

SPECIFICHE TECNICHE E POSSIBILI APPLICAZIONI

# I sistemi di posizionamento GPS in commercio

**Per attuare l'agricoltura di precisione è necessario che l'agricoltore abbia le idee chiare sulle prestazioni dei vari sistemi di posizionamento delle macchine agricole offerti dal mercato, in modo da poter scegliere quello più adatto alle sue esigenze**

**Antonio Comparetti**

La pratica dell'agricoltura di precisione richiede l'utilizzo di un sistema di posizionamento dei vari mezzi agricoli che consenta di conoscere istante per istante la posizione in cui si trova l'operatrice che deve effettuare il lavoro in campo.

Durante l'esecuzione di ogni operazione colturale, la posizione della macchina operatrice va correlata con la quantità del fattore produttivo o l'intensità dell'azione, in modo che l'operatrice possa somministrare, in ogni punto dell'appezzamento, la quantità o la qualità richiesta dalla coltura considerata.

## CARATTERISTICHE DEI RICEVITORI GPS E GPS/GLONASS

Per valutare i vari sistemi di posizionamento delle macchine agricole in commercio è importante conoscere il significato delle caratteristiche fondamentali dei ricevitori GPS e GPS/GLONASS, componenti chiave di qualsiasi sistema: precisione di posizionamento, meccanismo di ricezione dei segnali, numero di canali, tasso di aggiornamento della posizione, «tempo per il primo punto», «tempo per le prime correzioni», capacità di memoria, autonomia di alimentazione, compatibilità con i software di mappatura, caratteristiche fisiche, assistenza, costo.

## Precisione di posizionamento

Il livello di precisione conseguibile da un sistema di posizionamento è il parametro più importante ai fini della scelta del sistema.

La precisione di posizionamento è la differenza tra la posizione misurata di un punto della superficie terrestre e la sua reale posizione nell'istante in cui si effettua il rilievo.

Di un dato punto della superficie terrestre, in funzione delle sue coordinate geografiche (latitudine, longitudine e altitudine), si possono rilevare le seguenti posizioni:

- posizione verticale (1-D), definita dalla sola altitudine (nella maggior parte dei ricevitori viene visualizzata l'altezza sull'ellissoide di riferimento raffigurante la Terra, ma tale altezza può essere convertita nell'altezza sul livello medio del mare) (foto 1);
- posizione orizzontale (2-D), bidimensionale, definita da latitudine e longitudine (foto 1);
- posizione tridimensionale (3-D), definita da latitudine, longitudine e altitudine (foto 1).

La precisione del rilievo della posizione di un punto è tanto maggiore quanto maggiore è il numero di satelliti «visibili» al ricevitore. Essa dipende

anche dalla distribuzione geometrica dei satelliti nell'atmosfera, la quale è espressa da un fattore adimensionale chiamato GDOP (diluizione di precisione geometrica) o semplicemente DOP (diluizione di precisione). Il valore del DOP è visualizzato sul display del ricevitore.

Quando i satelliti «visibili» al ricevitore impiegato sono distribuiti in modo non uniforme nell'atmosfera (ad esempio tutti molto vicini tra loro) si ha un GDOP elevato (superiore a 4) e, quindi, i dati di posizione ricevuti non sono sufficientemente precisi (figura 1); invece, quando essi sono distribuiti in modo uniforme (tale da occupare la maggior parte del cielo visibile dall'antenna del ricevitore) si ha un GDOP ridotto (inferiore a 4) e, quindi, migliore ai fini della determinazione del posizionamento (figura 2).

La precisione di posizionamento dei ricevitori GPS e GPS/GLONASS è espressa utilizzando le espressioni espresse nella tabella 1: rms, 2drms, CEP, SEP e R95.

L'espressione rms o «root mean square» è la radice quadrata della media degli errori al quadrato. Ad esempio, dati i valori di latitudine di una serie di punti



**Foto 1** - Le posizioni 1-D, 2-D e 3-D: (a) =posizione verticale (1-D) o altitudine; (b) =latitudine (b+c definiscono la posizione orizzontale o 2-D); (c) =longitudine (a+b+c definiscono la posizione tridimensionale o 3-D)



rilevati, per ciascuno di tali valori si calcola l'errore come differenza tra la latitudine rilevata e quella reale (o derivante da un sistema di posizionamento con precisione assai superiore a quella del sistema impiegato), si ricava la media dei quadrati degli errori (sommatoria degli errori al quadrato diviso per il numero di misurazioni) e si estrae la radice quadrata della stessa.

L'espressione rms può essere applicata alla posizione verticale, a quella orizzontale o a quella tridimensionale. Il cerchio avente per centro la reale posizione dell'antenna e per raggio rms contiene, rispettivamente, il 68%, il 63-68% e il 61-68% delle posizioni verticali, orizzontali e tridimensionali misurate (ad esempio, una precisione rms 2-D pari a  $\pm 5$  m significa che nel 63-68% delle misurazioni si ottiene un errore di posizionamento variabile da  $-5$  a  $+5$  m mentre nel rimanente 32-37% si ottiene un errore superiore a  $\pm 5$  m; figura 3).

Tuttavia, la precisione è più spesso espressa come  $2drms$  (due volte la distanza rms dell'errore del sistema). Per qualsiasi ricevitore GPS e in qualsiasi ambiente, il cerchio avente per centro la reale posizione dell'antenna e per raggio  $2drms$  contiene tra il 95 e il 98% delle posizioni orizzontali misurate (ad esempio, una precisione  $2drms$  pari a  $\pm 5$  m significa che nel 95-98% delle misurazioni si ottiene un errore di posizionamento variabile da  $-5$  m a  $+5$  m).

L'acronimo CEP (errore circolare probabile) è il valore del raggio del cerchio avente per centro la reale posizione dell'antenna e contenente il 50% delle posizioni orizzontali misurate nel piano contenente il cerchio stesso.

Parallelamente, l'acronimo SEP (errore sferico probabile) è il valore del raggio della sfera avente per centro la reale posizione dell'antenna e contenente il 50% delle posizioni tridimensionali misurate nello spazio.

Un'ulteriore espressione della precisione è fornita dal valore R95, cioè dal valore del raggio del cerchio avente per centro la reale posizione dell'antenna e contenente il 95% delle posizioni orizzontali misurate nel piano contenente il cerchio stesso. Ovviamente più basso è il valore di R95 più preciso è il sistema.

Il modo migliore per eseguire un paragone tra diverse espressioni della precisione di due o più sistemi di posizionamento è quello di utilizzare i fattori teorici di conversione esposti nella tabella 2. Essi sono validi per la media dei valori di precisione misurati (ad esempio, dati i valori di latitudine di una serie di punti rilevati, per ciascuno di tali valori si calcola l'errore come differenza tra la latitudine rilevata e quella reale e, quindi, si calcola

Figura 1 - Esempio di situazione con GDOP elevato

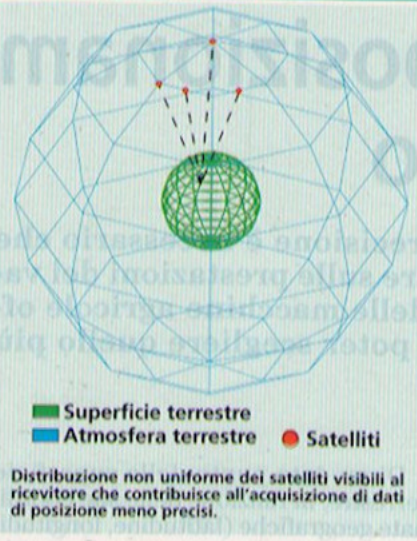
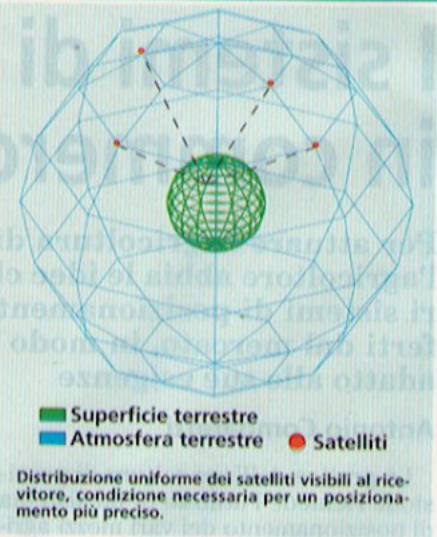


Figura 2 - Esempio con situazione di GDOP ridotto



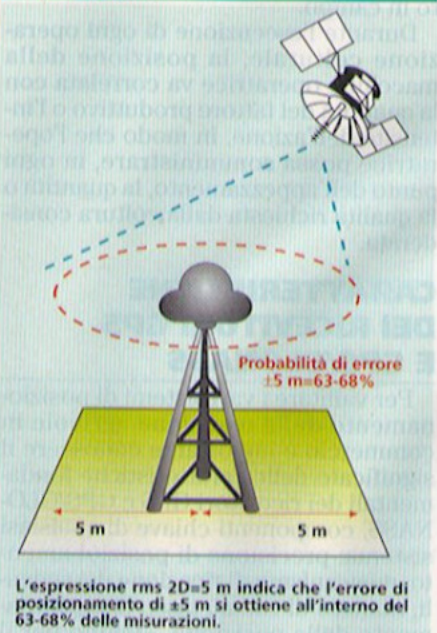
la media di tali errori). Pertanto, eseguendo misurazioni GPS per tutto il giorno, le diverse espressioni della precisione risultano correlate tra di loro secondo i numeri della tabella.

Per comprendere come utilizzare la tabella 2, questa viene applicata a un caso specifico: si vogliono paragonare due sistemi di posizionamento aventi una precisione (dichiarata dal costruttore) pari a, rispettivamente, 3 m 3-D rms e 2 m CEP, al fine di sapere quale è il più preciso. Per rispondere a un siffatto quesito, come per convertire l'espressione di un sistema da un'espressione a un'altra, occorre seguire le seguenti fasi:

- identificare l'espressione originaria (per esempio, rms 3-D) nella riga di testa e l'espressione desiderata (per esempio, CEP) nella colonna di destra o viceversa in modo da individuare una cella (contenente un valore) in cui la riga e la colonna suddette si intersecano;
- la precisione della riga di testa risulta uguale al valore contenuto nella suddetta cella moltiplicato per la precisione della colonna di destra (per esempio,  $rms\ 3-D = 2,5 \times 3\ CEP$ );
- se la precisione desiderata si trova nella riga di testa, essa è uguale al valore trovato moltiplicato per la precisione originaria;
- se invece, come nell'esempio considerato, la precisione desiderata si trova nella colonna di destra, questa si ricava dividendo la precisione originaria per il valore trovato (per esempio,  $CEP = rms\ 3-D / 2,5 = 3 / 2,5 = 1,2\ m$ ).

Pertanto, nel caso specifico, il sistema avente una precisione 3 m 3-D rms avrà una precisione 1,2 m CEP e, quindi, sarà più preciso del sistema avente una precisione 2 m CEP.

Figura 3 - Esempio di errore rms 2D=5 m



### Meccanismo di ricezione dei segnali e numero di canali

Il meccanismo di ricezione dei segnali e il numero di canali di un ricevitore devono essere scelti in funzione delle caratteristiche dell'ambiente in cui esso sarà utilizzato (per esempio, giacitura, presenza o meno di alberi, costruzioni e altri potenziali ostacoli) e della modalità di posizionamento.

Infatti, un ricevitore può essere impiegato in due modalità di posizionamento: statica e dinamica. Nella modalità statica un ricevitore è tenuto



**Tabella 1 - Vari modi per quantizzare la precisione di posizionamento**

Abbreviazione	Espressione di precisione	Probabilità (%)	Numero di dimensioni	Applicazione
rms	root mean square	68	1-D	verticale
CEP	circular error probable	50	2-D	orizzontale
rms	root mean square	63-68	2-D	orizzontale
R95	horizontal 95% accuracy	95	2-D	orizzontale
2drms	2 distance rms	95-98	2-D	orizzontale
rms	root mean square	61-68	3-D	tridimensionale
SEP	spherical error probable	50	3-D	tridimensionale

Fonte: van Diggelen, 1998.

**Tabella 2 - Fattori teorici di conversione tra le diverse espressioni della precisione di posizionamento**

rms (1-D)	CEP	rms (2-D)	R95	2drms	rms (3-D)	SEP	
1	0,44	0,53	0,91	1,1	1,1	0,88	rms (1-D)
	1	1,2	2,1	2,4	2,5	2,0	CEP
		1	1,7	2	2,1	1,7	rms (2-D)
			1	1,2	1,2	0,96	R95
				1	1,1	0,85	2drms
					1	0,79	rms (3-D)
						1	SEP

Fonte: van Diggelen, 1998.

fermo sul punto da rilevare per un periodo di 45-60 minuti. Invece, nella modalità dinamica un ricevitore Base è tenuto fisso su un punto di coordinate note mentre un ricevitore Mobile (per esempio, montato su una mietitrebbiatrice) si muove continuamente e registra i dati di posizione all'intervallo di tempo selezionato.

In funzione del meccanismo di ricezione i ricevitori si distinguono in due categorie:

- ricevitori con meccanismo di ricezione monocanale sequenziale, i quali possiedono un unico canale che monitora uno dopo l'altro i vari satelliti «visibili» e, pertanto, sono utilizzabili soltanto nella modalità statica;

- ricevitori con meccanismo di ricezione multicanale, i quali possiedono da 5 a 12 canali (o 24 se si tratta di ricevitori GPS/GLONASS), capaci di monitorare contemporaneamente altrettanti satelliti (Glynn, 1996); essi, pertanto, sono utilizzabili sia nella modalità statica che in quella dinamica.

Infatti, in ordine al numero di canali, mentre sino al 1993 era difficile monitorare contemporaneamente più di 6 satelliti GPS, oggi in qualsiasi punto della superficie terrestre è possibile monitorare da 5 a 8 satelliti GPS (Dana, 1998), oltre ai satelliti del sistema GLONASS.

### Altre caratteristiche

Il tasso di aggiornamento della posizione (update rate) o latenza è l'intervallo di tempo che intercorre tra la registrazione di una posizione e la registrazione di quella successiva. In funzione della qualità del ricevitore, esso varia da una posizione al secondo a una posizione ogni 15 secondi o, se si preferisce, da 1 a 15 secondi.

Il «tempo per il primo punto» (time-to-first-fix) o «tempo di inizializzazione» è il tempo necessario affinché un ricevitore registri la prima posizione. Sebbene esso vari a seconda del ricevitore, tale tempo è tipicamente inferiore a un minuto, anche nei ricevitori a basso costo. Analogamente, il «tempo per le prime correzioni» (time-to-first-cor-

rections) è il tempo necessario affinché un ricevitore Base trasmetta i primi segnali di correzione differenziale. Esso è tipicamente di circa 3 minuti.

La capacità di memoria, l'autonomia di alimentazione e la compatibilità con i software GIS - Geographic Information System (per esempio, ARC/INFO, GRASS, IDRISI), necessari per la mappatura degli appezzamenti, sono caratteristiche assai variabili a seconda del ricevitore e vanno scelte in base al particolare scopo da raggiungere.

Al fine dell'utilizzo in campo di un ricevitore, tra le caratteristiche fisiche dello stesso, le dimensioni e il peso contenuti sono requisiti auspicabili mentre la resistenza, l'impermeabilità all'acqua e alla polvere sono requisiti indispensabili.

Inoltre, la disponibilità di un efficiente servizio di assistenza va valutata attentamente e, comunque, nella scelta di un ricevitore e in generale di un sistema di posizionamento, va sempre anteposta al costo eventualmente maggiore dello stesso.

Tuttavia, al primo posto tra i parametri di scelta dei ricevitori, e in generale dei sistemi di posizionamento, si colloca il costo. L'utente deve essere disposto a spendere in funzione delle sue esigenze e dei risultati ottenibili, ovvero se essi forniranno un risparmio tale da ammortizzare in breve tempo la spesa per il sistema.

### Servizi di correzione differenziale

In tutte le applicazioni dei sistemi DGPS, se si verifica un qualsiasi errore nel calcolo della correzione differenziale da parte della stazione Base, esso influirà negativamente sui rilievi effettuati dalla stazione Mobile. Inoltre, per l'esecuzione di determinate operazioni culturali, è necessario un livello di precisione migliore di quello fornito dai sistemi DGPS (fatta eccezione per quelli capaci di monitorare la «fase della portante»), ovvero inferiore a  $\pm 1$  m 2drms (ad esempio,  $\pm 10$  cm 2drms, per il diserbo con sistema di controllo atto a

evitare la sovrapposizione di diserbanne tra file adiacenti).

Al fine di ovviare ai due suddetti limiti, l'agricoltore può adottare un sistema DGPS a Larga Area (WADGPS).

I servizi di correzione differenziale si distinguono in due categorie:

- servizi di correzione via radiofari;
- servizi di correzione via satellite.

### Servizi di correzione via radiofari

Nei servizi di correzione via radiofari i segnali di correzione differenziale sono trasmessi sulla banda di frequenza FM da radiotrasmettitori terrestri o radiofari.

Pertanto, la distanza tra il trasmettitore e il ricevitore limita la ricezione e l'impiego dei segnali di correzione, nonché il livello di precisione conseguibile dagli stessi. Infatti, soprattutto nelle aree lontane dal trasmettitore, gli ostacoli naturali, quali boschi e colline, indeboliscono i segnali di correzione.

Inoltre, tali servizi hanno un limitato livello di «affidabilità» (reliability). Infatti, le onde radio sono soggette a disturbi di propagazione causati dall'elettricità statica della pioggia, dal rumore dei temporali e da altri fattori. L'entità di tali disturbi di propagazione aumenta con la diminuzione della frequenza delle onde radio.

Attualmente in Italia non si ha notizia di servizi di correzione via radiofari. Questi servizi, invece, sono offerti in altri Paesi europei dai seguenti gestori: Communications & Measurement Technologies Ltd. in Gran Bretagna, France GPS in Francia, Knosos, SL in Spagna, Sintrade AG/GPS-Satellitennavigation in Svizzera.

Il servizio Focus fm della Communications & Measurement Technologies Ltd. si basa su una rete di 20 stazioni di riferimento (localizzate nei pressi di altrettanti trasmettitori FM), la quale «copre» quasi tutta l'Inghilterra e parti del Galles, della Scozia e dell'Irlanda del Nord. I segnali di correzione differenziale sono trasmessi sulla sottopor-

Continua a pag. 40



CAPACITÀ, LIMITI E COSTI

# Alcuni sistemi commerciali disponibili

Qui di seguito sono descritti i sistemi GPS e GPS/GLONASS conosciuti dallo scrivente ai fini dell'applicazione nell'agricoltura di precisione. Di tali sistemi sono presentati gli accessori più utili e, nella maggior parte dei casi, vengono riportati i prezzi in lire italiane Iva inclusa (rilevati da un'indagine di marketing svolta tra febbraio e marzo 1998).

## Geotop NovAtel

Il sistema Geotop (foto 2) comprende:

- 2 ricevitori GPS NovAtel GISMO, ciascuno dei quali a 12 canali paralleli, a singola frequenza L1, con ricezione del codice C/A e della «fase della portante», «tempo per il primo punto» di 70 secondi, tasso di aggiornamento della posizione pari a una posizione al secondo, modulo per la ricezione delle correzioni differenziali nel protocollo RTCM-SC104, modulo per la trasmissione delle correzioni differenziali in tempo reale, batteria con autonomia di 8 ore, caricabatteria;
- 2 antenne NovAtel 501 di frequenza L1 con cavi lunghi 5 m;
- 2 registratori di dati, ciascuno dei quali basato su ambiente DOS, dotato di memoria interna di 2 Mb (espandibile), lettore di scheda PCMCIA incorporato, possibilità di inserire attributi e/o codici descrittivi dei punti memorizzati, display LCD;
- 1 zaino per il trasporto del ricevitore Mobile;
- 2 radio modem SATEL con relative antenne e cavi di connessione, per la trasmissione delle correzioni differenziali in tempo reale;
- 1 software NovAtel SOFTSURV L1, basato su Windows, capace di convertire i dati GPS nei formati RINEX, DXF, ASCII e ARC/INFO.

La precisione di posizionamento è pari a  $\pm 40$  m CEP con singolo ricevitore, inferiore a  $\pm 1$  m CEP con doppio ricevitore e correzione differenziale,  $\pm 20$  cm CEP con modulo RT-20, dell'ordine di pochi cm con la misurazione della «fase della portante».

Il prezzo complessivo è di circa 60.000.000 di lire.

## GPS/GIS Pathfinder PRO XR

Questo sistema comprende:

- 1 ricevitore Base Pathfinder Community Base Station (PFCBS) (foto 2) a 12 canali, a singola frequenza L1 (con ricezione del codice

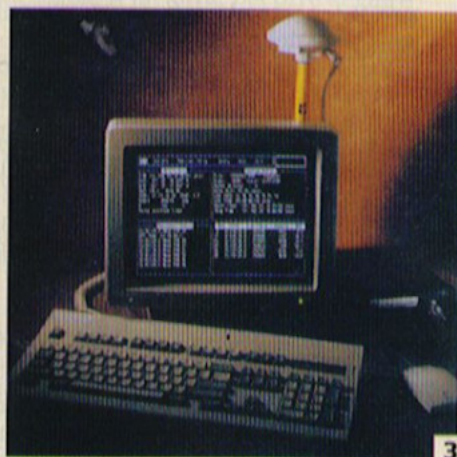


Foto 2 - Stazione Mobile del sistema DGPS Geotop (fonte: NovAtel). Foto 3 - Stazione Base del sistema DGPS Trimble (fonte: Trimble Navigation Europe Limited). Foto 4 - Stazione Mobile del sistema DGPS Trimble costituita dal ricevitore Trimble Pro XR con antenna integrata e dal computer da campo Trimble TDC2. Quest'ultimo è acquistabile al posto del registratore di dati Trimble TDC1, per applicazioni che richiedono robustezza e capacità di memoria sino a 3 Mb (fonte: Trimble Navigation Europe Limited)



C/A), con «tempo per il primo punto» inferiore a 2 minuti, tasso di aggiornamento della posizione da una posizione al secondo a una ogni 15 secondi e precisione di posizionamento inferiore a  $\pm 1$  m rms;

- 1 antenna compatta a cupola (foto 3) con cavo lungo 30 m;
- 1 software PFCBS, per la registrazione dei dati di correzione differenziale;
- 1 ricevitore Mobile Pro XR (foto 4) a 12 canali paralleli, a singola frequenza L1 (con ricezione del codice C/A e della fase della portante), tempo per il primo punto di 30 secondi, tasso di aggiornamento della posizione pari a una posizione al secondo, modulo per la trasmissione delle correzioni differenziali (nel protocollo standard RTCM-SC104), tecnologia Everest contro l'«effetto multipath», possibilità di inserire gli attributi descrittivi dei punti memorizzati e di registrare i dati di un qualsiasi sensore elettronico che genera un segnale digitale (distanziometri laser, sonde acustiche di profondità, ecc.), di batterie interne ricaricabili (con autonomia di 8 ore) e di caricabatteria, nonché capace di una precisione pari a  $\pm 50$  cm rms (in modalità dinamica con tasso di aggiornamento della posizione pari a una posizione al secondo) o  $\pm 10$  cm rms (in modalità dinamica con tasso di aggiornamento pari a una posizione ogni 10 secondi); inoltre, tale ricevitore è in grado di elaborare la fase della portante, al fine di conseguire una precisione prossima a  $\pm 1$  cm rms (la baseline deve essere entro i 100 km affinché, in seguito a correzione in *post-processing*, la precisione possa essere compresa tra  $\pm 1$  e  $\pm 5$  m CEP);
- 1 antenna integrata (foto 4) con cavo lungo 3 m;
- 1 zaino per il trasporto del ricevitore Mobile;
- 1 registratore di dati TDC1 (foto 5), dotato di una memoria interna di 2 Mb e del software Asset Surveyor (per la raccolta dei dati GPS), nonché capace di esportare i dati in formati compatibili con numerosi software CAD e GIS, per la correzione differenziale in tempo reale o in *post-processing*;
- 1 software Office Pathfinder, basato su ambiente Windows, per elabo-



## sul mercato

rare i dati GPS nei formati ARC/INFO, AutoCAD, Intergraph MGE, Microstation, MOSS, GRASS, ecc., nonché per pianificare il rilievo in funzione dei satelliti disponibili previsti.

Il prezzo complessivo è di circa 50.000.000 di lire.

È disponibile anche il kit software Centimeter Processor (al prezzo di circa 7.000.000 lire), se si vuole conseguire una precisione inferiore a  $\pm 10$  cm rms.

È possibile utilizzare 2 radio modem in modo da applicare in tempo reale le correzioni differenziali al ricevitore Mobile e, quindi, conseguire una precisione di  $\pm 1-5$  m rms.

### WADGPS Trimble

Il sistema Trimble configurato per ricevere le correzioni OmniSTAR o Racal comprende gli stessi componenti del precedente, tranne il ricevitore Base Pathfinder Community Base Station (PFCBS) (avente il prezzo di circa 20.000.000 di lire) e, in aggiunta, uno dei seguenti:

- 1 modulo opzionale Pro XRS «Beacon/Satellite» (foto 6) (al prezzo di circa 3.000.000 di lire), che serve a configurare il ricevitore Mobile per la ricezione delle informazioni di correzione differenziale da un radiofaro o da un satellite geostazionario (compatibile con il servizio OmniSTAR o Racal Survey);

- 1 demodulatore OmniSTAR 3000LM (al prezzo di circa 4.000.000 di lire), configurato a ricevere i segnali di correzione differenziale nel protocollo RTCM-SC104 e dotato di specifica antenna omnidirezionale a basso profilo (compatibile con il servizio OmniSTAR).

Pertanto, il costo complessivo è di circa 33.000.000 di lire o 34.000.000 di lire, a seconda se si acquista il modulo Pro XRS o il demodulatore OmniSTAR 3000LM, a cui va aggiunto il costo del canone di abbonamento annuale.

### GPS Sokkia

Il sistema GPS del costruttore Sokkia comprende:

- 2 ricevitori Z-Surveyor Ashtech, ciascuno dei quali a 12 canali paralleli, a doppia frequenza (L1/L2), con ricezione del codice P e della fase della portante (a lunghezza d'onda intera), modulo per la trasmissione delle correzioni in tempo reale (Z), memoria interna di 8 Mb su scheda PCMCIA, display LCD, batteria interna ricaricabile con autonomia di 5 ore, caricabatterie, software per la comunicazione tra la Stazione Base e quella Mobile, software Remote, registratore di dati e unità di controllo esterna;

- 1 antenna geodetica a doppia frequenza (L1/L2) con piano di massa

(ground plane), asta di precisione (per misurare l'altezza dell'antenna), adattatore per base e cavo lungo 10 m;

- 1 treppiede in legno e una base a tre viti calanti con piombo ottico, per la collocazione della stazione Base;

- 1 antenna cinematica a doppia frequenza (L1/L2) dotata di piano di massa, cavo lungo 3 m, palina (supporto) lunga 2 m, attacco per unità di controllo esterno con livella e bussola, attacco rapido, sezione di palina e bipode portapalina;

- 1 unità di controllo SDR33 GPS RTK, per la registrazione dei dati GPS nella modalità «cinematica in tempo reale» o RTK (Real Time Kinematic), dotato di memoria interna di 1 Mb (RAM), software specifico, batteria e caricabatteria;

- 1 software di post-processing Ashtech AOS (per ricevitori a doppia frequenza), basato su ambiente Windows, per la gestione, il calcolo e l'interscambio dei dati GPS nei formati RINEX e DXF;

- 2 radio modem Satelline 2Asxm2 con relative antenne e cavi di connessione.

Il prezzo complessivo è di circa 85.000.000 di lire.

### GPS/GLONASS Sokkia

Il sistema GPS/GLONASS del costruttore Sokkia comprende:

- 2 ricevitori GG-Surveyor, ciascuno dei quali a 24 canali paralleli, a singola frequenza (L1), capace di monitorare sia i satelliti della rete GPS NAVSTAR che quelli della rete GLONASS, con ricezione della fase della portante (a lunghezza d'onda intera) dei segnali GPS e GLONASS, memoria interna (RAM) di 8 Mb, modulo per la correzione differenziale in tempo reale, modulo opzionale per la registrazione dei dati GPS in tempo reale (RTK), adattatore per base, asta di precisione (per misurare l'altezza dell'antenna), sezione di palina per antenna, batteria ricaricabile e caricabatteria;

- 1 antenna cinematica con relativo cavo;

- 1 treppiede in legno e una base a tre viti calanti con piombo ottico, per la collocazione della Stazione Base;

- 1 unità di controllo Husky FS/2 con memoria interna di 2 Mb, software GPSTopo, per effettuare rilievi nella modalità RTK, batteria, caricabatteria e software TopoLite, per la gestione dei dati RTK su PC;

- 1 palina lunga 2 m, bipode portapalina, attacco per Husky con bussola e livella sferica (da montare sulla palina);

- 1 software di post-processing Ashtech AOS (per ricevitori a singola frequenza GPS/GLONASS), basato su ambiente Windows, per la gestio-

Continua

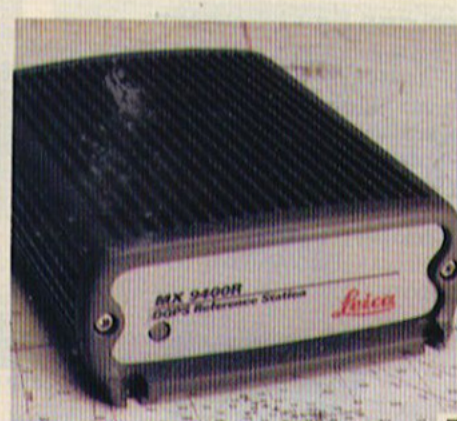
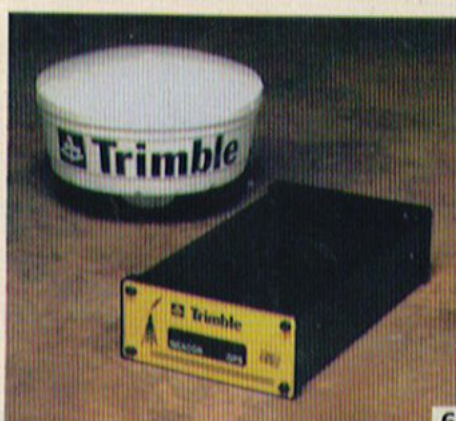


Foto 5 - Registratore di dati Trimble TDC1 (fonte: Trimble Navigation Europe Limited). Foto 6 - Modulo opzionale Trimble Pro XRS «Beacon/Satellite» con relativa antenna (fonte: Trimble Navigation Europe Limited). Foto 7 - Ricevitore Base Leica MX 9400R DGPS Reference Station, presente nei sistemi DGPS March Surveyor e HP-GPS-L4 della CMT (fonte: Leica GPS)



Segue

ne, il calcolo e l'interscambio dei dati GPS nei formati RINEX e DXF;

- 2 radio modem Satelline 2Asxm2 con relative antenne e cavi di connessione.

Il prezzo complessivo è di circa 80.000.000 lire.

### March Surveyor Leica-CMT

Il sistema March Surveyor della Leica-CMT (Corvallis MicroTechnology, Inc.) comprende:

- 1 ricevitore Base Leica MX 9400R DGPS Reference Station (foto 7) a 12 canali, dotato della tecnologia «Dual-Code», con ricezione del codice C/A, del codice P e della fase della portante sulla frequenza L1, nonché del peso di 1,5 kg; nella modalità da stazione Base esso comprende il modulo per la trasmissione delle correzioni differenziali nel protocollo RTCM del tipo 1 o 9, tempo per le prime correzioni di 3 minuti; nella modalità da Stazione Mobile esso è dotato di tempo per il primo punto pari a 1 minuto, tasso di aggiornamento della posizione pari a 2 posizioni al secondo e precisione di posizionamento di  $\pm 30$  cm rms o  $\pm 15$  cm rms mediante elaborazione Accucode (filtraggio delle misurazioni dello pseudo-range); tale ricevitore viene fornito con un'antenna di frequenza L1 (tipo survey) (foto 8) con anello strozzatore (choke ring) di 38 cm incorporato (utile a respingere i segnali *multipath*) e cavo lungo 5 m;
- 1 software Winbase della CMT, per l'elaborazione dei dati della Stazione Base;
- 1 ricevitore Mobile MARCH-II-E a 8 canali (capace di monitorare sino a 8 satelliti) con ricezione del codice C/A e della fase della portante sulla frequenza L1, con tempo per il primo punto inferiore a 1 minuto (a caldo) o inferiore a 5 minuti (a freddo), precisione di posizionamento pari a  $\pm 5$  m 2drms (nella modalità differenziale con tasso di aggiornamento della posizione pari a una posizione al secondo) o  $\pm 5$  cm 2drms (nella modalità differenziale con misurazione della «fase della portante»), compatibilità con il protocollo di correzione differenziale RTCM-SC104 ed antenna integrata a basso profilo (l'antenna esterna GPS-XANT2M-PKG con cavo lungo 2 m è opzionale e costa circa 700.000 lire); tale ricevitore possiede dimensioni 20,1x12,4x7,6 cm, peso di 936 g (comprese le batterie), RAM di 2Mb, display LCD e batterie con autonomia di oltre 4 ore;
- 1 registratore di dati PC5L con RAM di 8 Mb.

Il prezzo complessivo è di circa 25.000.000 di lire.

Al fine di applicare in tempo reale le correzioni differenziali al ricevitore Mobile, il suddetto sistema può essere integrato dal pacchetto Portable RTCM Radio Package, avente il prezzo di circa 6.000.000 di lire e costituito da: 2 radio modem, GPS-RF-BASE e GPS-RF-ROVER, aventi una potenza, rispettivamente, di 35 e 2 W e ciascuno dei quali dotato di antenna con cavo lungo 2,4 m, cavo dati e cavo di alimentazione; 1 zaino GPS-BACKPAK; 2 set di batterie ACC-AUXBAT-12V, con cavo e caricabatterie.

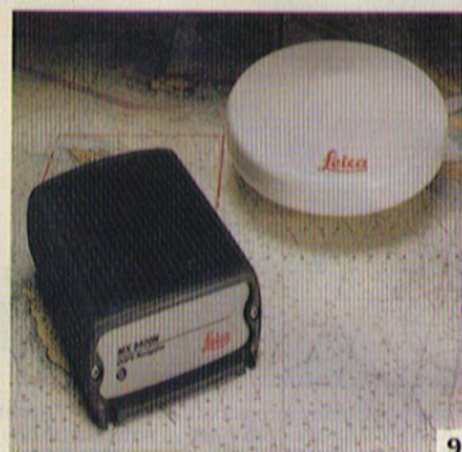
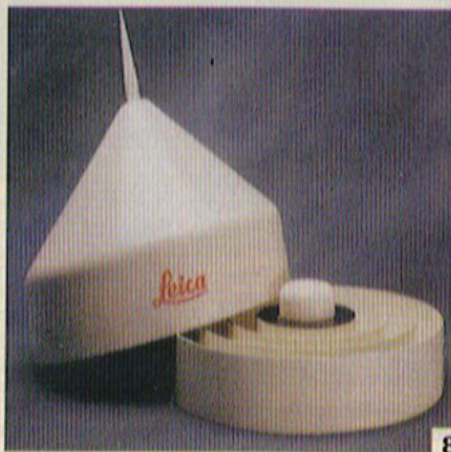
### HP-GPS-L4 Leica-CMT

Il sistema HP-GPS-L4 della CMT comprende:

- 1 ricevitore Base Leica MX 9400R DGPS Reference Station a 12 canali, dotato della tecnologia «Dual-Code», con ricezione del codice C/A, del codice P e della fase della portante sulla frequenza L1, nonché del peso di 1,5 kg; nella modalità da stazione Base esso comprende il modulo per la trasmissione delle correzioni differenziali nel protocollo RTCM del tipo 1 o 9, tempo per le prime correzioni di 3 minuti; nella

Foto 8 - Antenna di tipo «survey» del ricevitore Base Leica MX 9400R DGPS Reference Station (fonte: Leica GPS)

Foto 9 - Ricevitore Mobile Leica MX 9400N DGPS Navigator con relativa antenna, appartenente al sistema HP-GPS-L4 della CMT (fonte: Leica GPS)



modalità da stazione Mobile esso è dotato di tempo per il primo punto pari a 1 minuto, tasso di aggiornamento della posizione pari a 2 posizioni al secondo e precisione di posizionamento di  $\pm 30$  cm rms (in modalità differenziale) o  $\pm 15$  cm rms (mediante elaborazione Accucode); tale ricevitore viene fornito con un'antenna di frequenza L1 (tipo «survey») con anello strozzatore (choke ring) di 38 cm incorporato (utile a respingere i segnali «multipath») e cavo lungo 30 m; tale ricevitore può essere accoppiato con il demodulatore MX 50M Beacon Demodulator, capace di ricevere le correzioni differenziali da radiofari;

- 1 software Winbase per la gestione della stazione Base;
- 1 ricevitore Mobile Leica MX 9400N DGPS Navigator (foto 9) a 12 canali, dotato della tecnologia Dual-Code, con ricezione del codice C/A, del codice P e della fase della portante sulla frequenza L1, modulo per la ricezione delle correzioni differenziali nel protocollo RTCM e possibilità di esportazione dei dati nel formato NMEA, «tempo per il primo punto» di 1 minuto, tasso di aggiornamento della posizione pari a 2 posizioni al secondo e precisione di posizionamento di  $\pm 30$  cm rms (in modalità differenziale) o  $\pm 15$  cm rms (mediante elaborazione «Accucode»); esso ha un peso di 1,5 kg, è dotato di un'antenna di frequenza L1 (tipo survey) con piano di massa del diametro di 18 cm (utile a respingere i segnali multipath) e cavo lungo 15 m e può essere accoppiato con il ricevitore MX 52R o MX41R DGPS Beacon Receiver, per la ricezione delle correzioni differenziali da radiofari;
- 2 batterie ACC-AUXBAT-12V con caricabatterie;
- 2 cavi di alimentazione;
- 1 cavo dati lungo 2 m;
- 1 zaino GPS-BACKPAK, per il trasporto del ricevitore Mobile;
- 1 computer portatile PC5L-4MRD, con RAM di 4 Mb, Ms-Dos 5.0 e software CMT Field per la raccolta dati;
- 1 software di mappatura PC-GPS 3.3, basato su Windows.

Il prezzo complessivo è di circa 25.000.000 di lire.

Al fine di applicare in tempo reale le correzioni differenziali al ricevitore Mobile, il suddetto sistema può essere integrato da 2 radio modem, GPS-RF-BASE e GPS-RF-ROVER, aventi una potenza, rispettivamente, di 35 e 2 W e ciascuno dei quali dotato di antenna con cavo lungo 2,4 m, cavo dati e cavo di alimentazione (al prezzo di circa 6.000.000 di lire).

### GPS singola Frequenza Spectra Precision

Il sistema Geotracer Single Frequency della Spectra Precision comprende:

- 2 ricevitori (Base e Mobile) Geotracer Single Frequency GPS Receiver a 12 canali, con ricezione del codice C/A e della portante a pieno ciclo sulla frequenza L1, tempo per il primo punto inferiore a 2 minuti (a freddo) o inferiore a 30 secondi (a caldo), precisione di posizionamento di  $\pm 1-3$  m rms; tale ricevitore possiede dimensioni 20,3x15,8x4,2 cm e peso di 1,15 kg, nonché viene fornito con un'antenna geodetica di frequenza L1 con anello strozzatore (choke ring) di 36,5 cm incorporato (utile a respingere i segnali *multipath*) e con una scheda PCMCIA, per la memorizzazione dei dati registrati.



### GPS doppia frequenza Spectra Precision

Il sistema Geotracer Dual Frequency della Spectra Precision comprende:

- 2 ricevitori (Base e Mobile) Geotracer Dual Frequency GPS Receiver a 12 canali, con ricezione del codice C/A, e della portante a pieno ciclo sulla frequenza L1, del codice P (mediante tecnologia Z-Tracking) e della portante a pieno ciclo sulle frequenze L1 e L2, tempo per il primo punto inferiore a 2 minuti (a freddo) o inferiore a 30 secondi (a caldo), precisione di posizionamento inferiore a  $\pm 1$  m rms; tale ricevitore possiede dimensioni  $20 \times 20,5 \times 7$  cm e peso di 1,95 kg, nonché viene fornito con un'antenna geodetica di frequenza L1 con anello strozzatore (*choke ring*) di 36,5 cm incorporato (utile a respingere i segnali *multipath*) e con una scheda PCMCIA.

### GPS/GLONASS Spectra Precision

Il sistema Geotracer GPS-GLONASS della Spectra Precision comprende:

- 2 ricevitori (Base e Mobile) Geotracer GPS-Glonass GPS Receiver, ciascuno a 24 canali, di cui 12 con ricezione del codice C/A e della portante a pieno ciclo sulla frequenza GPS L1 e 12 canali con ricezione del codice e della portante a pieno ciclo sulla frequenza GLONASS; tali ricevitori sono caratterizzati da tempo per il primo punto inferiore a 40 secondi (a freddo) o inferiore a 30 secondi (a caldo), precisione di posizionamento inferiore a  $\pm 1$  m rms, dimensioni  $20 \times 20,5 \times 7$  cm e peso di 1,8 kg, nonché sono forniti con un'antenna combinata GPS/GLONASS di frequenza L1 (con piano di massa del diametro di 18 cm) e con una scheda PCMCIA.

### GPS singola frequenza Carl Zeiss

Il sistema GePoS RS 12 della Carl Zeiss comprende:

- 1 ricevitore GePoS RS 12 BASE a 12 canali sulla frequenza L1, con ricezione del codice C/A e della «fase della portante» a pieno ciclo sulla frequenza L1, tasso di aggiornamento della posizione da una posizione al minuto a una al secondo, precisione di posizionamento di  $\pm 5$  mm rms (in *post processing* mediante il software di ricalcolo dei dati GePoS CEO); tale ricevitore possiede dimensioni  $21,5 \times 24,5 \times 13,5$  cm e peso di 2,9 kg, antenna integrata di tipo Microstrip, display LCD retroilluminato, schede intercambiabili PCMCIA (da 2 a 10 Mb), per la memorizzazione dei dati registrati, buffer interno di memoria (per registrare i dati durante il cambio della scheda) e 2 batterie con autonomia di 4 ore;

- 1 antenna;

- 1 ricevitore GePoS RS 12 ROVER a 12 canali sulla frequenza L1, con ricezione del codice C/A e della «fase della portante» a pieno ciclo sulla frequenza L1, tasso di aggiornamento della posizione da una posizione al minuto a una al secondo, precisione di posizionamento di  $\pm 10-20$  mm rms (in tempo reale con *baseline* entro 10 km) o  $\pm 5$  mm rms (in *post-*

*processing* mediante il software di ricalcolo GePoS CEO); tale ricevitore possiede dimensioni  $21,5 \times 24,5 \times 13,5$  cm e peso di 2,9 kg, display LCD retroilluminato, schede intercambiabili PCMCIA (da 2 a 10 Mb), buffer interno di memoria e 2 batterie con autonomia di 4 ore, capacità di ricevere i segnali di correzione differenziale (mediante un software opzionale);

- 1 antenna, collocata su di una palina telescopica, insieme a una livella sferica e un modulo con display LCD;

- 1 zaino, per il trasporto del ROVER, del radio modem e delle batterie;

- 1 software GePoS CEO, per la gestione dei dati, la pianificazione dei lavori, l'elaborazione dei dati con la possibilità di conversione e di importazione dal formato RINEX, analisi dei dati, soluzioni con stazione singola o con più stazioni.

Il prezzo complessivo è di circa 35.000.000 di lire.

### GPS doppia frequenza Carl Zeiss

Il sistema GePoS RD 24 della Carl Zeiss comprende:

- 1 ricevitore GePoS RD 24 BASE (foto 10) a 24 canali, di cui 12 sulla frequenza L1 e 12 sulla frequenza L2, con ricezione del codice C/A e della fase della portante a pieno ciclo sulla frequenza L1, del codice P e della fase della portante a pieno ciclo sulla frequenza L2, tasso di aggiornamento della posizione da una posizione al minuto a una al secondo, precisione di posizionamento di  $\pm 5$  mm rms (in *post-processing* mediante il software di ricalcolo GePoS CEO); tale ricevitore possiede dimensioni  $21,5 \times 24,5 \times 3,5$  cm e peso di 2,9 kg, antenna integrata di tipo Microstrip, display LCD retroilluminato, schede intercambiabili PCMCIA (da 2 a 10 Mb), buffer interno di memoria e 2 batterie con autonomia di 3 ore; tale ricevitore prevede sul treppiede soltanto l'antenna mentre il ricevitore con le batterie, il display LCD ed il radio modem in una valigetta imbottita;

- 1 antenna;

- 1 radio modem GePoS DL 70, operante con una potenza di 0,5 W, per la trasmissione dei dati calcolati al ricevitore Mobile (*baseline* entro 10 km);

- 1 ricevitore GePoS RD 24 ROVER a 24 canali, di cui 12 sulla frequenza L1 e 12 sulla frequenza L2, con ricezione del codice C/A e della fase della portante a pieno ciclo sulla frequenza L1, del codice P e della fase della portante a pieno ciclo sulla frequenza L2, tasso di aggiornamento della posizione da una posizione al minuto a una al secondo, precisione di posizionamento di  $\pm 10-20$  mm rms (in tempo reale con *baseline* entro 10 km) o  $\pm 5$  mm rms (in *post-processing* mediante il software di ricalcolo GePoS CEO); tale ricevitore possiede dimensioni  $21,5 \times 24,5 \times 13,5$  cm e peso di 2,9 kg, display LCD retroilluminato, schede intercambiabili PCMCIA (da 2 a 10 Mb), buffer interno di memoria e 2 batterie con autonomia di 3 ore;

Continua



10



11



12

oto 10 - Ricevitore GePoS RD 24 BASE, presente nel sistema GePoS RD 24 della Carl Zeiss (fonte: Salmoiraghi - Zeiss). Foto 11 - Sistema di posizionamento Ashtech Ag-Navigator, di cui sono mostrati la barra luminosa, il dispositivo «map stick» e il computer di bordo (fonte: Ashtech). Foto 12 - Ricevitore Mobile Garmin 12XL Personal Navigator del sistema Garmin (fonte: Garmin urope Ltd)



Segue

- 1 antenna, collocata su di una palina telescopica, insieme ad una livella sferica e un modulo con display LCD;
- 1 radio modem GePoS DL 70, operante con una potenza di 0,5 W, per la ricezione dei dati calcolati dal ricevitore Base;
- 1 zaino, per il trasporto del ROVER, del radio modem e delle batterie;
- 1 software GePoS CEO, per la gestione dei dati, la pianificazione dei lavori, l'elaborazione dei dati con la possibilità di conversione e di importazione dal formato RINEX, analisi dei dati, soluzioni con stazione singola o con più stazioni.

Il prezzo complessivo è di circa 55.000.000 di lire.

Variante del precedente è il sistema GePoS RD 24 Real Time della Carl Zeiss comprende:

- 1 ricevitore Base GePoS RD 24 RT; a differenza del GePoS RD 24 BASE, tale stazione Base prevede sul treppiede non soltanto l'antenna ma anche il ricevitore con le batterie, il display LCD e il radio modem. Per il resto tale sistema è uguale a quello precedentemente descritto.

Il prezzo complessivo è di circa 65.000.000 di lire.

Altro modello della Carl Zeiss è il sistema GePoS RM 24 Real Time a doppia frequenza che comprende:

- 1 ricevitore modulare GePoS RM 24 BASE a 24 canali, di cui 12 sulla frequenza L1 e 12 sulla frequenza L2, con ricezione del codice C/A e della fase della portante a pieno ciclo sulla frequenza L1, del codice P e della fase della portante a pieno ciclo sulla frequenza L2, precisione di posizionamento di  $\pm 10-15$  mm rms (in *post-processing*); tale ricevitore possiede display LCD, scheda PCMCIA (da 2 Mb), 2 batterie (con autonomia di 10 ore in *post-processing* o 6 ore in *real time*), caricabatterie, cavo di alimentazione per accendisigari e set di cavi coassiali schermati;

- 1 antenna geodetica di frequenza L1/L2 (tipo NovAtel) con supporto ed asta di precisione (per misurare l'altezza dell'antenna);

- 1 treppiede in legno;

- 1 ricevitore modulare GePoS RM 24 ROVER a 24 canali, di cui 12 sulla frequenza L1 e 12 sulla frequenza L2, con ricezione del codice C/A e della fase della portante a pieno ciclo sulla frequenza L1, del codice P e della fase della portante a pieno ciclo sulla frequenza L2, precisione di posizionamento di  $\pm 10-15$  mm rms (in *post-processing*); tale ricevitore possiede display LCD con relativo supporto, scheda PCMCIA (da 2 Mb), 2 batterie (con autonomia di 10 ore in *post-processing* o 6 ore in *real time*), caricabatterie, cavo di alimentazione per accendisigari e set di cavi coassiali schermati;

- 1 antenna geodetica L1/L2 (tipo NovAtel) con relativo supporto;

- 1 asta telescopica (per misurare l'altezza dell'antenna) con relativo supporto bipiede;

- 1 zaino, per il trasporto del ROVER e delle batterie;

- 2 radio modem GePoS DL70B con relative antenne Lambda/2 lunghe 30 cm;

- 1 software GePoS CEO, per l'elaborazione dei dati GPS, con la possibilità di importazione degli stessi dal formato RINEX e di esportazione nei formati RINEX ed ASCII;

- 1 software supplementare, per la visualizzazione grafica dei dati GPS e l'esportazione degli stessi nel formato DXF.

Il prezzo complessivo è di circa 65.000.000 di lire.

### GPS Ashtech

Il sistema Ag-Navigator della Ashtech (foto 11) comprende:

- 1 ricevitore Base Ashtech Super C/A a 12 canali con ricezione del codice C/A e della fase della portante, tempo per il primo punto in-

fiorire a 1 minuto e tasso di aggiornamento della posizione pari a 2 posizioni al secondo;

- 1 antenna OMNI Directional con *choke ring* (anello strozzatore utile a respingere i segnali «multipath») incorporato e con cavo lungo 30 m;

- 1 software Geodetic Base Station;

- 1 radio modem con potenza di 2 w (tuttavia in Italia la potenza massima ammessa di emissione del segnale è di 1 w) per la trasmissione dei segnali di correzione differenziale, antenna, cavi e connessioni;

- 1 computer 486DX-266 Mhz con memoria interna di 540 Mb;

- 1 ricevitore Mobile Ashtech SCA-12S Super C/A a 12 canali con ricezione del codice C/A e della fase della portante, tempo per il primo punto inferiore a 1 minuto, tasso di aggiornamento della posizione pari a 2 posizioni al secondo, precisione di posizionamento inferiore a  $\pm 1$  m rms (con correzione differenziale); in alternativa a tale ricevitore si può impiegare un ricevitore configurato per la ricezione dei segnali di correzione differenziale da una stazione Base locale o da un Sistema DGPS a Larga Area (nel formato RTCM-SC104);

- 1 antenna con cavo lungo 3,5 m;

- 1 radio modem con potenza di 2 w, per la ricezione dei segnali di correzione differenziale, antenna, cavi e connessioni;

- 1 dispositivo *map stick*, per inserire attributi e/o codici descrittivi dei punti memorizzati;

- 1 barra luminosa che, indicando la deviazione (a destra o a sinistra) della macchina dal percorso prescelto, aiuta l'operatore a mantenerne la direzione di guida su tale percorso.

### GPS Garmin

Il sistema Garmin comprende:

- 1 ricevitore di correzioni differenziali da radiofari Garmin GBR 21 (del prezzo di circa 900.000 lire), avente dimensioni 13,2x9,1x3,8 cm e peso di 193 g, nonché dotato di staffa di montaggio, cavo di alimentazione, antenna radio lunga 46 cm, accoppiatore per antenna e cavo coassiale lungo 76 cm (per il trasferimento dei dati);

- 1 ricevitore Mobile Garmin 12XL Personal Navigator (foto 12) (del prezzo di circa 500.000 lire), avente le seguenti caratteristiche di navigazione: 500 punti modali (*waypoints*), 9 punti più vicini e 9 punti di prossimità (quando l'operatore si avvicina a essi è avvisato mediante un segnale acustico), 20 percorsi reversibili, ciascuno dei quali avente sino a 30 punti, modalità di navigazione TrackBack (navigazione automatica a ritroso lungo il percorso registrato), funzione *position averaging* (capace di mediare più posizioni per ridurre l'effetto della SA). In ordine alle prestazioni, si tratta di un ricevitore con PhaseTrac12 (12 canali paralleli), capace di monitorare sino a 12 satelliti (ricezione del codice C/A sulla frequenza L1), con tempo di acquisizione di circa 15 secondi (a caldo), 45 secondi (a freddo), tasso di aggiornamento della posizione sino ad una posizione al secondo, precisione di posizionamento sino a  $\pm 100$  m rms o pari a  $\pm 5-10$  m rms (utilizzando i segnali di correzione differenziale provenienti da radiofari), compatibilità con i protocolli di correzione differenziale NMEA 180, 182, 183 e RTCM-SC104 (versione 2) e antenna integrata; tale ricevitore possiede dimensioni 5,3x14,7x3,1 cm, peso di 269 g (comprese le batterie), display LCD retroilluminato ed è alimentato da 4 batterie AA o 10-40VDC, con autonomia sino a 24 ore;

- 1 antenna esterna a basso profilo GA 27 con cavo lungo 2,6 m (avente il prezzo di circa 100.000 lire).

Il prezzo complessivo è di circa 1.500.000 lire.

Segue da pag. 35

tante RDS (Radio Data System) della banda classica FM. Tale sistema è disponibile in due servizi: il Basic service e il Premium service, i quali, rispettivamente, sono in grado di fornire

una precisione di  $\pm 10$  m rms e di  $\pm 1-2$  m rms (in funzione del ricevitore impiegato) e comportavano, nel 1997, un canone di abbonamento annuale di 136 e 680 sterline inglesi, equivalenti a circa 400.000 e 2.000.000 di lire.

Per ricevere tali correzioni, oltre a pagare il canone annuale di abbonamento al gestore, occorre disporre di tre ricevitori: un ricevitore RDS con antenna integrata, un modulo OEM (Original Equipment Manufacturer), configurato



in modo da integrarsi con il sistema utilizzato dall'utente, e un ricevitore portatile dotato di un'antenna esterna.

Inoltre, in Europa sono gratuitamente disponibili i segnali di correzione differenziale trasmessi sulla banda FM dalla Guardia costiera di vari Paesi (Gran Bretagna, Irlanda, Svezia, ecc.). Infatti, tali segnali di correzione, essendo captabili entro una distanza di 200 km in mare e di 60-80 km sulla terraferma, riescono a «coprire» non soltanto le aree costiere, ma anche buona parte delle aree interne, anche se oltre i 50 km si incrementano sensibilmente i problemi di indebolimento dei segnali legati all'ostruzione da parte di ostacoli naturali (Algerbo e Thylèn, 1997).

### Servizi di correzione via satellite

Nei servizi di correzione via satellite i segnali di correzione differenziale sono trasmessi sulla banda di frequenza L da satelliti di comunicazione geostazionari. Pertanto, a differenza delle correzioni differenziali provenienti da una stazione Base o da un radiofaro, quelle trasmesse dal satellite danno luogo a una precisione uniformemente uguale sull'intera area di «copertura» del satellite stesso, senza alcuna degradazione del livello di precisione associato all'incremento della distanza tra il trasmettitore e il ricevitore.

In altri termini, l'utente consegue la stessa precisione pur percorrendo una distanza notevole (sino a 1.600 km); ciò grazie alla tecnologia della stazione Base (o di riferimento) virtuale o VBS (Virtual Base Station). Inoltre, pochi satelliti riescono a «coprire» la maggior parte della superficie terrestre.

Alla presente categoria appartengono due servizi usufruibili in Europa e capaci di garantire la «copertura» dell'intera Italia: OmniSTAR Europe e Racal Landstar.

### Servizio OmniSTAR Europe

Il servizio OmniSTAR Europe fa parte della rete mondiale DGPS a Larga Area OmniSTAR, costituita da parecchie stazioni di riferimento diffuse sulla superficie terrestre.

Per ricevere tali correzioni, oltre a pagare il canone annuale di abbonamento al gestore OmniSTAR, occorre acquistare un demodulatore compatto (per esempio, OmniSTAR 3000LM), dotato di un computer integrato che fornisce una posizione precisa e stabile attraverso la tecnologia VBS.

Tale servizio fornisce una precisione inferiore a  $\pm 1$  m rms, oltre a elevati valori di «affidabilità» e «integrità» del sistema (con tasso di aggiornamento della posizione di un segnale al secondo),

nella maggior parte dell'Europa e dei Paesi circostanti. In Italia la stazione di riferimento si trova in Sicilia. Il canone di abbonamento annuale, nel febbraio 1998, era pari a 1.500 sterline inglesi (equivalenti a circa 2.500.000 lire).

### Servizio Racal Landstar Europe

Il servizio Racal Landstar Europe fa parte della rete mondiale DGPS a Larga Area Racal Landstar gestita dalla Racal Survey Ltd. e dispone dei satelliti dell'Agenzia spaziale europea EMS.

Per ricevere tali correzioni, oltre a pagare il canone annuale di abbonamento al gestore, occorre acquistare un ricevitore DGPS Racal. Uno di questi è il LandStar MkIV, il quale è dotato di un'antenna omnidirezionale combinata (configurata per ricevere sia i segnali GPS che i segnali di correzione differenziale), compatibile con tutti i ricevitori GPS (a 8 o 12 canali) capaci di trasmettere segnali nel formato RTCM-SC104 (versione 2), nonché dotato di zaino per il trasporto.

Il ricevitore Racal è disponibile in due configurazioni:

- unità DGPS, capace di fornire posizioni già corrette (grazie alla tecnologia VBS) o, in alternativa, utilizzabile come ricevitore Mobile in coppia con un qualsiasi ricevitore Base (capace di trasmettere i segnali di correzione differenziale);

- unità di bordo OEM (Original Equipment Manufacturer), configurata per integrarsi con sistemi e applicazioni DGPS montati sui veicoli.

Tale servizio fornisce una precisione inferiore a  $\pm 1$  m o variabile da  $\pm 2$  a  $\pm 5$  m rms (in funzione della qualità del ricevitore impiegato), oltre a elevati valori di «reliability» e «availability» (con tasso di aggiornamento della posizione inferiore a un segnale ogni 5 secondi) in oltre 40 Paesi dell'Europa e del bacino del Mediterraneo.

In Italia la stazione di riferimento si trova nei pressi di Roma.

### Espressione standard della precisione di posizionamento

Nel settore del posizionamento delle macchine agricole, oltre a essere necessari il possesso di conoscenze di base non indifferenti e il continuo aggiornamento sull'evoluzione della tecnologia GPS/GLONASS, in futuro è auspicabile un'espressione standard della precisione di posizionamento da parte dei vari costruttori e distributori commerciali.

Infatti, soltanto se l'agricoltore avrà le idee chiare sia sul livello di precisione richiesto dalle varie applicazioni dell'agricoltura di precisione sia su quello conseguibile dai sistemi di posi-

### Le aziende citate

#### Indirizzario dei distributori dei sistemi descritti.

- Geotop srl - Via Breccie Bianche, 152 - 60131 Ancona - Tel. 071.2861471-2861661 - Fax 071.2861529 - E-mail geotop@fastnet.it; Web: [fastnet.it/market/geotop/geotop.htm](http://fastnet.it/market/geotop/geotop.htm)

- Communication Technology srl - Piazza Guidazzi, 3 - 47023 Cesena (FO) - Tel. 0547.611596 - Fax 0547.611146; Web [www.comm-tech.com](http://www.comm-tech.com)

- Sokkia srl - Via Alserio, 22 - 20159 Milano - Tel. 02.66803803 - Fax 02.66803804 - E-mail sokkia@energy.it; Web [www.sokkia.it](http://www.sokkia.it)

- Leica Geosystems spa - Via Gargano, 7 - 20139 Milano - Tel. 02.525351 - Fax 02.56813999/56815000 - E-mail surveying@leica.it

- Leica Italy - Viale P. Togliatti, 1639 - 00155 Roma - Tel. 06.40500800 - Fax 06.4078247

- Ageos srl - Centro Direzionale Colleoni - Via Paracelso, 22 - Palazzo Cassiopea Ingresso I - 20041 Agrate Brianza (MI) - Tel. 039.6899600 - Fax 039.6899610 - E-mail ageos@galattica.it

- La Filotecnica srl - Via Durando, 38 - 20158 Milano - Tel. 02.66200477 - Fax 02.66200677 - E-mail salmoiraghi@pn.it-net.it

- Codevintec Italiana srl - Via Labus, 13 - 20147 Milano - Tel. 02.48302175 Fax 02.48302169 - E-mail info@codevintec.it; Web [www.codevintec.it](http://www.codevintec.it)

- Synergy - Via B. Quaranta, 55 - 20139 Milano - Tel. 02.5520705 - Fax 02.5696406

- OmniSTAR BV (OmniSTAR Europe) - 180 C, Van der Valk Boumanweg - Business Centre Rynenburg - 2352 JD Leiderdorp (Olanda) - Tel. 0031-71-5814710 - Fax 0031-71-5814719; Web [omnistar.com/eurostar.html](http://omnistar.com/eurostar.html)

- NeSA (Racal Landstar Europe) - Stuttgartstraãt, 42-44 - 3047 AS Rotterdam (Olanda) - Tel. 0031-10-2451500 - Fax 0031-10-2451555 - E-mail landstar-europe@racal-survey.com; Web [www.racal-landstar.com](http://www.racal-landstar.com)

zionamento offerti dal mercato, egli potrà scegliere quello che, a parità di precisione, avrà il minor costo e, quindi, gli consentirà di trarre il massimo profitto dal relativo utilizzo.

**Antonio Comparetti**  
Dottorando di ricerca  
Dipartimento di ingegneria e  
tecnologie agro-forestali  
Università degli studi di Palermo

Per baseline si intende la distanza tra la Stazione Base e la Stazione Mobile.

Per ulteriori informazioni sul GPS applicato in agricoltura si possono consultare i numeri 23/98 pag. 29; 46/97 pag. 51 e 41/96 pag. 43.

La bibliografia verrà pubblicata negli estratti.