Utilizzo della tecnologia LIDAR per l'analisi del rischio idrogeologico

Massimo MASO(*)

(*) Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione Dorsoduro 3593 - 30123 VENEZIA - tel. 041.714444 remote.sensing@adbve.it

Riassunto

La tecnologia laserscanner aerotrasportata è oramai ampiamente adottata nell'ambito degli studi realizzati per la determinazione dei parametri di pericolosità idrogeologica nei bacini idrografici dei fiumi dell'Alto Adriatico. Un modello tridimensionale (derivato da scansioni laser) ad elevata risoluzione spaziale viene impiegato come base topografica per i modelli di simulazione idrodinamica.
Si presenta il caso di studio sull'area dell'abitato della città di Pordenone, nel quale si dimostra che DTM ad elevata risoluzione spaziale associati a software di modellistica idraulica rendono possibile la determinazione precisa delle perimetrazioni di isorischio, elementi fondamentali nello sviluppo dei piani di assetto idrogeologico.

Abstract

Nowadays, the laserscanner airborne technology is widely employed in studies carried out to determine the parameters of hydrogeologic risk in the river basins of the Upper Adriatic Sea. A high spatial resolution three-dimensional model derived from laserscanner is employed as the topographic basis for the modelling of hydrodynamic simulations.
Here we introduce the city of Pordenone case study, in which we demonstrate that high spatial resolution DTMs, together with hydraulic modelling software make the precise determination of risk areas possible. All this is fundamental in the development of hydrogeologic risk plans.

Introduzione - Il rischio idrogeologico

L'individuazione delle aree soggette a rischio idrogeologico è delegata a soggetti istituzionali. In Italia, tra gli organi preposti all'amministrazione civile dei suoli, l'Autorità di Bacino ha compiti essenzialmente riconducibili alle attività di pianificazione e di programmazione nell'intero bacino idrografico di competenza.

Tali attività vengono attuate principalmente mediante il Piano di Bacino Idrografico, ove sono "pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato".

L'Autorità di Bacino, attraverso lo strumento del Piano, ha quindi il compito di definire i limiti delle utilizzazioni compatibili con le finalità di tutela degli elementi fisici e con lo sviluppo sostenibile delle attività che in esso si svolgono, trattando unitariamente e in modo integrato tutti gli aspetti dell'ambiente fisico del bacino.
L'art. 1, comma 1, della legge 3 agosto 1998, n. 267 e successive modifiche, prevede che le Autorità di bacino di rilievo nazionale e interregionale e le regioni per i restanti bacini adottino, dove non si sia già provveduto, Piani stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico, i quali contengano in particolare l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia, nonché le misure medesime.

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) si configura come uno strumento che attraverso criteri, indirizzi e norme consenta una riduzione del dissesto idrogeologico e del rischio connesso che, proprio in quanto "piano stralcio", si inserisca in maniera organica e funzionale nel processo di formazione del Piano di Bacino previsto dalla legge 183/89.
Uno degli obiettivi principali che si prefigge il Piano è la perimetrazione delle aree interessate da rischio idrogeologico. L'individuazione delle possibili situazioni di pericolosità , che derivano dalle condizioni idrogeologiche del territorio può essere realizzata attraverso metodologie complesse, in grado di calcolare la probabilità di accadimento in aree mai interessate precedentemente da eventi calamitosi.
Tuttavia, in generale, si assume come elemento essenziale per l'individuazione del livello di pericolosità la localizzazione e la caratterizzazione di fenomeni noti, avvenuti nel passato. L'analisi considera il prodotto di tre fattori: pericolosità, intesa come la probabilità di accadimento dell'evento calamitoso; valore degli elementi a rischio, come persone, beni localizzati e patrimonio ambientale; infine, la vulnerabilità degli elementi a rischio, che dipende dalla loro capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento.
sostanzialmente Le attività per l'elaborazione del Piano sono articolate in tre fasi, corrispondenti a differenti livelli di approfondimento:

- Fase 1: individuazione delle aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso l'acquisizione delle informazioni sullo stato di dissesto;
- Fase 2: perimetrazione, valutazione dei livelli di rischio e definizione delle conseguenti misure di salvaguardia;
- Fase 3: programmazione della mitigazione del rischio.

Per un corretto sviluppo e una consapevole progetto di questi strumenti di pianificazione, risulta indispensabile disporre di modelli territoriali che descrivano con elevata accuratezza la geometria e la morfologia degli ambiti che costituiscono i bacini idrografici ed in particolare le aste fluviali.

Modelli di simulazione idraulica.

Nel caso di studio oggetto di questo contributo è stato possibile impiegare due tipi di modelli di simulazione idraulica , uno a scala di bacino, basato sullo Studio idraulico del Medio Corso del Fiume Meduna, effettuato mediante l'impiego di un modello matematico bidimensionale ad elementi finiti fig 1,4 , ed un altro, di tipo statico fig. 2 , molto meno complesso applicato solo nell' area di studio dell' abitato di Pordenone. Con entrambi è stato possibile ricostruire virtualmente fenomeni di esondazione realmente accaduti e quindi , dopo una precisa perimetrazione e valutazione dei livelli di rischio, dare un fondamentale supporto all'analisi degli effetti conseguenti e ai possibili interventi ingegneristici finalizzati al controllo del regime idrodinamico dei corsi d'acqua.
Il modello bidimensionale utilizzato è basato su di uno schema numerico ad elementi finiti che risolve, in un dominio bidimensionale, le equazioni differenziali del moto di una corrente a superficie libera su bassi fondali, formulate in modo da poter essere applicate anche ad aree parzialmente asciutte o che possono essere allagate o prosciugate durante l'evoluzione del fenomeno indagato. Esso consente l'eventuale accoppiamento di elementi bidimensionali e unidimensionali (schema 2D-1D), utilizzando gli uni nelle zone in cui la direzione della velocità nel piano orizzontale non è a priori individuabile, gli altri per descrivere il funzionamento dei canali e dei corsi d'acqua minori presenti nel dominio di calcolo, che possono assumere un ruolo rilevante nella propagazione della corrente.

Tale modello descrive il corso del Meduna, a partire dalla sezione di chiusura del bacino montano, e fino a valle della confluenza con il Fiume Noncello, in prossimità dell'abitato di Prata di Pordenone.
Il dominio di calcolo si estende anche al territorio esterno ai suddetti corsi d'acqua, al fine di simulare i fenomeni di esondazione e la propagazione delle onde di sommersione in caso di eventi di eccezionale gravità. La delimitazione del dominio di calcolo è stata effettuata sulla base delle zone che, secondo la cartografia storica, furono allagate durante la piena del novembre 1966.
Il modello è stato applicato per simulare una serie di eventi critici del passato, per i quali sono risultati disponibili sia le portate in uscita dai bacini montani, sia riscontri significativi sulle massime quote idrometriche raggiunte e sull'estensione delle aree allagate
La schematizzazione della morfologia del dominio di calcolo è stata basata principalmente recente altimetrico effettuato a cura dell'Autorità di Bacino mediante laser scanner aerotrasportato (LIDAR).
I risultati dei calcoli hanno consentito, in primo luogo, di valutare le modalità di propagazione delle onde di piena considerate nei corsi d'acqua, individuando le aree fluviali e le fasce golenali interessate dagli allagamenti e le relative altezze della lama d'acqua. In secondo luogo, essi hanno consentito di stimare la diffusione delle esondazioni sul territorio esterno ai corsi d'acqua, per gli eventi che si sono dimostrati superiori alla capacità di portata degli alvei. In particolare il modello ha evidenziato tali effetti sul territorio del Comune di Pordenone, soggetto alle esondazioni sia del Meduna che del Noncello.
La disponibilità di una base dati particolarmente dettagliata come quello fornita dal rilievo LIDAR ha consentito, inoltre, di analizzare accuratamente il campo di moto e di mettere in evidenza le condizioni di criticità idraulica in corrispondenza di alcune infrastrutture di rilevante importanza, quali ad esempio i ponti ferroviario e stradale che intersecano il corso del Meduna a ridosso dell'abitato di Pordenone, la discarica comunale e il depuratore industriale.

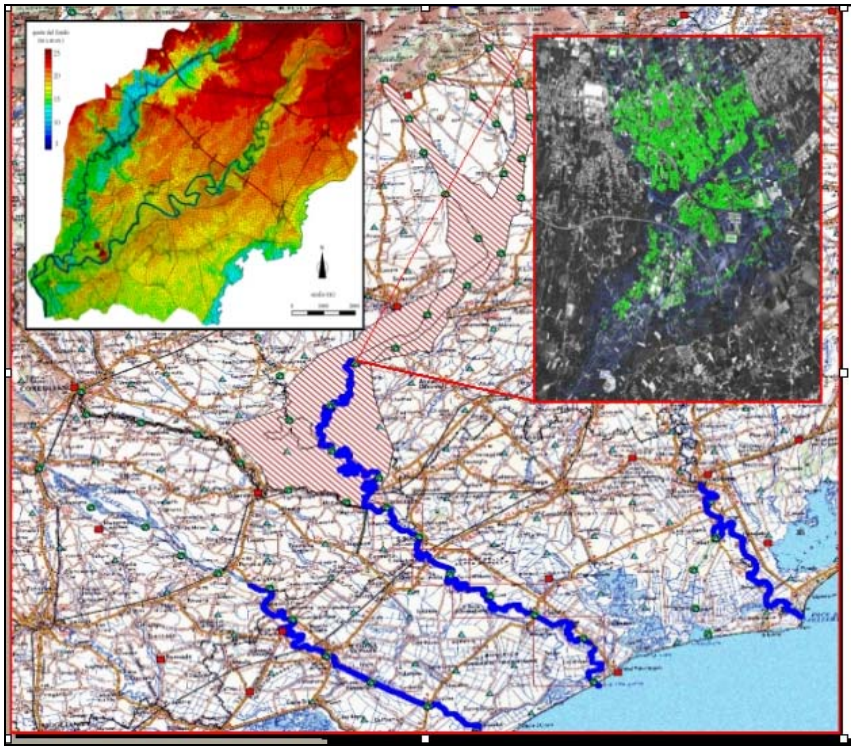


Fig 1: area oggetto dello studio /modello bidimensionale

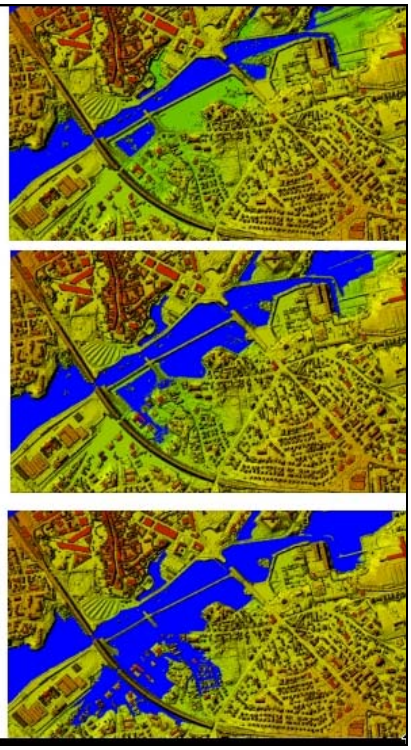
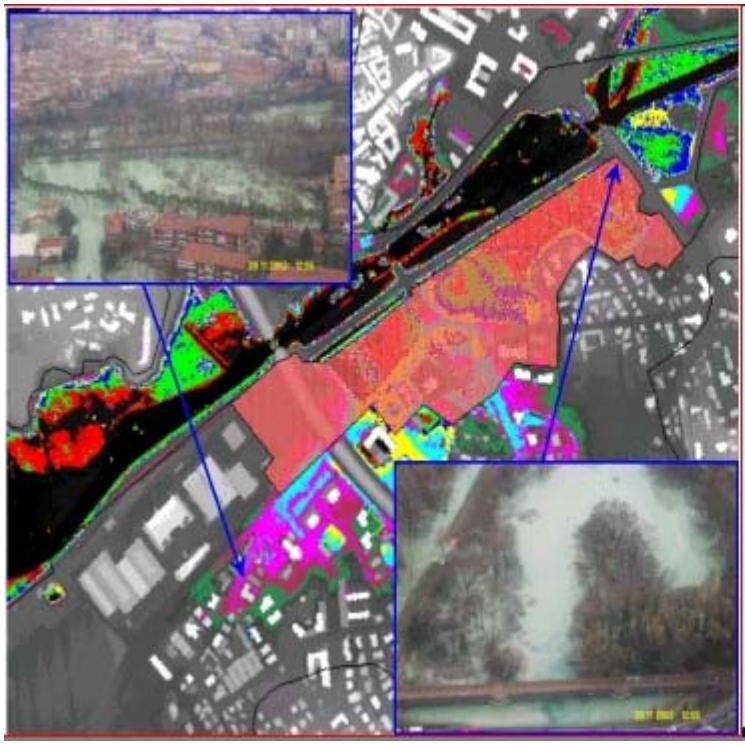


Fig2: simulazione modello statico

Per simulare la propagazione delle onde di piena nel medio corso del Fiume. Meduna, è stato utilizzato un medesimo modello matematico bidimensionale, a mezzo del quale è possibile descrivere l'evoluzione dello stato idrometrico e del campo di moto sia nell'alveo attivo del fiume, sia nelle zone di golena, sia nelle aree esterne potenzialmente allagabili in occasione degli eventi di piena più gravosi.
Delimitatamene alla zona centrale del centro abitato della città di Pordenone è stato sperimentato un semplice modello di simulazione statica dell'innalzamento dei livelli idrometrici. Questo semplice ma robusto, strumento ha permesso di identificare localmente , in maniera molto accurata, gli ipotetici livelli raggiunti da dalla lama d'acqua in corrispondenza di un determinato livello altimetrico di input.



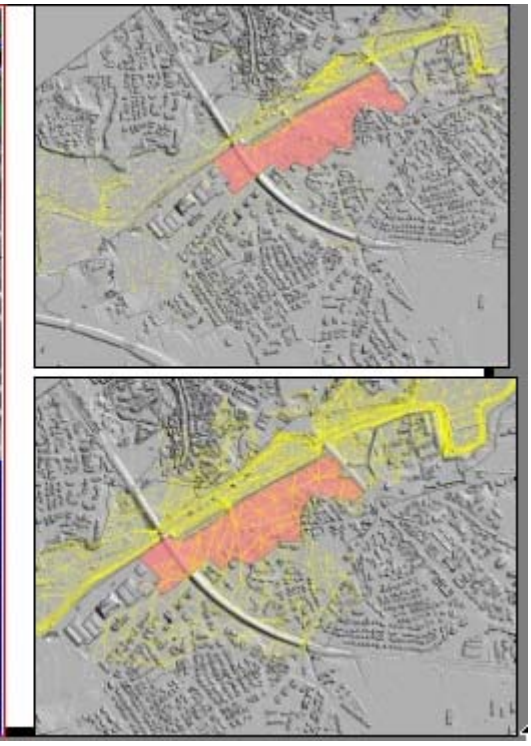


Fig 3: Range di elevazione della simulazione statica Fig4: Particolare del modello bidimensionale

Nella fase di valutazione delle aree inondabili è stato utilizzato il DSM, in quanto la tipologia delle informazioni in esso contenute permette di esaminare le interazioni tra diverse arre inondabili e gli oggetti presenti.
Nella sperimentazione condotta sono state simulatele condizioni statiche di un improvviso sbarramento lungo l'alveo, gli effetti di tale impedimento al deflusso delle acque provocano una inondazione delle aree adiacenti all'alveo che vengono progressivamente allagate, impostando i tempi di accumulo e gli incrementi dei livelli idrometrici è possibile visualizzare dinamicamente fenomeni realmente accaduti (fig.2, 3)
Sostanzialmente, con l'utilizzo di tale strumento, si riconfermano i fenomeni dettagliatamente quantificati dal ben più preciso modello bidimensionale, ma di fatto è reso possibile un esame con dettaglio superire (1/m2) proprio della risoluzione del DSM (fig. 5), del volume dell' acqua interessato nel fenomeno di allagamento e la precisa determinazione della forma del solido che racchiude tale volume.

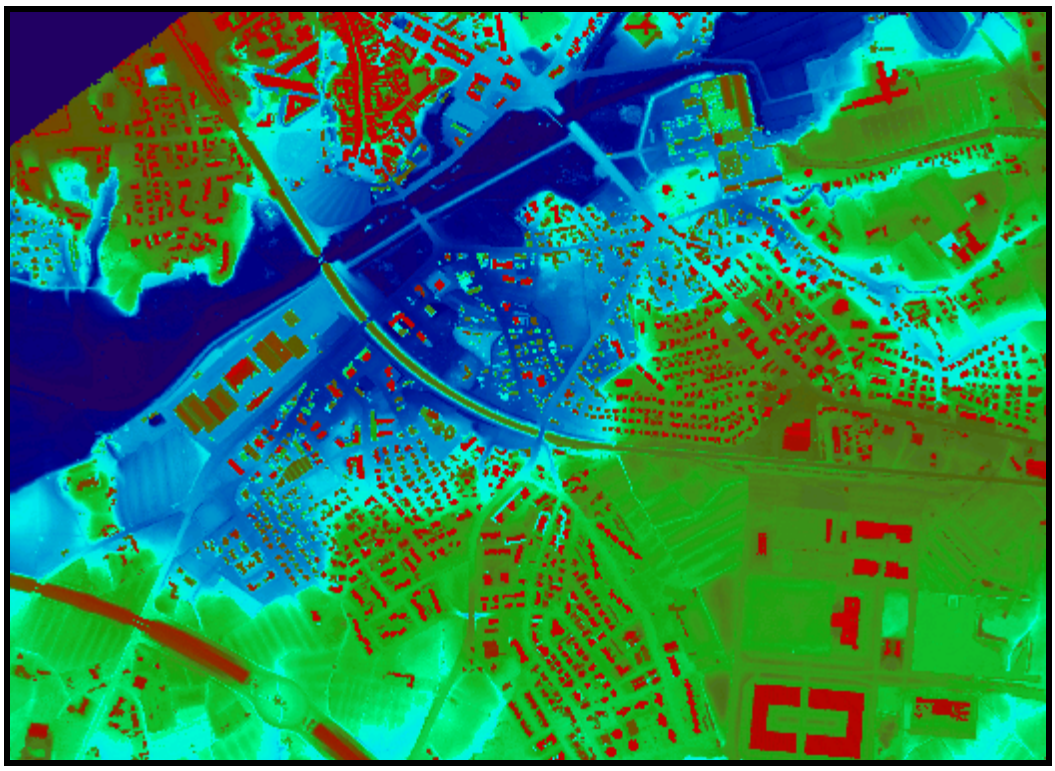


Fig.5 Dettaglio del DSM della zona di studio.

Conclusioni

Viene riconfermato il fatto che l'utilizzo di scansioni LIDAR ha enormi potenzialità di utilizzo e nell'ambito della gestione del rischio, risulta particolarmente efficace nell'analisi degli aspetti morfologici e nella modellazione tridimensionale della zona considerata.
In modo relativamente rapido, vengono generati modelli digitali del terreno ad alta risoluzione, impiegati per la mappatura delle inondazioni essi semplificano notevolmente l'esame delle dinamiche dell'alveo (riferite alle analisi erosioni-scavi), consentendo un preciso calcolo di volumi utilizzati come base per modelli idraulici e permettono di aggiornare la cartografia esistente .
È in particolare nell' ambito del riadeguamento e riammodernamento delle perimetrazioni delle zone di rischio, costituite precedentemente alle acquisizioni, che viene dimostrata la validità di questa tecnologia.
L'utilizzo consapevole della tecnologia LIDAR, aumenta sensibilmente il grado di conoscenza del territorio e si riconferma un importante strumento conoscitivo e di indagine per il supporto alle decisioni in fase di programmazione e pianificazione degli strumenti urbanistici.

Bibliografia

AA.VV. (1999),"Laser Altimetry and Flood Risk Assessment" . GIM vol 13 pp. 6-9
A. BEHAN 2000, "*Quality Improvement of Scanning Laser Altimeter Data*". Delft University
AA.VV. 1999, "*Airborne Laser Scanning*", ISPRS Jrnl of Photogrammetry & Remote Sensing 54
AA.VV. 1999,"*Laser Altimetry and Flood Risk Assessment*" . GIM vol 13 pp. 6-9
ACKERMANN F 1999, "*Airborne laser scanning for elevation models*". GIM Vol . 10 pp. 24-25
Atti della 7ª conferenza ASITA Verona ottobre 2003
AXELSON P . 200 : "*Dem generation from laser scanner using adaptive TIN models*". IASPRS
BRIVIO P.A. , LECHI G., ZILIOLI E., 1990, "*Il telerilevamento da aereo e da satellite",* C.

BRIVIO P.A. , LECHI G., ZILIOLI E., 1990, *Il telerilevamento da aereo e da satellite*, C. Delfino
CASELLA V., 1999 "*La precisione laserscanning: analisi teorica e proposta di un metodo per la verifica sperimentale "*Atti della conferenza III asita
CASELLA V., 2000 "*studio sperimentale della precisione planoaltimetrica del laser scanning*" Atti della conferenza IV asita
CASELLA V.,GALETTO R. 1998 "T*ecniche innovative per il rilevamento terrestre, aereo e da satellite"*atti della conferenza II asita
CASELLA V.,GALETTO R. BIANCHINI FERRETTI 1998 "*Riprese aeree con scansione laser:una sperimentazione in ambito italiano*" Atti della conferenza II asita
FORLANI G.PINTO L.1994 "*aerotiangolazione con dati GPS*. Boll. SIFET n.4/1994
in *Atti del workshop on Airborne Remote Sensing for Geophisical and Environmental Application* Roma Aprile 14-16 2003
LECHI G.,2001, *"Dispense del corso di telerilevamento*" DIIAR Politecnico Milano
MASO M , COREN F..,2003 *"Laserscanner and multibeam data integration to high resolution terrain mapping the Brenta river case history*"
MASO M .,2001 "*Note sulle metodologie operative per rilievi laserscanning e la generazione di DTM di alta qualità - Campagna di misura 2001 - Fiume Tagliamento*" in *Rivista quadrimestrale dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo Tagliamento Livenza Piave Brenta-Bacchiglione* anno I n° 1 2002, Gangemi editore.
MASO M .,2002 "*Misure laserscanning e batimetria multibeam sull'asta principale del fiume Brenta, tecniche integrate per la generazione di DTM di alta qualità*" *Atti della 6ª Conferenza ASITA*, Perugia, novembre 2002 5-8 novembre 2002, vol II p 1515
MASO M .,2003 "*Tecniche integrate per la generazione di DTM di alta qualità,campagna 2003 per le misure laserscanning,batimetria multibeam e calcolo del geoide locale nelle tratte delle aste fluviali di competenza dell'Autorità di bacino per i fiumi dell'alto adriatico*."
MASO M .,2003 *Integrazione di dati laser scan e multibeam per la generazione di DTM ad alta risoluzione: studio del fiume Brenta*" in *Rivista quadrimestrale dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo Tagliamento Livenza Piave Brenta-Bacchiglione* anno I n° 2, Gangemi editore.
MASO M. 2001 "*Generazione di DTM di alta qualità attraverso il laserscanning per lo sviluppo e la pianificazione dei piani di bacini territoriali* "Vol II atti 5 conferenza asita
MASO M., 2003 "*Impiego dei dati laser-altimetrici nei modelli bidimensionali per la simulazione della propagazione delle piene e dei fenomeni di esondazione*"
*MASO M.,2004 "L'utilizzo di tecnologie laser scanner e multibeam per la valutazione e mitigazione del rischio idrogeologico"Il territorio nella società dell'informazione dalla cartografia ai sistemi digitali,*Venezia museo Correr 1 maggio – 11luglio 2004
MASO M.,2005 "SIT per la valutazione e mitigazione del rischio idrogeologico: tecniche geomatiche e strategie applicative sui bacini fluviali dell'Alto Adriatico" 9ª asita 2005
RINAUDO F. 2004, "*dispense del corso di fondamenti di fotogrammetria*"DIGET Politecnico
ZILIOLI E. 2000, "*Appunti e spinti di telerilevamento,Telea* CNR ,Milano
Technology http://www.geo.tudelft.nl
http://www.terrasolid.fi
http://www.optech.o