumentalizzata di coordinate note, in ricezione perenne dei segnali satellitari. In funzione della discrepanza tra coordinate note e coordinate istantanee di tipo GPS, crea i file per la correzione differenziale distribuiti all'utenza.
WGS84	World Geodetic System 1984 - Sistema geodetico mondiale. È il sistema di riferimento su cui sono basate tutte le misurazioni del GPS.