

Lo sviluppo del programma Galileo: sue traversie, lezioni e considerazioni

di Mario Caporale

Lo sforzo europeo per dotarsi di un sistema autonomo globale di navigazione satellitare, dalla concezione alla realizzazione.

Il Sistema di navigazione satellitare europeo Galileo ha dichiarato il 15 dicembre 2016 l'avvio dei suoi "Servizi Iniziali" ("Galileo goes live!", comunicato stampa della Commissione Europea, 14 dic. 2016). Una lunga strada di almeno sedici anni da quando il programma è partito, strada costellata di problemi, ritardi, ripensamenti organizzativi e strutturali, incrementi di budget, prima di raggiungere questo primo importante risultato: il sistema Galileo inizia a fornire dei servizi, anche se "iniziali" per via della sua costellazione di satelliti ancora incompleta. Galileo è il primo programma spaziale di grandi dimensioni gestito e di proprietà della Unione Europea (UE). Il suo valore strategico si fonda sulla indipendenza politica, operativa, industriale e tecnologica nel settore della navigazione e posizionamento globale. Sebbene Galileo rappresenti una priorità per la politica spaziale europea, a circa sedici anni dalla dichiarazione della sua fattibilità, il programma vedrà il suo completamento almeno al 2020. Galileo ha avuto uno sviluppo lento e problematico a causa di



Maroš Šefcovič, a sinistra, e Elżbieta Bieńkowska, pronti a dare il via agli Initial Services di Galileo il 15 Dicembre 2016.

fattori diversi e concomitanti, tra cui il fallimento del previsto partenariato pubblico-privato (PPP), l'approccio al finanziamento, i costi sempre crescenti, le opinioni divergenti tra gli Stati membri e all'interno di istituzioni dell'UE, problemi di governance e complessi negoziati internazionali ancora in corso (ad esempio quello con la Cina o con la Russia).

Il percorso di Sviluppo e Realizzazione

La navigazione satellitare vede la luce in Europa con l'avvio del programma EGNOS (European Global Navigation Overlay System), nel 1994 [EU1994], primo contributo europeo alla navigazione satellitare, finalizzato a fornire un sistema satellitare di potenziamento e miglioramento dell'accuratezza del segnale civile del sistema GPS

americano, garantendo la rilevazione e correzione degli errori. Il secondo contributo dell'Europa sarebbe stato un sistema indipendente, civile e globale, Galileo appunto. Nel 1999-2000 nasce quindi la fase di definizione del Programma, con l'obiettivo di avere la fase di sviluppo negli anni 2001-2005 e lo spiegamento nel 2006-2007, per avviare le operazioni commerciali nel 2008.

Nel 2000, quando al World Radio Conference dell'ITU vengono assegnate le frequenze del sistema Galileo, la concezione del sistema Galileo si presenta come altamente innovativa: un sistema civile sotto il controllo civile che fornisce una diecina di segnali di navigazione, gran parte di questi aperti. E' una enorme innovazione rispetto a quanto disponibile allora: un solo segnale aperto del sistema GPS e un segnale aperto

del sistema GLONASS, due sistemi militari sotto il controllo militare. L'innovazione avviata dal sistema Galileo ben presto influenzò tutto il GNSS mondiale: il GPS nel 2000, con la delibera di Clinton, elimina la "selected availability", quel disturbo intenzionale sul segnale aperto GPS che ne riduceva l'accuratezza. Negli anni a venire, sorgono idee di nuovi sistemi, globali e regionali. Appare all'orizzonte il sistema cinese COMPASS-BEIDOU, il sistema regionale giapponese QZSS. Nasce una crescente competizione mondiale sui servizi di navigazione satellitare. Il sistema Galileo ha contribuito significativamente a questa rivoluzione del GNSS, ma, purtroppo, non è riuscito a gestirne adeguatamente le finestre di opportunità del mercato. La fase di definizione di Galileo è stata finanziata dalla Commissione europea e dall'ESA attraverso studi di fattibilità e di pre-sviluppo, ma i risultati presentati dalla Commissione nel 2000 non hanno portato rapidamente alla decisione del Consiglio dei trasporti dell'Unione Europea di passare alla fase di sviluppo. Infatti, fino al 2002, gli Stati membri Europei non sono stati in grado di sostenere un impegno forte e una politica collettiva al progetto, per raggiungere una posizione comune sulle questioni critiche quali il finanziamento, la sicurezza, il quadro giuridico, oltre che sugli aspetti più tecnici, come il sistema di responsabilità legali, la assegnazione di frequenze, l'integrazione di EGNOS in Galileo, la partecipazione industriale, la progettazione del segmento di terra. Alla fine della fase di definizione la stima per

la fase di sviluppo era di 1.1 €€ e quella per la fase di spiegamento era di 2.15 €€. In realtà la sola fase di sviluppo (fase di definizione e fase IOV - In Orbit Validation-) è venuta a costare circa 2,1 €.

Nel 2002 la Commissione Europea ritenne fondamentale esplorare una collaborazione pubblico-privata per lo spiegamento del Programma Galileo che vedesse la parte privata entrare per i 2/3 del costo della fase di spiegamento. Fu avviato un processo di Concessione PPP (Public Private Partnership) e si costituì una Joint Venture, la Galileo JU, che aveva il compito di sviluppare la gara per la Concessione. Dal 2004 partì la competizione per la concessione PPP che andò avanti per almeno un triennio. Nel frattempo, nel 2004 venne creata la Agenzia GSA, allora denominata GALILEO Supervisory Authority, che avrebbe avuto il compito di gestire la concessione Galileo e in essa far confluire le attività del programma EGNOS in completamento di sviluppo (anch'esso vittima di ritardi e extra costi in maniera vertiginosa).

Nel 2007, dai risultati della competizione per la Concessione

Galileo emerse che la parte privata non intendeva sostenere finanziariamente alcuni rischi del programma, in particolare il rischio di progetto, e in parte anche il rischio di mercato. Per farsi carico di questi rischi la parte privata chiedeva una copertura in caso di rischio fino ad un massimo, nel caso peggiore, di 8 €.

La Commissione Europea e gli Stati Membri a questo punto decisero per il totale finanziamento pubblico del programma.

Sono state effettuate nel periodo 2007-2008 le stime di completamento del Programma, sia utilizzando le stime industriali che quelle dell'ESA e di società di consulenza, e si arrivò ad una stima a finire per la fase di spiegamento del sistema (denominata FOC, Full Operational Capability) di 3.4 €.

Il Regolamento europeo 683 [EU-2008] adottato nel 2008 teneva in conto questa stima per il completamento del Programma. Il regolamento 683 inoltre trasferiva la proprietà delle infrastrutture del sistema di navigazione satellitare Europeo (EGNOS e GALILEO) alla Commissione Europea che diventava responsabile del Programma. L'obiettivo di completamento era fissato alla



Javier Benedicto, Project Manager Galileo di ESA, guarda il primo position fix di longitudine, latitudine and altitudine del sistema Galileo il 12 marzo 2013 al Navigation Laboratory ESA - ESTEC, in Noordwijk, the Netherlands. Copyright ESA - Anneke Le Floc'h

fine del 2013. La GSA [GSA-2013] veniva ridimensionata nei compiti e nella struttura, focalizzandosi su due aspetti del programma, la omologazione in sicurezza delle infrastrutture del sistema e la analisi di mercato volta a preparare lo sviluppo applicativo e dei servizi. Il ruolo dell'ESA veniva identificato in quello di Design Agency e System Prime del Sistema Galileo.

Tuttavia, dal 2008 al 2012, nonostante la redistribuzione delle responsabilità ed un più chiaro quadro di separazione e distinzione delle responsabilità degli attori, il programma subì un altro significativo incremento di costi a finire ed un significativo ritardo dell'entrata in servizio: i 3.4 € erano insufficienti a completare il sistema (stimato ora un delta a finire di 1.9 €) e soprattutto il raggiungimento della piena operatività, veniva proiettato al 2020 [GPSWORLD-2012]. Nel 2013 il Regolamento GNSS europeo [EU-2013] viene rivisto. La Governance del programma viene rivista come segue: la Commissione Europea responsabile di tutto il programma, l'Agenzia europea GSA, GNSS

Agency, con il compito di operare il sistema europeo di navigazione e l'ESA, Agenzia Spaziale Europea, con il suo ruolo di Architetto di sistema e gestore dei contratti industriali. Il budget a finire del programma, inclusivo dei costi operativi fino al 2020, viene rivisto includendo 1.9 €€ per il completamento del sistema Galileo, 3 € per le operazioni Galileo e 2 € per le operazioni EGNOS e il Management del programmi.

In sintesi, al 2017, i costi complessivi del sistema Galileo, sistema ancora in completamento, ammontano a circa 11 €.

Il primo "fixing" di posizione del sistema Galileo avviene il 12 marzo 2013. Con il lancio del terzo e quarto satellite della costellazione nell'ottobre 2012, il primo nucleo di costellazione Galileo, denominato IOV (In Orbit Validation), quattro satelliti, consente di validare le caratteristiche del sistema. La prima determinazione di posizione consente di ottenere una precisione tra i 10 e 15 metri (ridotta a causa del limitato numero di satelliti).

La Fase FOC (Full Operational Capability) viene avviata già

dal 2009, e a seguito di questa la struttura industriale subisce cambiamenti dovuti alle nuove competizioni. In particolare, il manifatturiero dei satelliti viene cambiato (subentra la tedesca OHB). Nel 2013 a causa di malfunzionamenti nelle fasi di test ambientali dei primi due satelliti della fase FOC, il piano di assemblaggio e test dei satelliti FOC (Full Operational Capability) viene rivisto e, i lanci dei satelliti subiscono un ritardo di circa 18 mesi. Malgrado ciò, al 2013 si ipotizzava ancora il completamento della costellazione al 2017. Solo successivamente il piano del Programma viene rivisto e, alla fine del 2016, a valle della delta System Critical Design Review, la nuova data di completamento del sistema viene proiettata al 2020.

Ad oggi, inizi del 2017, il sistema Galileo dispone di ben 18 satelliti in orbita (gli ultimi quattro lanciati con Ariane 5 a Novembre del 2016). Di questi, 11 sono operativi, gli ultimi quattro lanciati a novembre 2016 saranno operativi verso la fine della primavera del 2017 (un satellite IOV ha smesso di generare i segnali e 2 satelliti sono stati



Il Galileo operations team nella Main Control Room at ESA's Space Operations Centre, 28 agosto 2014. Copyright Ruben Solaz.

posizionati su orbite ellittiche e attualmente non utilizzabili). Un problema tecnico che sta affliggendo il sistema è dovuto a un malfunzionamento degli orologi atomici di bordo che ha portato, ad oggi, ad avere, sui 72 orologi attualmente orbitanti (ce ne sono 4 per satellite, due al rubidio e due maser all'idrogeno), 9 non funzionanti: 3 al rubidio e 6 all'idrogeno. Questo problema sta mettendo in discussione il lancio dei futuri satelliti fintanto che non sia chiara la ragione dei guasti [SPACENEWS-2017] [GUTIERREZ-2017].

Galileo nel contesto internazionale

Il sistema Galileo nasce in un contesto in cui sono già presenti e operativi altri sistemi globali di navigazione satellitare, in primis il GPS americano, il rivivificato sistema GLONASS russo, e costellazioni nascenti quali la cinese COMPASS-BEIDOU, l'indiana GINS, oltre ai sistemi regionali tra cui spicca per innovazione il Giapponese QZSS (Quasi Zenith Satellite System). Il Sistema Galileo ha dovuto sin dalla sua concezione far fronte ad aspetti di compatibilità dei suoi segnali nell'ambito delle frequenze elettromagnetiche richieste in ambito ITU (International Telecommunication Union). La compatibilità va intesa essenzialmente come non-interferenza, non disturbo reciproco rispetto ai sistemi già operanti nelle bande elettromagnetiche in cui Galileo intende operare. Questi sistemi sono il GPS, il GLONASS, ma anche i sistemi di controllo del traffico aereo, i sistemi radar militari, i sistemi di comunicazione satellitari mobili (MSS), e perfino i sistemi di radioastronomia, che operano nelle vicinanze delle bande Galileo. La prima grande questione

internazionale è stata la compatibilità con il GPS. Nel 2004, [LEWIS-2004] dopo tre anni di lunghe trattative, si è riusciti ad arrivare ad un accordo di compatibilità che, tra l'altro, ha aperto le porte ad esplorazioni di interoperabilità con il GPS. Sono stati concordati aspetti di interoperabilità quali l'offset di tempo e di riferimento spaziale tra i due sistemi da inserire rispettivamente nei contenuti dei messaggi dei segnali dei due sistemi Galileo e GPS, che consentiranno ai futuri utenti dei due sistemi un interscambio ed un utilizzo plurimo dei due sistemi.

Nel 2006 si è anche concordato di dotare i due sistemi, GPS e Galileo, di un segnale civile definito e concordato comunemente al fine di massimizzare l'interoperabilità a livello di utenti finali. A Gennaio 2013 gli USA hanno inviato all'Unione Europea una lettera di interesse al servizio Galileo PRS e successivamente, in Marzo 2013 hanno dettagliato il loro interesse.

Le negoziazioni con la Russia già avviate nel 2000, sono state riprese in più volte, dopo varie battute di arresto avutesi negli anni passati, con l'obiettivo di arrivare ad un accordo in tema di GNSS tra i due sistemi Galileo

e GLONASS, includendo anche i due sistemi di "augmentation" rispettivi EGNOS e SDCM. Ad oggi, anche per la attuale situazione politica europea verso la Russia, le negoziazioni hanno subito una ulteriore battuta di arresto.

Il dialogo con la Cina ha avuto alti e bassi. Dal 2003 al 2007 l'accordo stipulato vedeva una cooperazione stretta con la Cina (era il periodo in cui si pensava di realizzare il sistema Galileo con una concessione Pubblico Privata). Quando nel 2007 si è deciso di finanziare il sistema Galileo con fondi interamente pubblici, il rapporto con la Cina si è arrestato. È stato ripreso solo recentemente, nel 2010 con il dialogo spaziale tra Europa e Cina. Sono in corso da due anni contatti per cercare di trovare una soluzione al problema di compatibilità tra i segnali Galileo e quelli del sistema cinese COMPASS.

Sono state finalizzate le negoziazioni con la Norvegia e proseguono le negoziazioni con la Svizzera per la collaborazione in tema di GNSS europeo, per includere questi due paesi che, nonostante partecipino attivamente in ambito ESA e contribuiscano finanziariamente anche in ambi-

RISOLUZIONE DEL CONSIGLIO
del 19 dicembre 1994
relativa al contributo europeo per lo sviluppo di un sistema globale di navigazione via satellite (GNSS)
(94/C 379/02)

IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

considerando che l'introduzione di un sistema globale di navigazione via satellite per uso civile contribuisce al conseguimento di importanti obiettivi comunitari, quali la realizzazione del mercato interno e il rafforzamento della coesione economica e sociale,

considerando che l'introduzione e lo sviluppo di un sistema di navigazione via satellite hanno inoltre l'obiettivo di migliorare la mobilità durevole e sostenibile delle persone e delle merci nell'insieme del territorio europeo, nonché la sicurezza dei trasporti,

considerando che il Libro bianco sulla crescita, la competitività e l'occupazione prevede la necessità di un'azione europea nel settore del posizionamento e della navigazione via satellite,

considerando che l'articolo 129 B del trattato che istituisce la Comunità europea prevede che la Comunità europea concorra alla costituzione e allo sviluppo di reti trans-europee nei settori dell'infrastruttura dei trasporti, delle telecomunicazioni e dell'energia,

considerando che il Consiglio europeo, nella sua riunione di Corfù, ha espresso l'opinione che spetti in primo luogo al settore privato raccogliere la sfida nel campo della tecnologia dell'informazione adottando le iniziative necessarie, segnatamente riguardo al finanziamento; che l'Unione europea e gli Stati membri sono invitati ad im-

La prima risoluzione del Consiglio Europeo che nel 1994 avvio la realizzazione del sistema Galileo.

to comunitario, sono paesi non appartenenti all'Unione Europea. Inoltre sono stati avviati dialoghi di cooperazione con l'Ucraina, Israele, l'America Latina e l'Africa.

Le Lezioni apprese

Sebbene il programma Galileo rappresenti una esperienza unica in Europa, lezioni importanti si possono derivare dalle esperienze positive e negative. L'analisi critica della gestione e del finanziamento del programma mostra come alla base dei crescenti costi e ritardi del programma ci sono stati motivi politici, industriali / tecnologici ed economici. In primo luogo, le questioni politiche, come le diverse percezioni tra gli Stati membri sulla logica del programma - la redditività a fronte della indipendenza - hanno giocato contro l'interesse comune di un avvio tempestivo del progetto e di una fornitura del sistema nei tempi debiti. Il modello di finanziamento è stato anche un motivo di disaccordo tra gli Stati membri e ha fluttuato da un primo approccio di partenariato pubblico-privato ad un finale e completo finanziamento pubblico più adatto ad un progetto di interesse comune, caratterizzato da alto livello tecnico, da alte responsabilità e rischi di mercato. Infatti, gli investimenti previsti dal settore privato erano basati su previsioni di alti ritorni finanziari che alla fine si sono mostrati irrealistici e hanno condotto al re-profiling del programma. Il fallimento del modello PPP Galileo ha confermato che se non ci sono margini di profitabilità (quando sono presenti alti rischi tecnici) non ci si può aspettare investimenti dal settore privato. Un modello PPP di successo richiede chiari piani di business. Inoltre, la struttura di governance iniziale stabilita per il pro-

gramma Galileo non era molto adatta, caratterizzata da linee di responsabilità deboli, e dai ruoli concomitanti e contrastanti di singoli attori. La riorganizzazione della governance pubblica fatta nel 2007 ha delineato meglio le responsabilità e compiti dei vari attori. Tale governance è stata ulteriormente rivista nel 2013, delineando così una nuova struttura più adatta allo sviluppo di un programma complesso quale il sistema Galileo. Infine, le implicazioni di sicurezza e di difesa del programma Galileo, discusse all'interno dell'UE e sulla scena internazionale, sono state ulteriormente causa di ritardi del programma stesso [ECA-2009].

In secondo luogo, l'organizzazione industriale, la sua leadership e la quota di lavoro per sviluppare le tecnologie innovative, è diventata una questione di divisione non solo tra le imprese stesse, ma anche tra gli Stati membri che si sono schierati con le loro imprese nazionali. Questo è anche dovuto alla limitata competitività del settore aerospaziale europeo, dove si concentrano grandi industrie in un piccolo numero di Stati membri, industrie che tra l'altro sono sovvenzionate e in parte controllate dagli stessi governi.

In terzo luogo, i ritorni economici di Galileo sono stati successivamente stimati ad un valore molto più limitato, spostando così l'attenzione dalla redditività del programma alla sua utilità pubblica, e quindi ai benefici economici e sociali che il sistema fornirà a lungo termine per i cittadini europei.

Solo recentemente è stato accettato dagli Stati Membri europei l'uso militare del servizio PRS del sistema Galileo. Sebbene Galileo sia un sistema civile sotto il controllo civile, il principio di uso duale va nella direzione di aumentare la sinergia civile-militare

nell'uso dei sistemi spaziali. Non perché bisogna trovare un uso militare dei sistemi spaziali ma piuttosto perché è utile comprendere come questi possano essere vantaggiosi in termini di razionalizzazione delle risorse [EP-2011].

Le lezioni apprese dalle varie traversie del Programma Galileo dovrebbero essere di monito per i futuri Programmi spaziali a carico del bilancio dell'Unione europea. Questi dovranno essere basati su logiche di responsabilità chiare e condivise, e fondati sul comune interesse europeo piuttosto che sui particolari interessi nazionali.

BIBLIOGRAFIA

- [EU-1994] Resolution of the Council of the EU on the European contribution to the development of a Global Navigation Satellite System (GNSS) 19 December 1994
 [EU-2008] Regulation (EC) No 683/2008 of the European Parliament and of the Council on the further implementation of the European satellite navigation programmes (EGNOS and Galileo), 9 July 2008
 [GSA-2013] Regulation (EU) No 912/2010 of the European Parliament and of the Council setting up the European GNSS Agency, repealing Council Regulation (EC) No 1321/2004 on the establishment of structures for the management of the European satellite radio navigation programmes and amending Regulation (EC) No 683/2008 of the European Parliament and of the Council, 22 September 2010
 [EU-2013] REGULATION (EU) No 1285/2013 of The European Parliament and of The Council of 11 December 2013 on the implementation and exploitation of European satellite navigation systems repealing Council Regulation (EC) No 876/2002 and Regulation (EC) No 683/2008
 [LEWIS-2004] James A. Lewis, Galileo and GPS: from competition to cooperation, Centre for Strategic and International Studies (CSIS), Washington DC. June 2004
 [ECA-2009] European Court of Auditors, The management of the Galileo programme's development and validation phase, Special Report No. 7, 2009
 [EP-2011] The Galileo Programme: Management And Financial Lessons Learned For Future Space Systems Paid out of The EU Budget, Directorate-General For External Policies Of The Union, European Parliament, PE 433.833, September 2011
 [GPSWORLD-2012] Da Capo: Pardon Me, Boy, Is That the Galileo Choo Choo? February 1, 2012 - By Alan Cameron, GPS WORLD
 [SPACENEWS-2017] Rash of Galileo clock failures cast doubt on timing of upcoming launches by Rob Coppinger - January 19, 2017 - Space News
 [GUTIERREZ-2017] ESA Puts Brave Face on Galileo Clock Failures, Peter Gutierrez, 19/01/2017, Inside GNSS.

ABSTRACT

This article sketches the European trail from conception to development of the Galileo system, highlighting the major steps, and trying to derive the lesson learned from the various experiences. The Galileo system represents the really first European programme, involving political, strategic, operational, industrial and technological aspects which challenge the European institution. The Galileo system permeates the European activities, challenges the international relations policy, constitutes a powerful instrument to verify and consolidate the European Union.

PAROLE CHIAVE

GALILEO; GNSS; INITIAL SERVICES; eCALL;

AUTORE

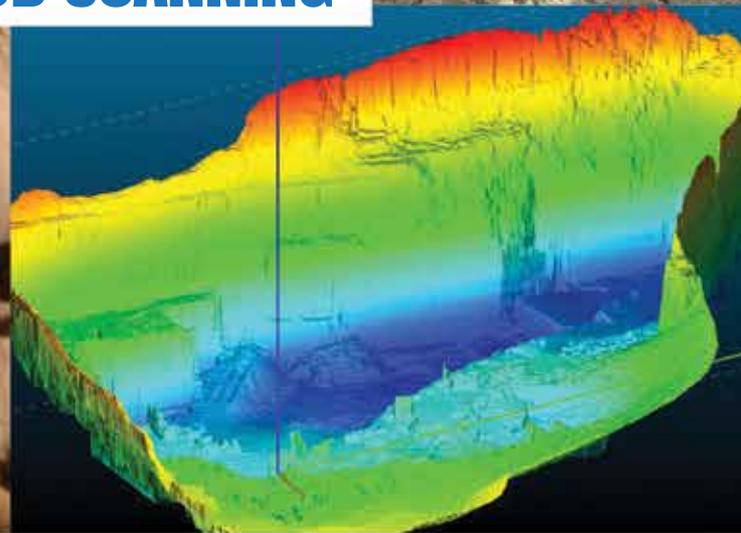
MARIO CAPORALE
 MARIO.CAPORALE@ASI.IT
 AGENZIA SPAZIALE ITALIANA



STONEX



3D SCANNING



STONEX® è una società multinazionale con sede in Italia leader nel settore della progettazione e produzione di strumenti topografici di alta precisione per diverse applicazioni che vanno dall'ingegneria civile alla topografia, geologia e geotecnica, GIS & mapping di precisione, 3D imaging, sicurezza, trasporti, settore minerario e molto altro.

L'azienda opera in tutto il mondo ed è presente con la sua gamma di prodotti in più di 80 paesi attraverso una rete altamente qualificata di distributori e rivenditori specializzati.

Stazioni totali, ricevitori topografici GNSS, palmari per GIS & Mapping, sistemi GPS/GNSS per realizzazioni reti CORS, strumenti per il settore delle costruzioni, Laser Scanner 3D, misuratori laser, software per il GIS, la topografia e il 3D scanning etc., sono solo parte della vasta gamma di prodotti e servizi che Stonex offre per i diversi ambiti ed applicazioni. Particolare importanza nell'ambito della geologia e del monitoraggio strutturale ha l'utilizzo del Laser Scanner Stonex X300. Leggero e dalle dimensioni compatte, quindi facile da trasportare in qualsiasi ambiente ed ideale per applicazioni esterne a medio/lungo raggio, il laser scanner X300, progettato e realizzato in Italia da Stonex, permette, anche grazie all'integrazione con GPS e fotocamere, la creazione rapida di DEM (*Digital Elevation Models*), con elevato grado di dettaglio, per la verifica della stabilità dei versanti o calcolo caduta massi in condizioni di emergenza. Per rendere più efficace l'uso dell'X300, Stonex ha inoltre sviluppato un software potente e flessibile chiamato Stonex Reconstructor, che, oltre ai moduli Survey e Construction, comprende il modulo Mining, specificamente progettato per chi lavora in miniere a cielo aperto, discariche e in applicazioni di tipo geologico e paesaggistico.

Il pacchetto Mining offre una soluzione software facile da usare per le infrastrutture e le indagini dei terreni, miniere,

discariche, scavi e supporto per l'analisi e monitoraggio geologico. In particolare la **connettività Ethernet e WiFi** presente sull' X300 ne consente l'uso per monitoraggi continuativi gestiti remotamente, e la **protezione da polvere e umidità IP65** permettono di operare in ambienti proibitivi per altri strumenti quali ad esempio gli ambienti ipogei.

Interessante per ottimizzazione di tempi e costi, l'utilizzo del Laser Scanner X300 per lo studio della **stabilità dei versanti** ed il conseguente calcolo dei volumi ed aree della superficie totale degli ammassi rocciosi, è finalizzato alla realizzazione di **opere passive di contenimento** necessarie alla protezione contro la caduta di massi (barriere paramassi), valanghe, colate detritiche, miniere a cielo aperto; sistemi di consolidamento di versanti (rivestimento versanti); consolidamento argini dei fiumi e opere di consolidamento terreni e frane.

Stonex X300, adatto a qualsiasi tipo di lavoro, è il miglior strumento che garantisce il giusto compromesso tra semplicità di utilizzo, risultati accurati, efficienza ed economicità.



STONEX® Srl
Part of UniStrong

Via Cimabue 39 - 20851 Lissone (MB) Italy
Phone +39 039 2783008 Fax +39 039 2789576

www.stonexpositioning.com | info@stonexpositioning.com